



МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
«Прикладная механика» факультет № 9

В. С. Левицкий

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

УЧЕБНИК ДЛЯ БАКАЛАВРОВ

9-е издание, исправленное и дополненное

*Рекомендовано Министерством образования и науки
Российской Федерации в качестве учебника
для студентов высших технических учебных заведений*

Москва • Юрайт • 2013

УДК 744
ББК 30.11я73
Л37

Автор:

Левицкий Владимир Сергеевич — доктор технических наук, профессор, возглавлял кафедру «Инженерная графика» в Московском авиационном институте. Профессор Левицкий был в СССР одним из ведущих специалистов в области стандартизации; входил в состав представителей СССР в Международной организации по стандартизации (ISO) и многие отраслевые комиссии по стандартизации.

Автор одного из самых известных учебников по машиностроительному черчению, который впервые вышел в 1950 г. и выдержал 10 изданий. Этот учебник переведен на китайский язык и дважды издавался в Пекинском авиационном институте.

Рецензент:

Якунин В. И. — заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, профессор, председатель Научно-методического совета Российской Федерации по начертательной геометрии и инженерной графике.

Левицкий, В. С.

Л37 Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей : учебник для бакалавров / В. С. Левицкий. — 9-е изд., исправ. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2013. — 435 с. — Серия : Бакалавр. Базовый курс.

ISBN 978-5-9916-2150-2

Учебник соответствует программе курса «Инженерная графика» и современной тенденции глобальной компьютеризации учебного процесса. Особенность книги заключается в том, что все основные разделы курса машиностроительного черчения поддерживаются прикладными программами ЭВМ. В соответствующих главах учебника даны исходные графические модели алгоритмов этих программ, а сами программы и методики их применения в «Лабораторном практикуме к машиностроительной графике», являющимся приложением к данному изданию.

Соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования третьего поколения.

Для студентов высших технических учебных заведений.

УДК 744
ББК 30.11я73

ISBN 978-5-9916-2150-2

© Наследники, 2011
© Наследники, 2012, с изменениями
© ООО «Издательство Юрайт», 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

авторов, подготовивших седьмое издание учебника В. С. Левицкого

Седьмое издание учебника В. С. Левицкого выходит после опубликования первого издания учебного пособия «Лабораторный практикум по машинной графике» («ЛПМГ»), являющегося приложением к 6-му и всем последующим изданиям учебника, и после выхода второго издания «ЛПМГ», в котором подробно изложены вопросы ручного и машинного (программного) выполнения чертежей болтового соединения — болтового комплекса (см. 5.1.1, 5.2.1) и электрических схем шифра ЭЗ (глава 10 «ЛПМГ»).

Поэтому эти темы, являющиеся расширением и дополнением глав 7 и 8 учебника В. С. Левицкого, рассмотрены в данном издании очень кратко (см. 7.14, рис. 7.101 и рис. 8.120), так как основным содержанием изменений, исправлений и дополнений в данном издании учебника являлась тема «Шероховатости поверхности деталей».

В связи с предполагаемым вступлением нашей страны во Всемирную Торговую Организацию ГОСТ 2.309. «Обозначение шероховатости» поверхностей в редакции 1973 г. в части изображения знака шероховатости и расположения параметров шероховатости R_a , R_z и их значений относительно знака изменяется на редакцию этого ГОСТа (изменения и дополнения) 2003 г. Эта редакция полностью соответствует международным стандартам (ISO), ее внедряют в КБ промышленности и учебный процесс ВТУЗов.

Так как этих изменений очень много (более 300 в учебнике) и они громоздки и трудоемки, возможны ошибки и пропуски исправлений и авторов, и редакторов, и художников издательства! Поэтому ниже приведена специально разработанная авторами таблица соответствия обозначения шероховатости поверхностей деталей на учебных чертежах по ГОСТ 2.309 в редакции 1973 и 2003 гг. Это позволит всем, использующим этот ГОСТ, самостоятельно исправлять ошибки и использовать таблицу в своей практической деятельности.

После изучения данного курса студенты будут обладать следующими компетенциями.

Знать:

- основные правила выполнения и оформления чертежей (форматы, масштабы, шрифты, нанесение размеров) по ЕСКД;
- свойства кривых линий и их использование в различных механизмах и конструкциях;
- виды разрезов, сечений, деталей и их представление на чертежах;
- правила нанесения на чертежах надписей и технических требований;
- виды соединений составных частей изделий (резьбовые, винтовые, шлицевые, гайки, шайбы) и их представление на чертежах;
- изображение соединений, получаемых сшиванием, методом деформации;
- обозначение передач и их составных частей (ременных, зубчатых, цепных и т.д.);
- последовательность операций при выполнении эскизов;
- последовательность выполнения и оформления сборочного чертежа;
- детализирование чертежей.

Уметь:

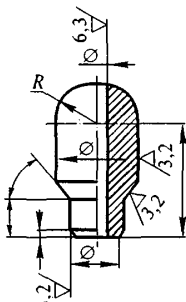
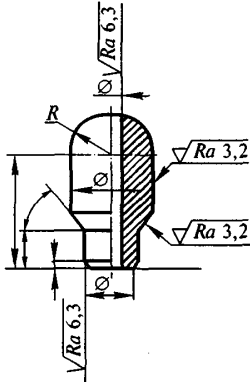
- выполнять технические рисунки деталей машин, механизмов, сооружений;
- читать и составлять конструкторские документы;
- вычерчивать элементы различных деталей (фаски, галтели, пазы, буртики, центровые отверстия, рифления);
- учитывать при проектировании шероховатость поверхности элемента детали;
- находить рациональное решение чертежа.

Владеть:

- техникой построения чертежей от изображения простых элементов деталей до сложных конструкций;
- навыками как ручного, так и программного выполнения чертежей.

*А. Д. Киселевич, В. А. Ермакова,
Л. В. Маркин, Л. А. Сухарева*

Таблица соответствия обозначения шероховатости поверхностей на учебных чертежах в редакции ГОСТ 2.309 1973 и 2003 гг.

Типовое обозначение — знаки, параметры и их значения			
В редакции 1973 г.		В редакции 2003 г.	
$\sqrt{6,3}$ $\sqrt{3,2}$ $\sqrt{12,5}$	$Rz\ 20$ $Rz\ 40$ $Rz\ 160$ $6,3\ \phi$	$\sqrt{Ra\ 6,3}$ $\sqrt{Ra\ 3,2}$ $\sqrt{Ra\ 12,5}$ $\sqrt{Ra\ 6,3}$	$\sqrt{Rz\ 20}$ $\sqrt{Rz\ 40}$ $\sqrt{Rz\ 160}$
$\sqrt{3,2}/(\vee)$	$\phi/(\vee)$	$\sqrt{Ra\ 3,2}(\vee)$	$\phi/(\vee)$
			

Советы студентам

Черчение — трудоемкий предмет. Поэтому надо так организовать свою работу по черчению, чтобы при наименьшей затрате времени выполнять задания строго по учебному графику. Хорошо продуманные подготовительные операции в значительной мере предопределяют успех изучения курса. Одна из важных подготовительных операций — составление черновиков тех фигур, которые предстоит начертить.

При выполнении черновиков продумывают содержание чертежа, выявляют неясные места, по которым следует получить разъяснения у преподавателя или прочитать в учебнике. Вначале такие черновики лучше выполнять с помощью чертежных инструментов на писчей бумаге «в клетку», не очень тщательно, но обязательно в том же масштабе, в котором должны быть построены заданные фигуры. Это позволит правильно расположить соответствующие фигуры на поле чертежа. Позднее, когда появятся соответствующие навыки, можно перейти от масштабных черновиков к немасштабным, полностью выполняемым от руки.

При таком методе работы чертежи получаются более качественными, студенты приобретают навыки правильной организации труда и, главное, развивают навыки эскизного проектирования, которые впоследствии при выполнении курсовых и дипломных проектов, а также при работе на производстве окажутся весьма ценными.

И хотя в курсе черчения нет сложных формул, трудных теорем, научиться чертить нелегко. Предмет требует от изучающего усидчивости, точности, опрятности.

Об этом хорошо сказал трижды Герой Советского Союза И. Н. Кожедуб: «Я увлекся черчением. Оно давалось мне легко. Привык к точному измерению деталей, аккуратности, приобрел навыки, которые потом, когда я стал изучать самолет, мне очень пригодились».

Особой усидчивости, точности и опрятности требует компьютерная графика — работа на ЭВМ. Опрятность нужна при подготовке данных для ввода в ЭВМ, точность при работе с клавиатурой и усидчивость при отладке разрабатываемых программ ЭВМ.

И последнее. Не чертите сами или на ЭВМ то, что вами непонято. Это приводит к непроизводительной трате времени, к некачественной работе и возможной переделке чертежа.

«Инженер, независимо от специальности, должен уметь читать любой технический чертеж так же хорошо, как музыкант ноты».

(Из выступления А. А. Туполева)

Введение

Роль чертежа в современном производстве. Любое строительство, любое производство — от обычной шариковой ручки до современного самолета, когда вес разрабатываемой технической документации почти равен, а то и превосходит вес создаваемого на ее основе изделия, — невозможно без предварительной разработки технической документации.

Все или почти все, что создано человеком и окружает нас, — дома, в которых мы живем, электролампочки, освещающие наши комнаты, одежда, которую мы носим, и даже ложки, которыми мы пользуемся, — создавалось по заранее разработанным чертежам. Сотни тысяч чертежей применяют во всех отраслях народного хозяйства. Их разработкой занято свыше 1,5 млн. проектировщиков, конструкторов, чертежников.

Конструирование — одна из самых творческих сфер умственной деятельности. Велика и ответственность конструкторов, так как качество изделий прежде всего обеспечивается качеством технической документации. Это необходимо помнить при выполнении учебных чертежей по курсу «Машиностроительное черчение».

Производственный чертеж¹, зародившийся в глубокой древности, за многие сотни лет своего существования претерпел и продолжает претерпевать глубокие качественные изменения. От получертежей-полурисунков, передававших геометрические формы изображенных на них объектов лишь весьма приблизительно, люди постепенно перешли к составлению чертежей, передающих форму изображенных на них объектов с большой точностью. Особо большую роль в развитии чертежа сыграло появление масштаба, в частности пропорционального (поперечного) позволившего резко увеличить точность построений.

В России масштабные чертежи начали применяться в XVI в. и утвердились примерно к концу XVII в.² Чертежи стали выполнять с большой точностью, так как они не содержали числовых

¹ Под производственными (техническими) чертежами здесь подразумеваются чертежи, разрабатываемые для создания на их основе тех или иных изделий и возведения различного рода сооружений.

² Первое упоминание о чертежах содержит опись царского архива, составленная в 70-е годы XVI столетия, по которой самый древний чертеж относится к 1517 г.

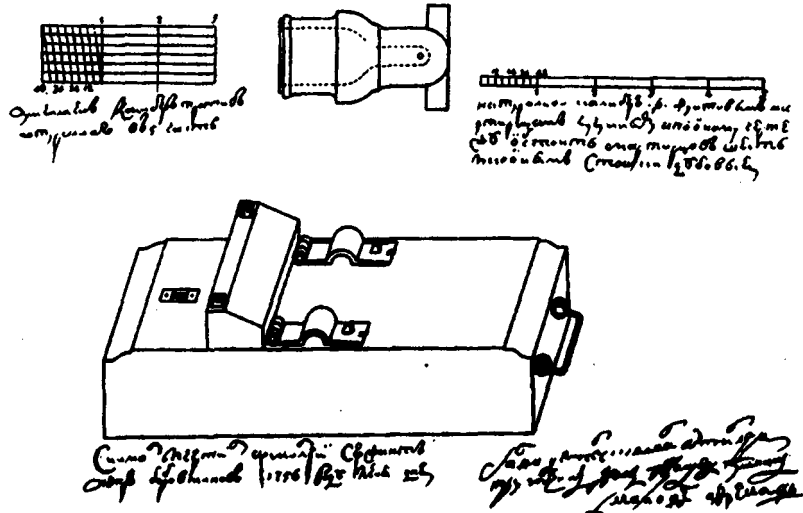


Рис. В.1

размеров и размеры изображенных на них объектов определяли путем обмера чертежа с помощью циркуля-измерителя и помещаемых на чертеже масштабов (рис. В.1).

Особенно тщательно выполнялись чертежи объектов, представляющих особую важность: военных кораблей, крепостных сооружений, предметов вооружения и снаряжения, которые утверждали в высших инстанциях. Такие чертежи часто окаймляли

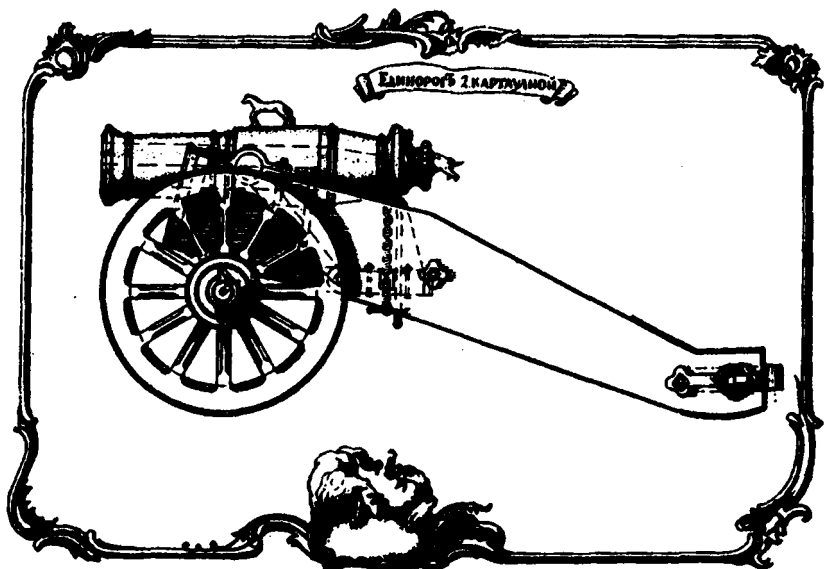


Рис. В.2

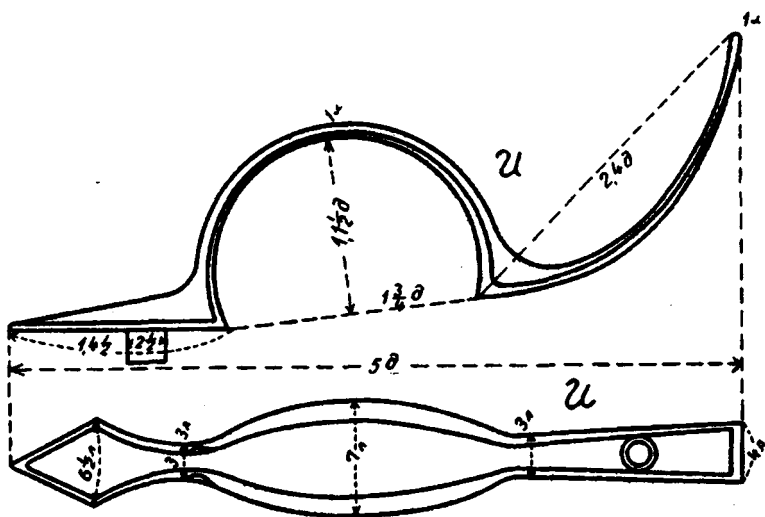
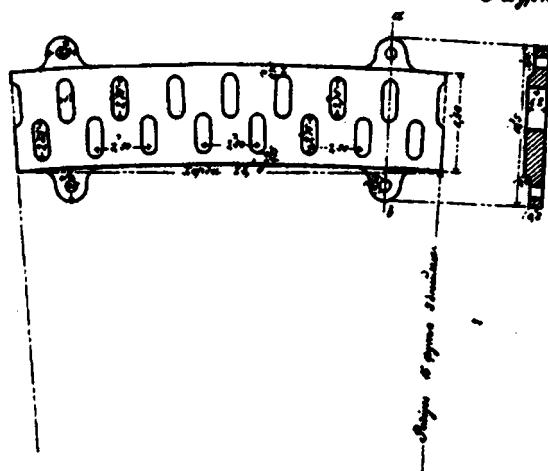


Рис. В.3

Чертеж туловища дирообразной плиты, на задний конец
настильной платформы под бортовой лентой.

Разрешено а



Старший Агитатор

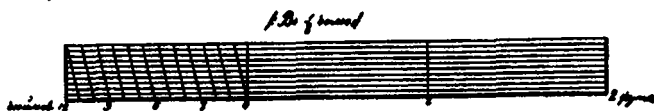


Рис. 8.4

замысловатой рамкой, украшенной всевозможными завитушками и виньетками (рис. В. 2).

Обмер чертежей для определения размеров изображенных на них объектов представлял собой весьма кропотливый и неудобный для производства процесс, который мог удовлетворять только условиям мануфактурного способа производства. С развитием машинного производства, переходом к серийному выпуску изделий возникла необходимость взаимозаменяемости частей изделия. Определение размеров путем обмера чертежа не могло обеспечить выпуск изделий с взаимозаменяемыми частями. Поэтому на чертежах стали указывать размеры — сначала только основные (рис. В. 3), а затем все размеры изображенного объекта. Однако почти до начала XX в. на чертежах помещался линейный или поперечный масштаб (рис. В. 4).

№ 250 БЛОЧЕК ЧУГ. 2 ШТ.

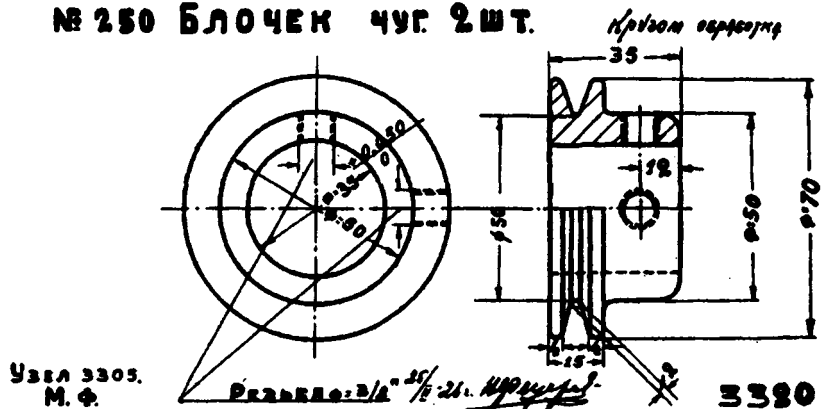


Рис. В. 5

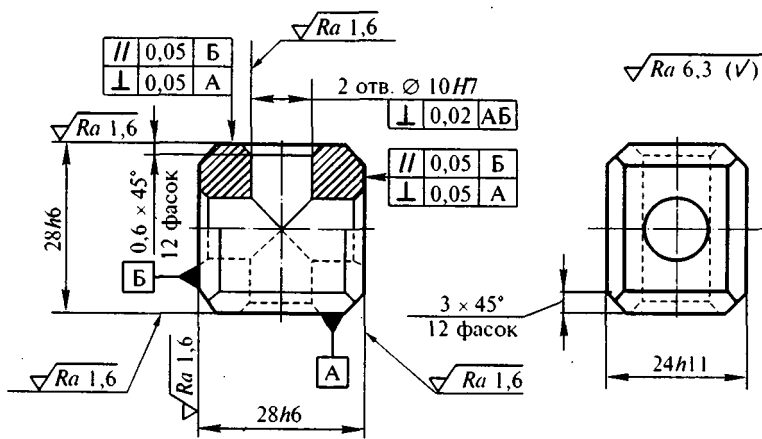


Рис. В. 6

Развитие науки и техники повышает требования к надежности, долговечности, экономичности изделий и возводимых сооружений, что в свою очередь усложняет техническую документацию, насыщая чертежи разными условными знаками и символами.

В чертежи стали включать указания о точности, с какой должны быть выдержаны размеры (появление системы допусков и посадок), требования к качеству поверхностей (переход от примитивных указаний «кругом обработка» (рис. В.5) к указанию научно обоснованных параметров шероховатости поверхности), требования к геометрии изделия (указание допусков форм и расположения поверхностей) и др.

На рис. В.6 приведен пример современного чертежа, содержащего указанные требования к качеству изделия.

Все убыстряющееся развитие Науки и Производства не уменьшило значение Стандартизации, продолжающей играть стабилизирующую роль. Особо значительна роль Стандартизации в защите Потребителя и окружающей нас Природы.

(Из материалов ИСО)

1. ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ. ОБЩИЙ ОБЗОР

1.1. Значение стандартизации. Во всех странах мира огромное внимание уделяют развитию стандартизации. Стандартизация — важное средство ускорения научно-технического прогресса. Она позволяет экономить трудовые и материальные ресурсы, сокращать сроки проектирования и изготовления изделий, повышать качество промышленной и сельскохозяйственной продукции, снижать ее стоимость.

Выпуск стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) направлен на сокращение сроков проектирования изделий, повышения качества и ускорение выпуска рабочей конструкторской документации в том числе средствами машинной графики и ЭВМ.

1.2. Объекты стандартизации. Объекты стандартизации — конкретная продукция, а также нормы, правила, методы, термины, единицы величин и т. п., многократно применяемые в науке, технике, промышленном и сельскохозяйственном производстве, строительстве, транспорте, здравоохранении и других сферах народного хозяйства.

1.3. Обозначение государственных стандартов. Первые государственные стандарты вышли в 1926 г. К аббревиатуре ОСТ (Общесоюзный стандарт) добавлялся порядковый номер стандарта.

С 1938 г. к обозначению стандарта стали добавлять через тире последние две цифры года его регистрации.

С 1940 г. взамен ОСТов стали выпускать ГОСТы (Государственные стандарты). Им стали присваивать порядковые номера, начиная с единицы: ГОСТ 1—40, ГОСТ 2—40 и т. д.

За группой стандартов на однотипные нормы, материалы и изделия закрепляют единый порядковый номер с указанием через точку очередного порядкового номера стандарта в данной группе.

Проставляемая в ряде случаев в конце обозначения звездочка, например в обозначении ГОСТ 1.0—92* ГСС. Основные положения, означает, что в стандарт внесены изменения. На первой странице такого стандарта в сноске указывают номер изменения, номер и год издания ежемесячного информационного указателя стандартов (ИУС), в котором оно опубликовано.

Двумя звездочками отмечают обозначения стандартов, замененных или отмененных в частях, например ГОСТ 2930—62**. Приборы измерительные. Шрифты и знаки.

С 1969 г. обозначения стандартов, ранее отмененных, но позднее восстановленных, отмечают тремя звездочками.

С 1975 г. к обозначению стандартов стали добавлять буквенные и буквенно-цифровые обозначения — литеру «Э» к стандартам, устанавливающим требования к продукции, поставляемой на экспорт, или литеру «Е» — к стандартам, требования которых являются общими как для продукции, выпускаемой на внутренний рынок, так и на экспорт.

Смысл литер «ЗД», помещаемых в начале обозначения стандарта, ясен из приводимого примера: ЭД1 1155 6—87. Краны башенные строительные. ТУ. Экспортное дополнение. (Цифра «1» означает, что это дополнение является первым.) Литеру «А» добавляют к обозначению стандартов на изделия, предназначенные для атомной техники.

Все сведения об обозначении стандартов и их изменении содержатся в Указателе государственных стандартов, который публикуется каждый год с данными, как правило, на 1 января текущего года. Указатель государственных стандартов 1997 года, опубликованный Государственным комитетом Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации (по состоянию на 1 марта 1997 г.), содержит обозначения следующих разделов стандартов.

1. Обозначения межгосударственных стандартов — ГОСТ 1.0—92* и последующие, ГОСТ 2.001—93 и последующие, ГОСТ 2.101—68 (СТ СЭВ 384-76) и последующие и др.

2. Обозначения стандартов СЭВ, введенных в действие непосредственно в качестве межгосударственных стандартов. Например, ГОСТ 158—75.

3. Обозначение государственных стандартов РФ. Например, ГОСТ Р1.0—92*, ГОСТ Р34.303—92 (ИСО 8632—87), ГОСТ Р34.1341—93 (МЭК 1052—92) и др.

4. Обозначения общероссийских классификаторов. Например, ОК 001—93* и последующие.

5. Перечень межгосударственных стандартов, содержащих полный аутентичный текст ГОСТ РФ.

6. Обозначение стандартов ИСО (Международной организации по стандартизации) и стандартов МЭК (Международного электротехнического комитета), введенных в государственные стандарты.

В этом же Указателе публикуется перечень стандартов, еще не введенных на территории РФ [1,2].

1.4. Сроки действия государственных стандартов. До 1973 г. стандарты выпускали без указания срока действия; с 1973 г. — на пятилетний или десятилетний срок. Часть стандартов выпускают без ограничения срока. При пересмотре стандарта делают надпись, помещаемую на титульный странице стандарта: «Проверен в 19... г. Срок действия продлен (или ограничен) до 19... г.» Стандарт заменяют новым при внесении в него принципиально новых положений.

Из изложенного видно, как важно знать, является ли данный стандарт действующим, были ли в него позднее внесены изменения и какие именно, продлен ли его срок действия и до какой даты, отменен ли стандарт без замены или заменен другим и т. д. Все эти сведения помещают в Ежемесячных информационных указателях стандартов (ИУС).

1.5. Стандарты СЭВ. С 1978 г. в ГОСТах стали учитывать требования стандартов Совета Экономической Взаимопомощи (СТ СЭВ).

В таких случаях под обозначением ГОСТа помещают в скобках обозначение СТ СЭВ, причем в технической документации указывают только обозначение ГОСТа (без нанесения звездочки, если таковая имеется)¹. Некоторые стандарты СЭВ были введены в действие, непосредственно в качестве межгосударственных стандартов СНГ.

1.6. Межотраслевые системы стандартов. В 1968 г. стали выпускать комплексы (системы) межотраслевых стандартов, содержащие взаимоувязанные правила и положения, относящиеся преимущественно к организации и управлению производством, технико-экономической и другой документации. Стандарты, входящие в такие системы, в общую нумерацию не включают. Каждой системе присваивают цифровой (порядковый) индекс, после которого в обозначении стандарта обязательно ставят точку.

В настоящее время действует несколько межотраслевых систем стандартов. Приведем краткие сведения о некоторых из них².

1. Государственная система стандартизации (ГСС), содержащая ГОСТ 1.0—85* и последующие. В них даны определения понятий «стандартизация» и «стандарт»; установлены категории стандартов, объекты стандартизации; регламентированы стадии разработки, порядок внедрения; изложены основные положения о контроле за внедрением и соблюдением стандартов, порядке их пересмотра, построения, изложении и оформлении стандартов.

В состав ГСС входил ГОСТ 1.9—67, устанавливающий форму, размеры и порядок применения Знака качества. (Впервые Знак качества был присвоен 22.IV 1967 г. электродвигателям серии А-2.) Этот стандарт отменен с 01.01.87. С 01.10.89 действовал ГОСТ 28197—89. Национальный знак соответствия. Форма, размеры и технические требования.

В настоящее время действует (введен в действие с 01.07.93 г.) ГОСТ Р 50460—92. Знак соответствия при обязательной сертификации. Форма, размеры и технические требования (рис. 1.0).

2. Единая система конструкторской документации (ЕСКД) охватывает широкий круг вопросов, относящихся к конструкторской документации (КД)³. Она подразделена на 10 классификационных групп — от 0 до 9 (первая цифра после точки):

нулевая группа — Общие положения — ГОСТ 2.001—93 и последующие;

ГОСТ 2.001—93 (взамен ГОСТ 2.001—70) является межгосударственным стандартом. Он принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации 12 государств СНГ и введен в действие непосредственно в качестве государственного стандарта РФ с 1.01.95. Им определяется, что основное назначение стандартов ЕСКД со-

¹ В дальнейшем ссылки на СТ СЭВ приводятся при первом упоминании такого стандарта.

² В связи с упразднением ряда межотраслевых систем стандартов возможно изменение обозначений систем.

³ Документ (лат. *documentum* — свидетельство, доказательство) — информация, нанесенная на определенный носитель (бумагу, перфокарту, фотопленку, магнитную пленку и т. п.) с целью ее хранения или передачи.

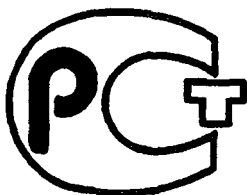


Рис. 1.0

стоит в установлении единых оптимальных правил выполнения, оформления и обращения КД, которыми обеспечивается механизация и автоматизация обработки КД, а также создание единой информационной базы автоматизированных систем (САПР, АСУП и др.). Этим же ГОСТом устанавливается, что конструкторская документация является товаром и на нее распространяются все нормативно-правовые акты, как на товарную продукцию.

Первая группа — Основные положения — ГОСТ 2.101—68* (СТ СЭВ 364—76) и последующие;
 вторая группа — Обозначение изделий и КД — ГОСТ 2.201—80;
 третья группа — Общие правила выполнения чертежей — ГОСТ 2.301—68* (СТ СЭВ 1181—78 и 6306—88) и последующие;
 четвертая группа — Правила выполнения чертежей изделий — ГОСТ 2.401—68* (СТ СЭВ 285—76 и 1185—78) и последующие;
 пятая группа — Учет и обращение КД — ГОСТ 2.501—88 (СТ СЭВ 159—83) и последующие;
 шестая группа — Эксплуатационная и ремонтная документация — ГОСТ 2.601—68* (СТ СЭВ 1798—79) и последующие;
 седьмая группа — Правила выполнения схем — ГОСТ 2.701—84* (СТ СЭВ 651—77) и последующие;
 восьмая группа — Макетный метод проектирования — ГОСТ 2.801—74* (СТ СЭВ 4770—84) и последующие и горная графическая документация — ГОСТ 2.850—75 и последующие;
 девятая группа — Прочие стандарты.

ЕСКД в последние годы пополнилась новыми документами по стандартизации. Это программный документ — АСКТК (Автоматизированная система конструкторско-технологической классификации и кодирования) — на базе ГОСТ 2.201—80 ЕСКД и ГОСТ 3.1201—85 ЕСТД, а также два общероссийских классификатора.

АСКТК, как программа, ориентирована на ПЭВМ типа IBM PC в ОС MS-DOS. Она совместима с AutoCAD для классификации и кодирования изделий, их составных частей, конструкторской (КД) и технологической (ТД) документации — см. гл. 6. Присвоение обозначений по ГОСТ 2.201—80 и кодирование КД и ТД осуществляется посредством АСКТК, в диалоговом режиме работы с ПЭВМ [3].

«Общероссийский технологический классификатор сборочных единиц машиностроения и приборостроения» — ОК 022—95 — и «Общероссийский классификатор деталей, изготавливаемых сваркой, пайкой, склеиванием и термической резкой» — ОК 020—95. Эти классификаторы и ранее изданные классификаторы ЕСКД классов 71—76 на изделия и КД машиностроения и приборостроения должны изучаться и использоваться в курсе машиностроительного черчения.

В курсе черчения изучают преимущественно стандарты третьей группы, выборочно — первой, четвертой и седьмой.

3. Единая система технологической документации (ЕСТД), в дальнейшем ТД, устанавливает единые тре-

бования к оформлению документов, применяемых при разработке технологических процессов производства изделий машиностроения и приборостроения. Общие положения изложены в ГОСТ 3.1001—81 (СТ СЭВ 875—78). Отметим еще ГОСТ 3.1102—81* (СТ СЭВ 1799—79). Стадии разработки и виды документации; ГОСТ 3.1103—82 (СТ СЭВ 1800—79). Основные надписи.

6. Унифицированные системы документации (УСД) охватывают организационно-распорядительную, статистическую, планово-экономическую и другие виды документации.

Научно-технический прогресс вызвал огромный поток деловой информации, потребовал выпуска колоссального количества разного рода документов.

Стандартизация направлена на сокращение объема «бумажной работы», борьбу с излишней информацией, ненужным дублированием, на максимальное использование современных технических средств.

Основные положения изложены в ГОСТ 6.10.1—88. Общие требования и технологические операции изложены в ГОСТ 6.38—90.

7. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу, например ГОСТ 7.9—77*. Реферат и аннотация; ГОСТ 7.32—81*. Отчет о научно-исследовательской работе.

8. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ) — важнейшая система метрологических стандартов. Международный обмен научной и производственной информацией, исследования, проводимые в области науки и техники объединенными усилиями ряда стран, требуют полного единообразия применяемых единиц различных величин, полной достоверности и сравнимости получаемых результатов.

Россия располагает наиболее полными по сравнению с любой другой страной мира комплексами эталонов — механических, электрических, теплофизических, ядерно-физических и многих других величин. От уровня техники измерений зависит автоматизация производственных процессов, развитие прецизионного машиностроения и приборостроения.

Из стандартов системы отметим ГОСТ 8.383—80*. Основные положения и ГОСТ 8.417—81* (СТ СЭВ 1052—78). Единицы физических величин.

9. Единая система защиты от коррозии и старения материалов и изделий (ЕСЗКС). Основные положения в ГОСТ 9.101—78*. Отметим ГОСТ 9.306—85*. Покрытия металлические и неметаллические, неорганические. Обозначения 9.313—89. Покрытия металлические и неметаллические неорганические на пластмассах.

12. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Основные положения содержит ГОСТ 12.0.001—82 (СТ СЭВ 829—77). Согласно этому стандарту, ССБТ делится на 10 подсистем: 0 — организационно-методические стандарты основ построения системы; 1 — стандарты требований и норм по видам опасных и вредных производственных факторов; 2 — требования безопасности к производственному оборудованию; 3 — требования к производственным процессам; 4 — требования к средствам защиты работающих; 5—9 — резервные.

Стандарты ССБТ решают не только технико-экономические, но и социальные задачи.

Из очень большого числа стандартов (свыше 300) отметим ГОСТ 12.2.032—78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования¹; ГОСТ 12.2.033—78. То же, при выполнении работ стоя.

13. Репрография — комплекс стандартов, охватывающих способы, процессы и средства воспроизведения (размножения) изображений оригиналов с целью получения их копий, в частности изготовления и использования микро-

¹ Эргономика — наука, занимающаяся исследованием «человеческого фактора», в производственной и бытовой деятельности — «человека-оператора», «человека-потребителя».

фильмов и микрофишей (см. ГОСТ 13.1.101—79) и т. д. Микрофильмирование позволяет во много раз сокращать площади технических архивов, обеспечивает надежное хранение различных страховых фондов документации. Эти стандарты распространяются на все виды конструкторских, технологических и нормативно-технических документов, проектную документацию в строительстве и т. п. Основные положения изложены в ГОСТ 13.0.001—84, требования к качеству линий, надписей, условных знаков в КД, отправляемой на микрофильмирование, — в ГОСТ 13.1.002—80*. Студентов, выполняющих задания по черчению или курсовые проекты, нужно познакомить с этими требованиями.

14. Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП). Ее назначение — внедрение наиболее передовых, экономических, в данных условиях, технологических процессов; максимальное использование средств автоматики и вычислительной техники; дать возможность производству перестраиваться для выпуска новой продукции в кратчайшие сроки и с наименьшими материальными и трудовыми затратами. (См. ГОСТ 14.004—83* (СТ СЭВ 2521—80). ЕСТПП. Термины и определения основных понятий.)

Общие положения изложены в ГОСТ 14.001—73*; ГОСТ 14.201—83* и 14.206—73* содержат правила обеспечения технологичности деталей и сборочных единиц. Эти стандарты студенты должны использовать при выполнении заданий по черчению.

17. Система стандартов в области природы и улучшения природных ресурсов.

Охрана природы в нашей стране — одна из важнейших задач, обязанность всех ее граждан.

Система подразделена на 9 комплексов (от 0 до 8), каждый комплекс — на 8 групп (от 0 до 7). Основные положения изложены в ГОСТ 17.0.0.01—76* (СТ СЭВ 1364—78). Отметим ГОСТ 17.5.3.01—78*. Состав и размер зеленых зон городов.

19. Единая система программной документации (ЕСПД). Стандарты распространяются на программную документацию всех типов, необходимую для обработки на ЭВМ, независимо от области применения. Общие положения изложены в ГОСТ 19.001—77. Отметим ГОСТ 19.002—80. Схемы алгоритмов и программ. Правила выполнения; ГОСТ 19.101—77*. Виды программ и программных документов.

21. Система проектной документации для строительства (СПДС) дополняет стандарты ЕСКД с учетом специфики строительства. Общие положения содержит ГОСТ 21.001—77. В вузах строительных специальностей стандарты СПДС частично изучают и в курсе инженерной графики.

30. Система стандартов эргономики и технической эстетики (ССЭТЭ). Основные положения изложены в ГОСТ 30.001—83.

Кроме перечисленных межотраслевых систем стандартов есть еще системы, стандарты которых получают обозначения (номера) в общей последовательности, в частности стандарты, относящиеся к системе «человек — машина», рассматривают проблему взаимоотношения человека с создаваемыми им машинами, см., например, ГОСТ 23000—78. Пульта управления. Общие эргономические требования. Полезно ознакомиться с содержанием ГОСТ 26387—84. Система «человек — машина». Термины и определения.

Более подробное знакомство с содержанием всех этих систем может принести специалисту большую пользу при проектировании новых изделий и технологических процессов.

1.7. Из истории стандартизации. Стремление к стандартизации объектов трудовой деятельности людей можно проследить с глубокой древности. Известно, что хетты за 40 веков до н. э. ввели стандарты на городские постройки. В Древнем Египте были стандартизованы луки, стрелы; из камней стандартных размеров возводились пирамиды.

Много внимания стандартизации уделяли римские импера-

торы. Помимо линейных мер, мер объема и массы, календаря стандартизация коснулась предметов вооружения, а также знаменитых римских дорог, часть которых сохранилась до наших дней.

Были стандартизованы диаметры труб, подводящих воду к жилым домам (нарушение этого стандарта каралось весьма сурово).

Высокая степень стандартизации в строительстве морских судов была в Венецианской республике. Построенные из стандартизованных элементов корпуса



Рис. 1.1

судов вводились в специальные каналы, по обеим сторонам которых размещались нужные материалы, оборудование, такелаж и т. д., вплоть до бочонков с пресной водой и ящиков с продовольствием (рис. 1.1). В конце канала поднимался флаг и корабль выходил в море. Как известно, в XII—XIV вв. Венецианская республика, опираясь на мощный флот, достигла большого могущества.

В России стандарты появляются во времена Ивана Грозного. При нем была стандартизована артиллерия и разработан мерительный инструмент. Тогда же впервые в мире было организовано «разборно-сборное» строительство. В районе Углича под руководством И. Г. Выродкова¹ построили значительных размеров деревянную крепость (стены, башни, склады и т. д.). Затем ее разобрали, сплывили по Волге к Свияжску (за 1000 км), который Иван Грозный выбрал в качестве опорной базы перед походом на Казань, и за короткий срок (около четырех недель) собрали.

Требовалась высокая организация труда, унификация элементов сооружений крепости, достаточная точность их изготовления, простая, удобная система маркировки.

Петр I развил стандартизацию артиллерии. Введенное им деление артиллерии на пушки, мортиры и гаубицы было принято во многих странах и сохранилось до нашего времени. Он организовал поточное строительство судов на р. Вороне, усовершенствовал судостроительные чертежи (на рис. 1.2 чертеж, выполненный Петром I).

Известно, что фабрикант Уитни в 1798 г. принес на заседание Конгресса Штатов Америки 10 ружей, разобрал их, переме-

¹ Иван Григорьевич Выродков в 1557 г. построил также крепость и гавань при устье р. Нарвы, крепость в Галиче и другие сооружения.

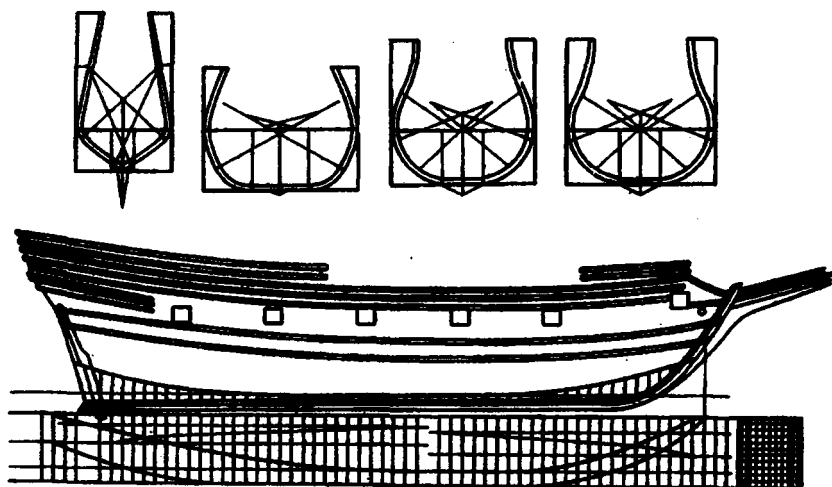


Рис. 1.2

шал все части, вновь собрал и предложил проверить их качество. Эту дату и считают датой зарождения взаимозаменяемости — важнейшей составной части стандартизации.

А между тем Тульский оружейный завод¹ в Отечественную войну 1812 года обеспечивал русскую армию ружьями с взаимозаменяемыми замками. Выпуск таких ружей был организован на Тульском оружейном заводе еще в последней четверти XVIII в.

В 1899 г. опубликовали «Русский нормальный метрический сортамент фасонного железа. Угловое, тавровое, двутавровое, корытное и зетовое железо».

В России, где в это время применяли две системы линейных единиц — русскую, в основе которой лежал вершок, и английскую, в основе которой лежал дюйм, — разрабатывают и вводят сортамент прокатных сталей, основанный на метрической системе мер.

¹ Построен по указу Петра I в 1712 г.

— Разве можно назвать эту мазню чертежом? Подтирки, намазано, зачеркнуто. Текст выведен куриным почерком. Я сто раз говорил: каждый чертеж должен выглядеть безукоризненно.

В. Ажаев «Далеко от Москвы»

2. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ПО ЕСКД

2.1. Форматы. Форматы листов чертежей определяют размеры внешней рамки, выполняемой тонкой линией (рис. 2.1). ГОСТ 2.301—68* (СТ СЭВ 1181—78) установил следующие основные форматы листов чертежей и их обозначения (рис. 2.2).

Обозначение формата	A0(44)	A1(24)	A2(22)	A3(12)	A4(11)
Размеры сторон формата, мм	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297

При необходимости допускается применение формата A5 с размерами сторон 148×210 мм.

Примечание. В скобках указаны обозначения, применявшиеся по ГОСТ 2.301—68 до 01.01.81.

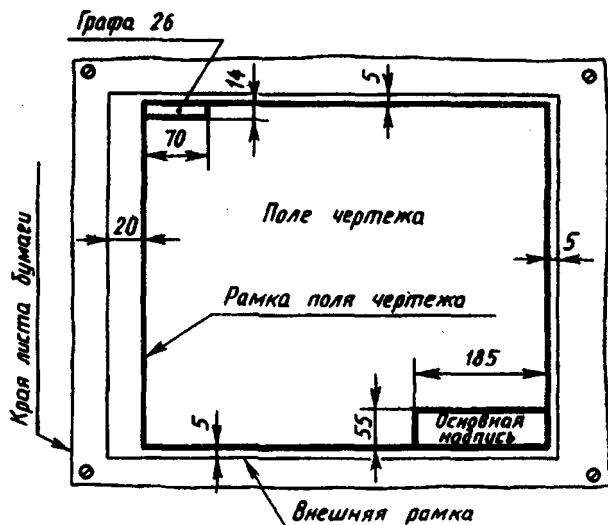


Рис. 2.1

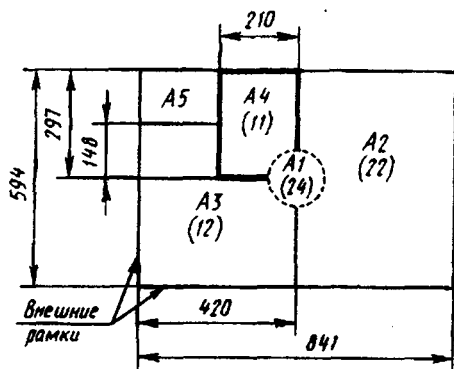


Рис. 2.2

Площадь формата A0 равна 1 м^2 , а стороны относятся как $1:\sqrt{2}$. Решение этих двух уравнений определило размеры сторон формата. Каждый последующий меньший формат получается делением пополам предыдущего формата параллельно его меньшей стороне.

Допускается применение дополнительных форматов, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов в целое число раз, например, формат

A0×2 имеет размеры 1189×1682, формат A4×3 имеет размеры 297×630 и т. д.

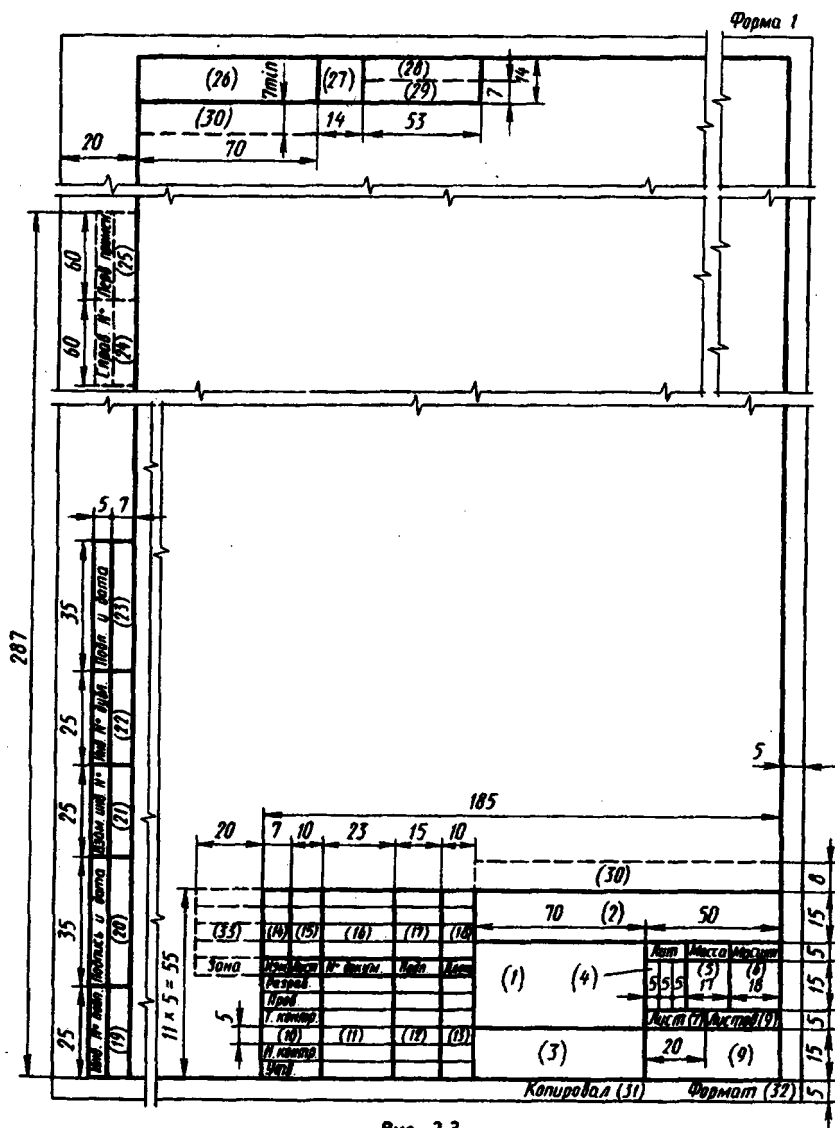
В курсе черчения широко применяют формат 23 (594×630), не предусмотренный новым стандартом. Однако допускаются некоторые отклонения от требований стандартов, учитывая особенности учебного процесса. Этот формат можно обозначить: 2×A4×3.

На рис. 2.1 кроме внешней рамки показана рамка поля чертежа и габариты основной надписи, всегда помещаемой в правом нижнем углу формата, вплотную к рамке, форма и содержание которой (рис. 2.3) установлены ГОСТ 2.104—68* (СТ СЭВ 6306—88).

Содержание граф: 1 — наименование чертежа; 2 — обозначение чертежа (устанавливает кафедра с учетом рекомендаций ГОСТ 2.201—80); 3 — обозначение материала детали (заполняют только на чертежах деталей); 4 — литера чертежа (обычно в курсе черчения используют литеры У и О); 5 — масса изделия (на учебных чертежах обычно не указывают); 6 — масштаб; 7 — порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют); 8 — количество листов (графу заполняют только на первом листе); 9 — наименование предприятия, выпустившего чертеж; 10 — характер работы, выполняемой лицом, подписавшим чертеж (на учебных чертежах обычно заполняют первую строчку — «Разработал», вторую — «Проверил» и последнюю — «Утвердил»); 11 — фамилии лиц, подписавших чертеж; 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11; 13 — даты, когда были сделаны подписи; 14—18 — предназначены для отметок изменений, вносимых в чертежи. (На учебных чертежах обычно остаются незаполненными).

Графы 19—34 на учебных чертежах не наносят, за исключением графы 26, помещаемой в левом верхнем углу чертежа (см. рис. 2.1) при расположении основной надписи вдоль длинной стороны листа или в правом верхнем углу при расположении основной надписи вдоль короткой стороны листа и содержащей обозначение чертежа, повернутое на 180° .

На формате A4 основную надпись располагают только вдоль его короткой стороны.



Для быстрого нахождения на чертеже составной части изделия или его элемента поле чертежа больших форматов разбивают на зоны. Границы зон отмечают чертами и обозначают: по вертикали — снизу вверх прописными буквами латинского алфавита, по горизонтали — справа налево арабскими цифрами (рис. 2.4). Их обозначают: 3А, 2С и т. д. Высота цифр и букв — 5 мм. Ширина зоны — 210 или 297 мм в зависимости от расположения листа.

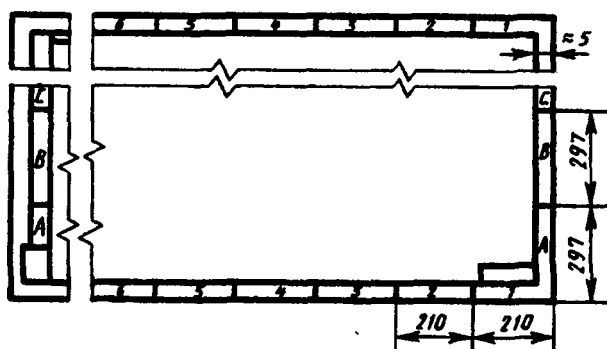


Рис. 2.4

2.2. Масштабы. В зависимости от сложности и величины изображаемых изделий масштабы, согласно ГОСТ 2.302—68*, выбирают из следующего ряда:

Масштабы уменьшения	1:2; 1:2.5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100 и т. д.
Натуральная величина	1:1
Масштабы увеличения	2:1; 2.5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

При выборе масштаба следует руководствоваться прежде всего удобством пользования чертежом.

Масштаб, указываемый в графе, имеющей заголовок «Масштаб» (в основной надписи, в таблицах), обозначают: 1:1; 1:2; 2:1 и т. д.

Масштаб изображения, отличающийся от указанного в основной надписи, указывают в скобках (без буквы «М») рядом с обозначением изображения.

Например:

А (2:1), Б — Б (2:1).

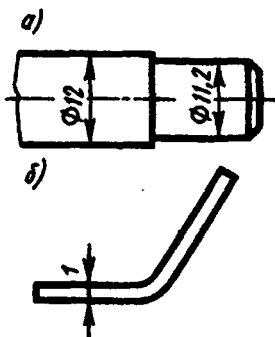





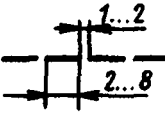
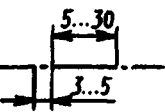
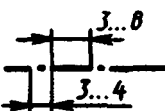
Рис. 2.5

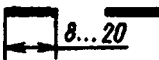

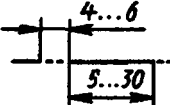
Искажение масштаба в чертеже допускают в случаях, когда некоторые элементы изображения трудно вычерчивать или желательно усилить их зрительное восприятие, и при изображении в М1:1 и меньших тонких пластин, прокладок, шайб (рис. 2.5, а, б).

2.3. Линии. ГОСТ 2.303—68* (СТ СЭВ 1178—78) устанавливают начертания и основные назначения линий на чертежах всех отраслей промышленности и строительства (табл. 1).

Толщина сплошной основной линии s

Таблица 1

№ п/п	Наименование и начертание	Толщина линий по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
1	Сплошная тол- стая — основная (в дальнейшем — ос- новная) 	s	1.1. Линии видимого контура 1.2. Линии перехода видимые 1.3. Линии контура сечения (вынесен- ного и входящего в состав разреза)
2	Сплошная тонкая (в дальнейшем — тонкая) 	$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	2.1. Линии контура наложенного сече- ния 2.2. Линии размерные и выносные 2.3. Линии штриховки 2.4. Линии-выноски 2.5. Полки линии-выносок и подчерки- вание надписей 2.6. Линии перехода воображаемые 2.7. Линии построения 2.8. Линии для изображения погранич- ных деталей («обстановка») 2.9. Линии ограничения выносных эле- ментов
3	Сплошная волни- стая 	$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	3.1. Линии обрыва 3.2. Линии разграничения вида и раз- реза
4	Штриховая 	$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	4.1. Линии невидимого контура 4.2. Линии перехода невидимые
5	Штрихпунктирная тонкая 	$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	5.1. Линии осевые и центровые 5.2. Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесен- ных сечений
6	Штрихпунктирная утолщенная 	$\frac{s}{2} \dots \frac{s}{3} s$	6.1. Линии, обозначающие поверхно- сти, подлежащие термообработке или по- крытию 6.2. Линии для изображения элемен- тов, расположенных перед секущей плос- костью («наложенная проекция»)

№ п/п	Наименование и начертание	Толщина линий по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
7*	Разомкнутая 	$s \dots 1^{1/2}s$	7.1. Линии сечений
8	Сплошная тонкая с изломами 	$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	8.1. Длинные линии обрыва
9	Штрихпунктирная тонкая с двумя точками 		9.1. Линии сгиба на развертках 9.2. Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях 9.3. Линии для изображения развертки, совмещенной с видом

* Для сложных разрезов и сечений допускается концы разомкнутой линии соединять тонкой штрихпунктирной линией.

должна быть 0,5...1,4 мм, в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа. Толщина линий должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

Длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях выбирают в зависимости от величины изображения. Штрихи в линии и промежутки между ними должны быть одинаковой длины.

Штрихпунктирные линии должны начинаться, пересекаться и заканчиваться штрихами.

Штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, заменяют сплошными тонкими линиями, если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур в изображении менее 12 мм (рис. 2.6).

Примеры применения линий приведены на рис. 2.7 и 2.8, а, в.

При выполнении учебных чертежей надо учитывать, что от правильного

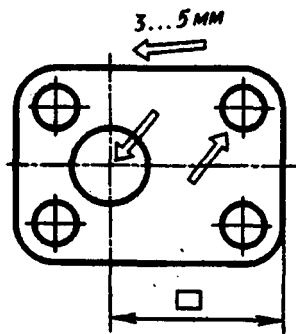


Рис. 2.6

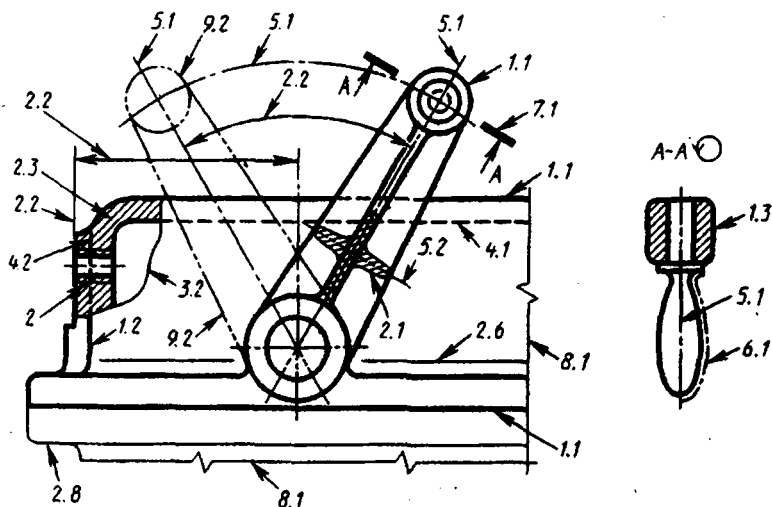


Рис. 2.7

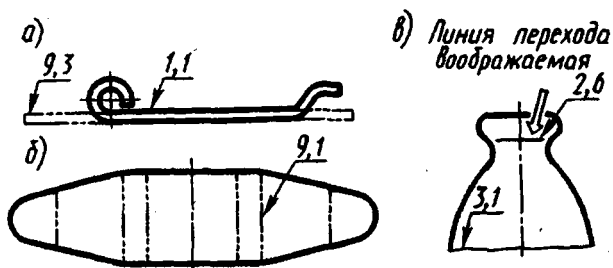


Рис. 2.8

применения линий по их назначению, правильного выбора их толщин, качественного выполнения штриховых и штрихпунктирных линий в большой мере зависит удобство пользования чертежом, пригодность его для репрографии (изготовления копий) и микрофильмирования.

Основным линиям (линиям видимого контура) следует при обводке¹ придавать толщину 0,8...1,0, линиям штриховым (линиям невидимого контура) — 0,4...0,5, остальным — 0,25...0,3 мм.

Нужно научиться различать толщину линий с точностью до 0,1...0,15 мм.

Вспомогательным линиям (линиям невидимого контура) следует при обводке¹ придавать толщину 0,8...1,0, линиям штриховым (линиям невидимого контура) — 0,4...0,5, остальным — 0,25...0,3 мм.

¹ Как правило, учебные чертежи сначала выполняют тонкими (но ясно различимыми!) линиями. Нужную толщину придают им при обводке (обычно после получения подписи преподавателя в графе «Проверил»).

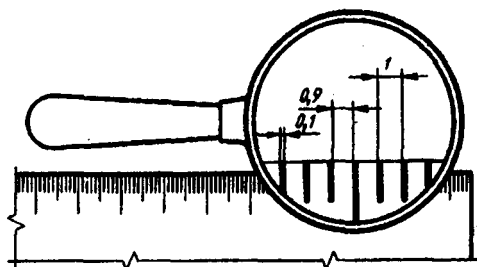


Рис. 2.9

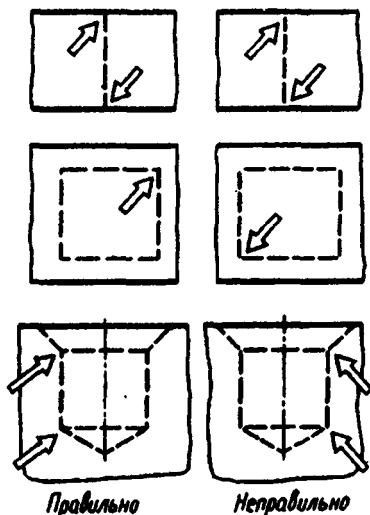


Рис. 2.10

ников и линеек измерительных, что также позволяет получить реальное представление о протяженности миллиметра.

Разомкнутой линией лучше придавать толщину, равную 1,5 s, а не s.

На рис. 2.10 показаны случаи правильного и неправильного нанесения штриховых линий.

Расстояние между двумя любыми параллельными линиями не должно быть меньше 0,8 мм, а лучше — 1,00 мм (см. рис. 2.5).

2.4. Шрифты чертежные. В различных отраслях науки и техники применяют самые разнообразные шрифты (букв, цифр, условных знаков).

С современной точки зрения проблема шрифтов — проблема быстрого и безошибочного распознавания надписей невооруженным или вооруженным глазом, или «читающим» устройством, в условиях, когда неподвижна надпись, а в движении находится «наблюдатель», и наоборот. Поэтому к качеству надписей на учебных чертежах надо отнестись со всей ответственностью.

Постепенно многовековой опыт выполнения чертежей и их применения на производстве привел к выработке специального шрифта для надписей на технических чертежах.

Согласно ГОСТ 2.304—81* (СТ СЭВ 851—78...855—78, 6306—88), надписи, наносимые на чертежи и другие технические документы всех отраслей промышленности и строительства, выполняют шрифтом с наклоном в 75° к основанию строки (рис. 2.11, а) или без наклона (рис. 2.11, б), с толщиной линий шрифта 1:14 (тип А) или 1:10 (тип Б) размера (высоты) шрифта.

Размер шрифта определяет высота прописных букв в мм, измеряемая перпендикулярно основанию строки.

Таблица 2

Параметры шрифтов	Обозначение (рис. 2.11)	Относительный размер	Размеры, мм						
Размер шрифта — высота прописных букв	<i>h</i>	(14/14) <i>h</i>	14 <i>d</i>	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Высота строчных букв	<i>c</i>	(10/14) <i>h</i>	10 <i>d</i>	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0
Расстояние между буквами	<i>a</i>	(2/14) <i>h</i>	2 <i>d</i>	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0
Минимальное расстояние между основаниями строк	<i>b</i>	(22/14) <i>h</i>	22 <i>d</i>	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0
Минимальное расстояние между словами	<i>e</i>	6/14 <i>h</i>	6 <i>d</i>	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0
Толщина линий шрифта	<i>d</i>	(1/14) <i>h</i>		0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0

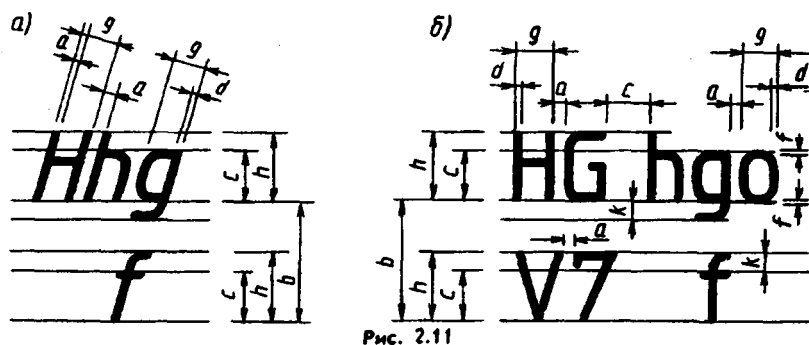
Примечания: 1. Основная ширина прописных букв и арабских цифр равна половине высоты 7*d*; букв А, Д, Х, Ю — 8*d*; букв Е, С, и цифр 3—5 — 6*d*; букв Ж, М, Ш, Щ, Ъ — 9*d*; буквы Ф — 11*d*; цифры 1 — 4*d*.
2. Основная ширина строчных букв — 6*d*; букв м, ъ, ы, ю — 7*d*; буквы ж — 8*d*; букв т, ф, ш, щ — 9*d*; буквы з, с — 5*d*.

Таблица 3

Параметры	Обозначение (рис. 2.11)	Относительный размер	Размеры, мм						
Размер шрифта — высота прописных букв	<i>h</i>	10 <i>d</i>	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Высота строчных букв	<i>c</i>	(7/10) <i>h</i>	7 <i>d</i>	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0
Расстояние между буквами	<i>a</i>	(2/10) <i>h</i>	2 <i>d</i>	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0
Минимальное расстояние между основаниями строк	<i>b</i>	(17/10) <i>h</i>	17 <i>d</i>	3,1	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0
Минимальное расстояние между словами	<i>e</i>	6/10 <i>h</i>	6 <i>d</i>	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0
Толщина линий шрифта	<i>d</i>	(1/10) <i>h</i>		0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0

Примечания: 1. Основная ширина прописных букв и арабской цифры 4 равна 6*d*; букв Г, Е, З, С и арабских цифр — 5*d*; букв А, Д, М, Х, Ы, Ю — 7*d*; букв Ж, Ф, Ш, Щ, Ъ — 8*d*; цифры 1 — 3*d*.

2. Основная ширина строчных букв равна половине высоты (размера) шрифта, т. е. 5*d*; букв м, ъ, ы, ю — 6*d*; букв ж, т, ф, ш, щ — 7*d*; буквы з, с — 4*d*.
3. Нижние горизонтальные отрезки у букв ц и ш (прописных и строчных, типов А и Б) делают за счет промежутков между смежными буквами, а вертикальные (а также черта на И) — за счет промежутка между строками.



А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л

М Н О П Р С Т У Ф Х Ц

Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я

а б в г д е ж з и й к л м

н о п р с т у ф х ц ч

ш щ ъ ы ь э ю я

Рис. 2.12

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

Начертания букв кириллицы (русского алфавита) приведены: типа А с наклоном на рис. 2.12, типа Б — на рис. 2.13; латинского алфавита типа Б — на рис. 2.14.



Рис. 2.13

На рис. 2.15 приведены начертания и наименования букв греческого алфавита (шрифт без наклона типа Б): 1 — альфа, 2 — бета, 3 — гамма, 4 — дельта, 5 — эпсилон, 6 — дзета, 7 — эта, 8 — тэта, 9 — йота, 10 — каппа, 11 — ламбда, 12 — мю, 13 — ню, 14 — кси, 15 — омикрон, 16 — пи, 17 — ро, 18 — сигма, 19 — тау, 20 — ипсилон, 21 — фи, 22 — хи, 23 — пси, 24 — омега.



Рис. 2.14



Рис. 2.15



Рис. 2.16

Начертания арабских и римских цифр (шрифт типа Б) см. на рис. 2.16, а знаков (шрифт типа Б с наклоном) — на рис. 2.17. Значение знаков:

1 — точка; 2 — двоеточие; 3 — запятая; 4 — точка с запятой; 5 — восклицательный знак; 6 — вопросительный знак; 7 — кавычки; 8 — бесконечность; 9 — квадратные скобки; 10 — знак равенства; 11 — величина после округления; 12 — соответствует; 13 — асимптотически равно; 14 — приблизительно равно; 15 — меньше; 16 — больше; 17 — меньше или равно; 18 — больше или равно; 19 — плюс; 20 — минус; 21 — плюс-минус; 22 и 23 — умножение; 24 — деление; 25 — процент; 26 — градус; 27 — минута; 28 — секунда; 29 — параллельно; 30 — перпендикулярно; 31 — угол; 32 — уклон; 33 — конусность; 34 — квадрат; 35 — дуга; 36 — диаметр; 37 — черта дроби; 38 — номер; 39 — от ... до; 40 — знак подобия; 41 — звездочка.

Из табл. 2 и 3 видно, что буквы и цифры для одного и того же размера шрифта имеют различную ширину, что затрудняет их разметку (она требуется только в исключительных случаях)¹.

Дроби, показатели, индексы и предельные отклонения выполняются шрифтом на одну ступень меньшим, чем размер шрифта

¹ Приняв за среднюю ширину букв в 7d, а цифр в 5d для шрифта типа А и соответственно для букв в 6d, а цифр — 4d для шрифта типа Б и учитывая промежутки между буквами и цифрами, равные 2d, а также расстояния между словами, равные 6d, можно с достаточным приближением подсчитать длину надписи, подлежащей выполнению.

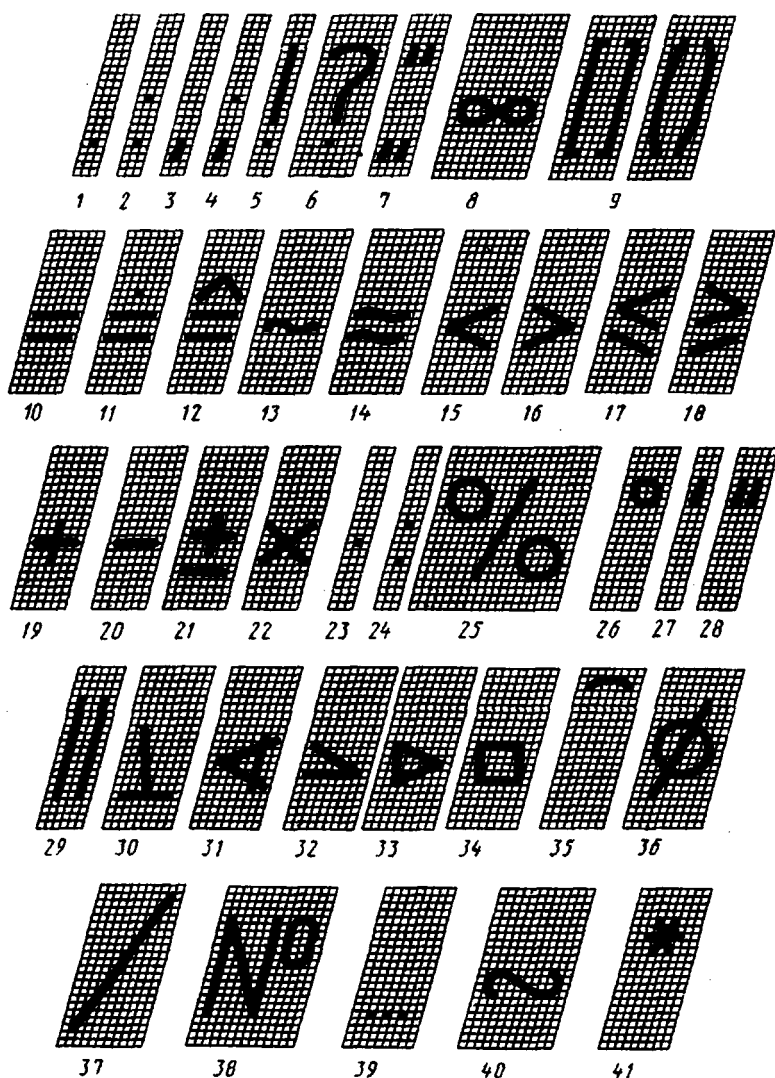


Рис. 2.17

основной величины, или одинакового размера с ним (рис. 2.18).

Необходимо внимательно изучить формы букв и цифр, соотношения между высотой и остальными их размерами. В частности, недопустимо неправильное начертание семерки (рис. 2.19, а), когда ее легко спутать с единицей; шестерки (рис. 2.19, б), когда ее легко принять за ноль; двойки (рис. 2.19, в), когда она похожа на восьмерку, и т. д.

Знак квадрата всегда нужно изображать квадратом, а не параллелограммом. Десятичные знаки отделять четко выпол-

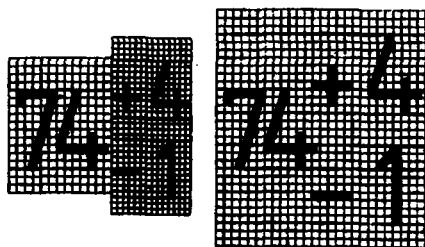


Рис. 2.18



Рис. 2.19

ненной запятой (в виде черты), оставляя для нее достаточный промежуток между смежными цифрами (рис. 2.20).

Допускается скрадывание кажущегося увеличения промежутка между буквами путем его уменьшения или исключения, примеры на рис. 2.21.

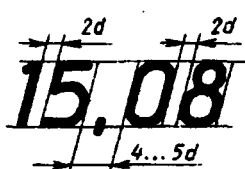


Рис. 2.20



Рис. 2.21



Рис. 2.22

Если надпись выполняют над полочкой линии-выноски, то между ними оставляют просвет в 0,8...1,0 мм (рис. 2.22). Так следует поступать во всех случаях, когда надпись выполняют вдоль линии — в спецификации, основной надписи, таблице и т. д.

Располагают надписи, как правило, горизонтально.

Для развития глазомера, приобретения навыков качественного выполнения надписей рекомендуется на первых учебных чертежах выполнять их с вспомогательной упрощенной сеткой,

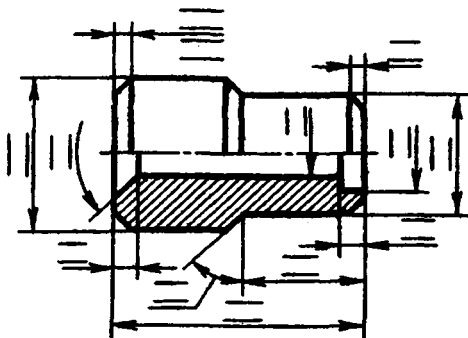
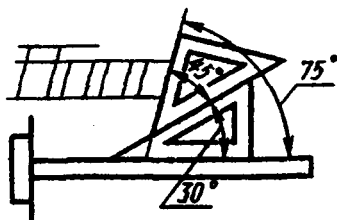


Рис. 2.23



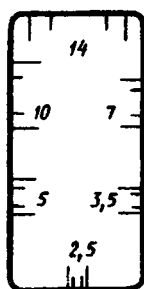
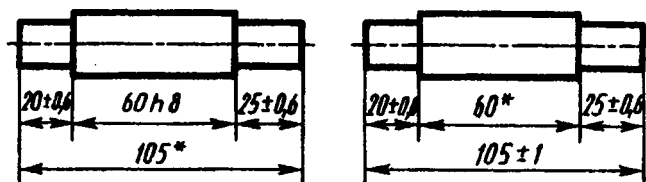


Рис. 2.24



* Размеры для справок

Рис. 2.25

показанной на рис. 2.23. При этом нужно изготовить простой, но удобный шаблон (рис. 2.24).

Как правило, на чертежах, выполненных в карандаше, применять шрифт размера, меньшего 3,5, не допускается. Рекомендуемые размеры шрифтов для различных учебных чертежей обычно указывают в методических разработках кафедр графики.

2.5. Нанесение размеров. Основанием для определения величины изображенного изделия и его элементов служат размерные числа, нанесенные на чертеже. Исключение составляют случаи, когда величину изделий или его элементов определяют по изображениям, выполненным с соответствующей точностью (0,1...0,2 мм — платы, плазы).

Правила нанесения размерных чисел на чертежах и других технических документах на изделия всех отраслей промышленности и строительства установлены ГОСТ 2.307—68* (СТ СЭВ 1976—79, СТ СЭВ 2180—80). Это очень важный стандарт. Пропуск или ошибка хотя бы в одном из размеров делают чертеж непригодным к использованию, так как определять пропущенные или ошибочные размеры путем обмера соответствующих мест на чертеже не допускается.

Поэтому постановка размеров — одна из наиболее ответственных стадий при изготовлении чертежа.

В этой операции принято различать: *задание размеров* — какие размеры и с какой точностью необходимо задать на чертеже, чтобы изображенное на нем изделие возможно было изготовить (чертеж должен быть метрически определенным), и *нанесение размеров*, как следует расположить их на чертеже.

Задание размеров зависит от многих факторов — конструктивных, прочностных, технологических и др. При выполнении первых учебных чертежей студенту нужно знать правило нанесения размеров с чертежа задания на выполняемый чертеж.

Различают *размеры рабочие* (исполнительные), каждый из которых используют при изготовлении изделия и его приемке (контроле), и *справочные*, указываемые только для большего удобства пользования чертежом. Их использование для каких-либо измерений в процессе изготовления изделия не допускает-

ся. Справочные размеры отмечают знаком «*», а в технических требованиях, располагаемых над основной надписью, записывают: «* Размер (ы) для справки (вок)». К справочным размерам, в частности, относят: а) один из размеров замкнутой размерной цепи (рис. 2.25); б) размеры деталей (элементов) из сортового, фасонного, листового и другого проката, если они полностью определены обозначением материала, приведенным в графе 3 основной надписи (рис. 2.26); в) один из размеров,

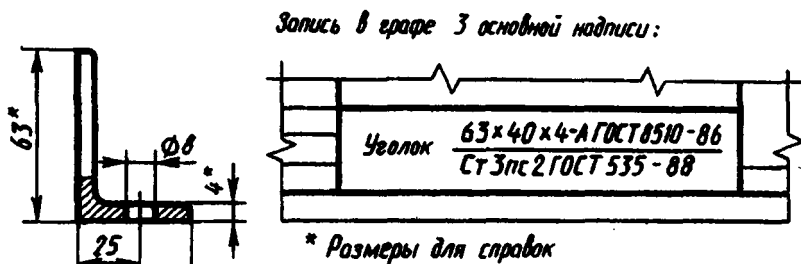


Рис. 2.26

связанный определенной функциональной зависимостью (рис. 2.27)¹.

Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на изображениях, в технических требованиях, основной надписи и спецификации.

Если в технических требованиях необходимо дать ссылку на размер, нанесенный на изображении, то этот размер или соответствующий элемент обозначают буквой, а в технических требованиях помещают запись, аналогичную приведенной на рис. 2.28.

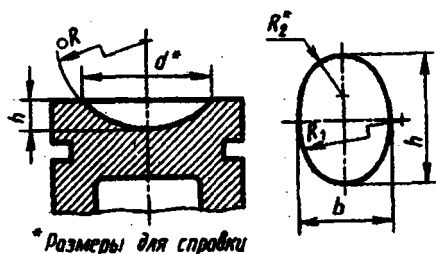


Рис. 2.27

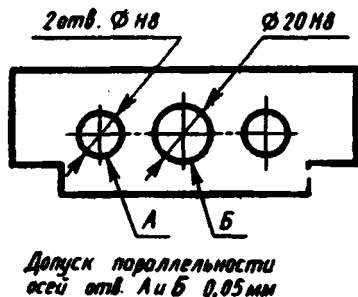


Рис. 2.28

¹ Подробнее о справочных размерах см. в ГОСТ 2.307—68.

Линейные размеры и их предельные отклонения на чертежах указывают в миллиметрах, без обозначения единицы, угловые — в градусах, минутах и секундах, например: 4° ; $0^\circ 30'$; $2^\circ 15' 24''$.

Для размеров и предельных отклонений, приводимых в технических требованиях и в надписях на поле чертежа, единицы указывают.

Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями, ограничиваемыми с одного или обоих концов стрелками или засечками. Размерные линии проводят параллельно отрезку, размер которого указывают, а выносные линии — перпендикулярно размерным (рис. 2.29), за исключением случаев, когда они вместе с измеряемым отрезком образуют параллелограмм (рис. 2.30).

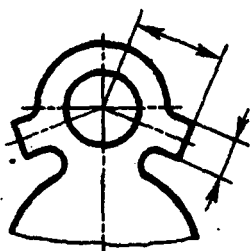


Рис. 2.29

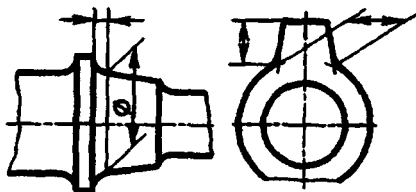


Рис. 2.30

Минимальные расстояния между параллельными размерными линиями — 7 мм, а между размерной и линией контура — 10 мм (рис. 2.31).

Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий, располагая их так, как показано на рис. 2.32.

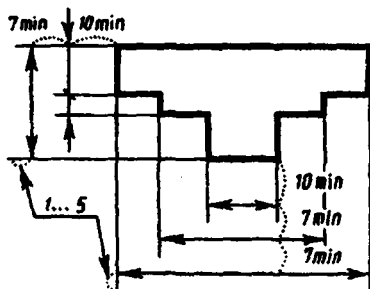


Рис. 2.31

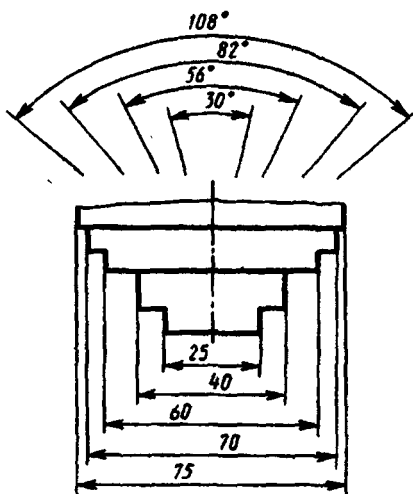


Рис. 2.32

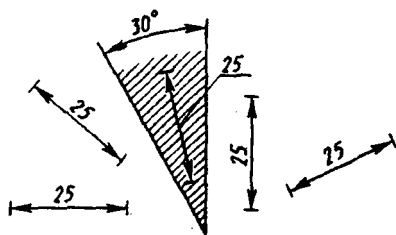


Рис. 2.33

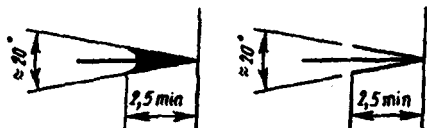


Рис. 2.34

Выносные линии должны выходить за концы стрелок или засечек на 1...5 мм (см. рис. 2.31).

Размерные числа наносят над размерной линией возможно ближе к ее середине. При нанесении размера диаметра внутри окружности размерные числа смещают относительно середины размерных линий (см. рис. 2.48).

Над параллельными или концентричными размерными линиями размерные числа располагают в шахматном порядке (рис. 2.32).

Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на рис. 2.33. Если необходимо указать размер в заштрихованной зоне, то размерное число наносят на полке линии-выноски (рис. 2.33). Величина стрелок размерных линий зависит от толщины линии видимого контура (рис. 2.34, для учебных чертежей рекомендуется $l = 5...7$ мм), высота размерных чисел 5 мм (менее желательно применение для них шрифта размера 3,5 мм). Между цифрами и размерной линией оставляют промежутки в 0,5...1 мм (см. рис. 2.32).

При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки заменяют засечками, наносимыми под углом 45° к размерным линиям (рис. 2.35).

При недостатке места для стрелки из-за близко расположенной контурной линии последнюю можно прерывать (рис. 2.36).

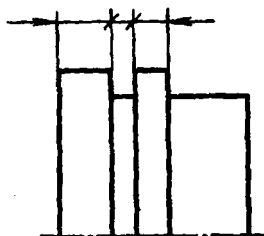


Рис. 2.35

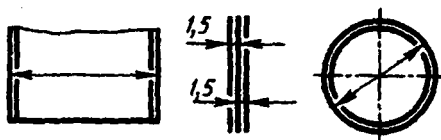


Рис. 2.36

На рис. 2.37 показано, как надо наносить размеры угла, хорды и дуги окружности. В последнем случае над размерным числом наносят знак « \circ ».

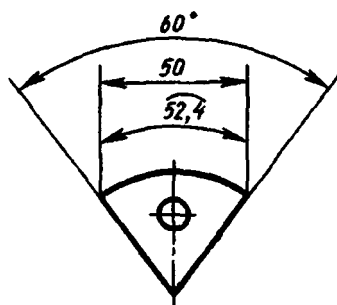


Рис. 2.37

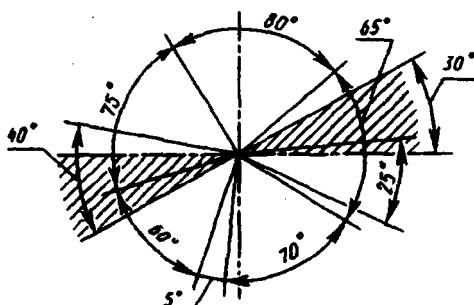


Рис. 2.38

Угловые размеры наносят так, как показано на рис. 2.38, для углов малых размеров размерные числа помещают на полках линий-выносок в любой зоне.

Если надо показать координаты вершины скругляемого угла или центра дуги скругления, то выносные линии проводят от точки пересечения сторон скругляемого угла или от центра дуги скругления (рис. 2.39).

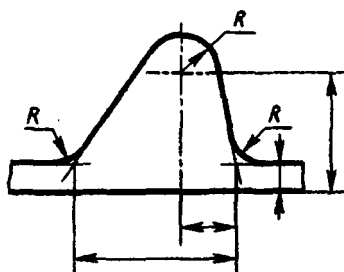
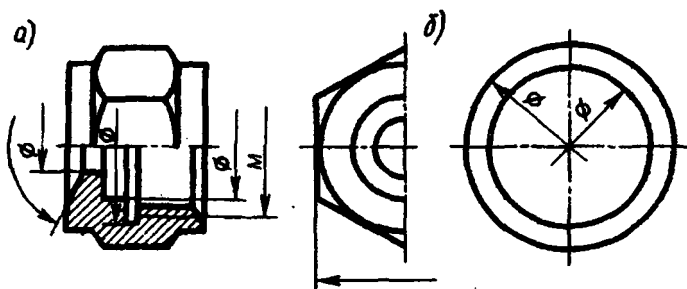


Рис. 2.39

Если вид или разрез симметричного предмета или отдельных симметрично расположенных элементов изображают только до оси симметрии или с обрывом, то размерные линии, относящиеся к этим элементам, проводят с обрывом и обрыв размерной линии делают дальше оси или линии обрыва предмета (рис. 2.40, а).

Размерные линии можно проводить с обрывом и при указании размера диаметров окружности независимо от того, изображена ли окружность полностью или частично, при этом обрыв размерной линии делают дальше центра окружности (рис. 2.40, б).



При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают (рис. 2.41).

Если для нанесения числа или стрелок недостаточно места, то их наносят по одному из способов, показанных на рис. 2.42. Выбор способа определяет обстановка.

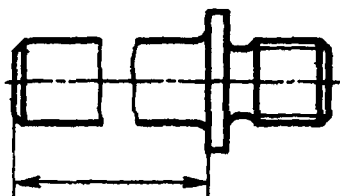


Рис. 2.41

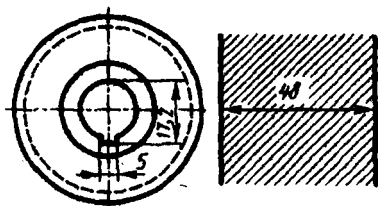


Рис. 2.43

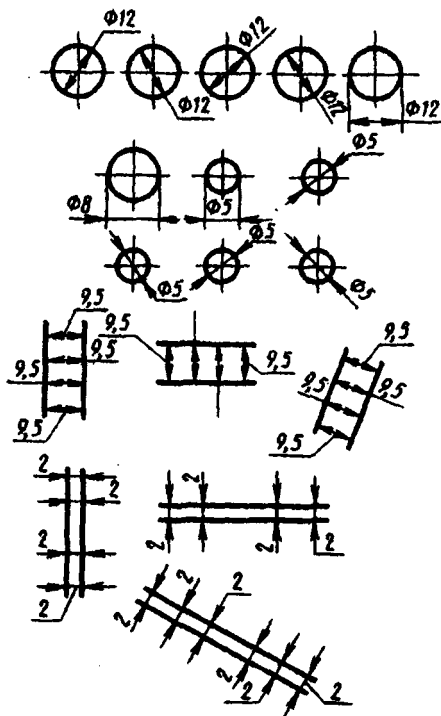


Рис. 2.42

Размерные числа нельзя разделять или пересекать какими бы то ни было линиями чертежа. Не допускается разрывать линию контура для нанесения размерного числа и наносить размерные числа в местах пересечения размерных, осевых или центровых линий. Осевые, центровые линии и линии штриховки прерывать допускается (рис. 2.43).

Перед размерным числом радиуса помещают прописную букву *R*. Ее нельзя отделять от числа любой линией чертежа (рис. 2.44).

Если при нанесении размера радиуса дуги окружности необходимо указать размер, определяющий положение ее центра, то последний изображают в виде пересечения центровых или выносных линий, причем при большой величине радиуса центр допускается приближать к дуге. В этом случае размерную

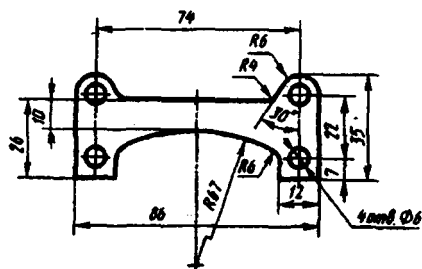


Рис. 2.44

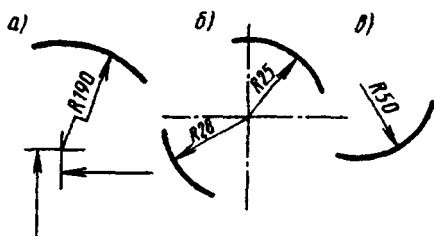


Рис. 2.45

линию радиуса показывают с изломом под углом 90° (см. рис. 2.44 — размер $R\ 67$, и рис. 2.45, а — размер $R\ 190$).

Если не требуется указывать размеры, определяющие положение центра дуги окружности, то размерную линию радиуса допускается не доводить до центра и даже смещать ее относительно центра (рис. 2.45, в). При совпадении центров нескольких радиусов их размерные линии можно не доводить до центра, кроме крайних (рис. 2.46).

Размеры радиусов наружных и внутренних скруглений наносят, как показано на рис. 2.47. Способ нанесения определяет обстановка.

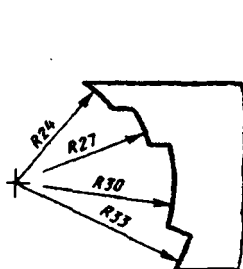


Рис. 2.46

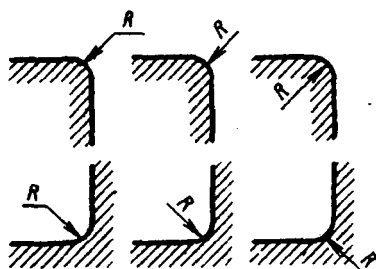


Рис. 2.47

Размерные линии двух радиусов, проводимых из одного центра, но в противоположных направлениях, нельзя располагать на одной прямой (рис. 2.45, б).

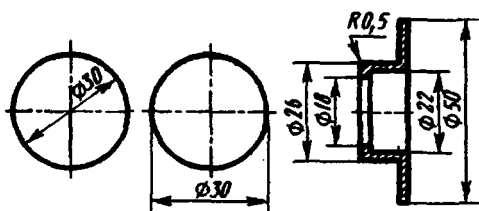


Рис. 2.48

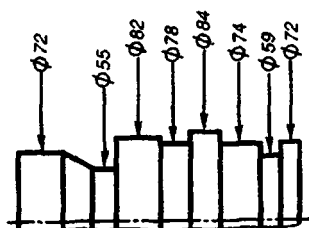


Рис. 2.49

Скругления, для которых задают размер радиуса, должны быть на чертеже изображены. Скругления с размером радиуса (на чертеже) менее 1 мм не изображают (см. рис. 7.10).

При указании размера диаметра перед размерным числом наносят знак « \varnothing » (рис. 2.48). Размеры диаметров изделия сложной конфигурации можно наносить, как показано на рис. 2.49. В случаях, когда сферу трудно отличить от других поверхностей, перед размерным числом наносят слово «Сфера» или знак по рис. 2.50. Диаметр знака сферы равен размеру размерных чисел на чертеже.

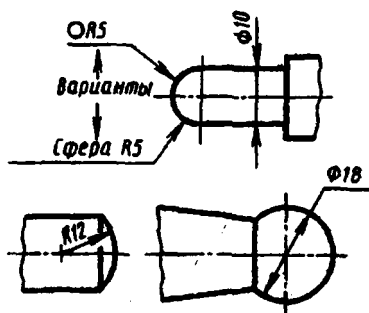


Рис. 2.50

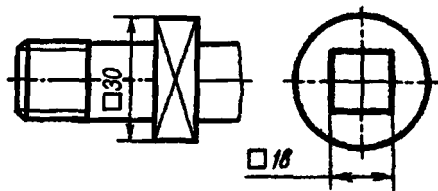


Рис. 2.51

Размер квадрата наносят, как показано на рис. 2.51. Высота знака «квадрат» равна высоте цифр размерных чисел на чертеже.

Если чертеж содержит одно изображение детали, то размер ее толщины или длины наносят, как показано на рис. 2.52.

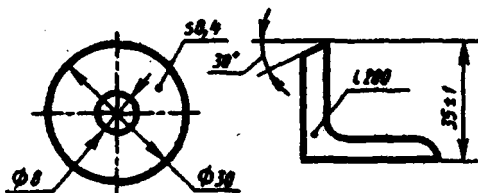


Рис. 2.52

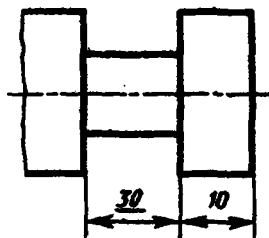


Рис. 2.53

Размеры изделия всегда наносят номинальные, независимо от масштаба изображения. Если элемент изображен с отступлением от масштаба изображения, то размерное число подчеркивают (рис. 2.53). Это правило не распространяется на случаи, приведенные на рис. 2.5.

Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения, располагая по возможности внутренние и наружные

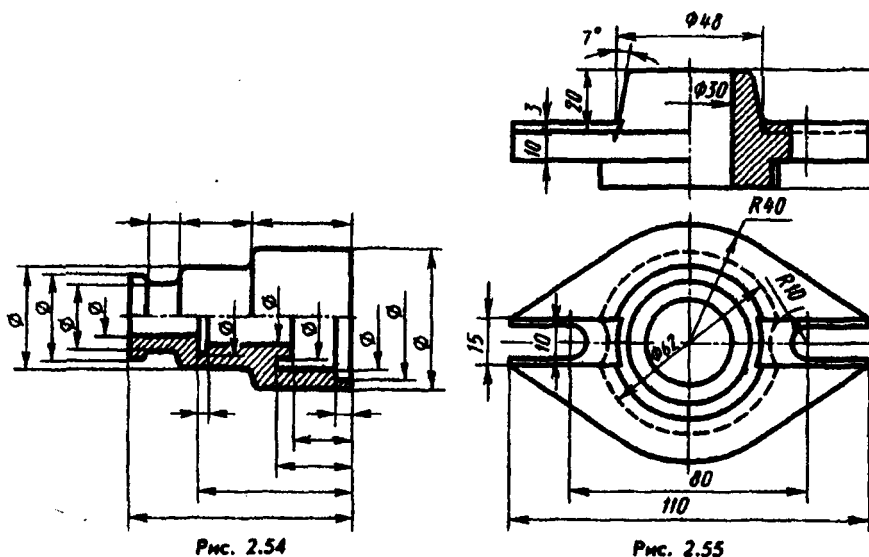


Рис. 2.54

Рис. 2.55

размеры детали по разные стороны изображения (рис. 2.54). Однако размеры можно нанести внутри контура изображения, если ясность чертежа от этого не пострадает.

Нанесение размеров на невидимом контуре допускают в случаях, когда это позволит отказаться от вычерчивания дополнительного изображения (рис. 2.55).

Дополнительные сведения о нанесении размеров приводятся в последующих главах.

Упражнение. Проследите, как нанесены размеры на чертёж (рис. 2.56) комбинированной отвертки для велосипеда (ГОСТ 3905—75).

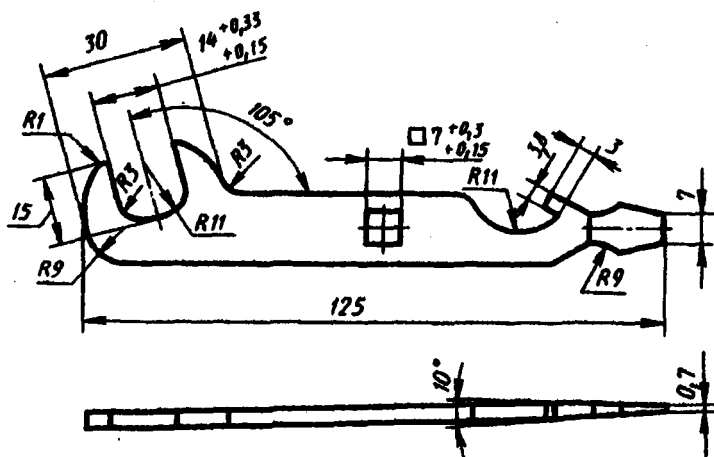


Рис. 2.56

вспоминая при этом соответствующие правила из числа изложенных в § 5. Какие размеры следует добавить (на чертеже по понятным причинам нет нескольких размеров), чтобы можно было по этому чертежу изготовить отвертку?

2.6. Уклоны. Обозначение, построение. Плоский, а следовательно, и двугранный угол могут быть заданы не градусными размерами, а их тангенсом (рис. 2.57, где $\operatorname{tg} \alpha = b/a$), выражен-

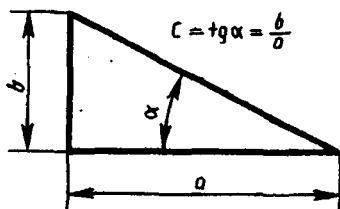


Рис. 2.57

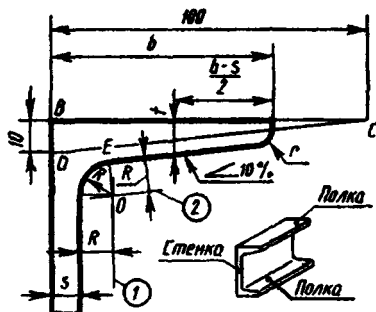


Рис. 2.58

ным в процентах (например, уклон в 10 % внутренних граней полков швеллера по ГОСТ 8240—89, рис. 2.58), отношением двух чисел (например, уклоны 1:20 и 1:4 граней рельса по ГОСТ 8161—75*, рис. 2.59) или в промилях (например, уклон 5 ‰ арматуры на рис. 2.60).

Знак уклона (см. рис. 2.17, поз. 32) — его вершина должна быть направлена в сторону уклона — наносят перед размерным числом, располагаемым или непосредственно у изображения поверхности уклона, или на полке линии-выноски, как показано на

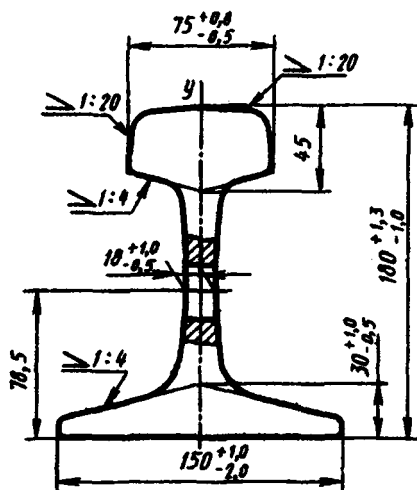


Рис. 2.59

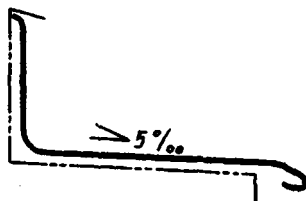


Рис. 2.60

рисунках. Незначительный уклон допускается на чертеже изображать с увеличением (рис. 2.60).

На рис. 2.58 показано построение уклона внутренней грани верхней полки швеллера. Построен вспомогательный треугольник BCD с катетами 10 и 100 мм (можно, при отсутствии места, взять катеты в 5 и 50 мм и т. п.). Тангенс угла при вершине C равен 1:10 или, иначе, 10 %-ному уклону гипотенузы CD к катету CB . Через точку A , определяющую место измерения толщины полки, проведена прямая, параллельная CD . Вспомогательный треугольник может быть расположен и в стороне от полки.

2.7. Конусность. Обозначение, построение. Конус вращения определяют два размера, усеченный — три (рис. 2.61), задаваемых в зависимости от условий различным образом: углом α или $\alpha/2$, одним из диаметров (чаще величиной D — для наружных конусов и d — для внутренних (рис. 2.62) и размером L .

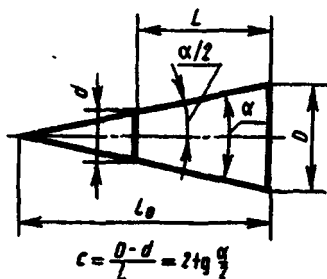


Рис. 2.61

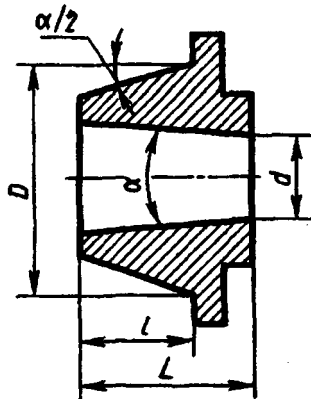


Рис. 2.62

Задание конуса размерами D , d и L (рис. 2.63) из-за трудностей изготовления применяют редко. Допускается указывать дополнительные размеры, как справочные (рис. 2.64).

Углы (за исключением специальных случаев) выбирают из

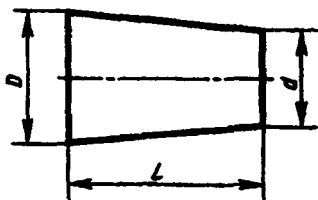
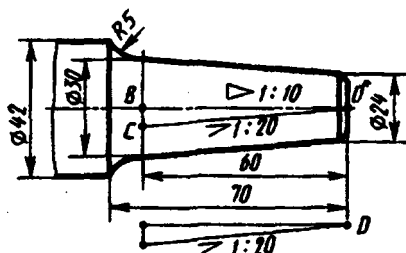


Рис. 2.63



* Размер для справок

Рис. 2.64

Таблица 4

Конусность	Угол конуса α	Применение
1:50	1°8'45"	Конические шрифты, установочные шпильки Метрические конусы в шпинделях станков, оправок Конические соединения деталей при усилиях вдоль оси. Соединения поршней со штоками Концы валов электрических и других машин Пробки кранов для арматуры Легко разнимающиеся соединения деталей при перпендикулярных оси усилиях. Конические хвосты цапф
1:20	2°51'51"	
1:15	3°49'06"	
1:10	5°43'29"	
1:7	8°10'16"	
1:5	11°25'16"	Фрикционные муфты приводов, зажимные цанги, головки шинных болтов Уплотняющие конусы для легких ниппельных винтовых соединений труб Центры станков и центровые отверстия
1:1,866	30°	
1:1,207	45°	
1:0,866	60°	

ряда значений, установленных ГОСТ 8908—81 (СТ СЭВ 178—75 и 513—77) и приведенных в табл. 4.

Размеры конуса могут быть заданы диаметром поперечного сечения (расчетного) конуса (рис. 2.64, размер $\varnothing 30$), конусностью (C), определяемой как отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса вращения к расстоянию между ними (см. рис. 2.61). Это отношение равно удвоенному тангенсу половины угла при вершине конуса, т. е. конусность равна удвоенному углу образующей конуса к его оси.

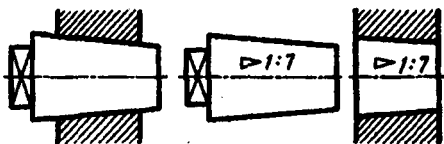


Рис. 2.65

В конических соединениях, т. е. в случаях, когда конический стержень вставляют в коническое отверстие, указание конусности обязательно (рис. 2.65).

Конусность может быть задана отношением двух чисел (см. рис. 2.64) или десятичной дробью (рис. 2.66). Знак конус-

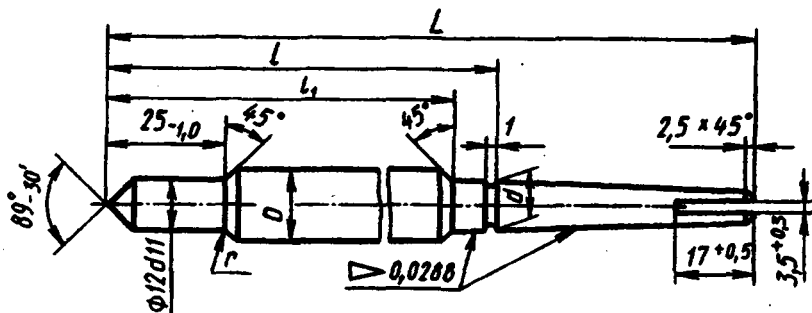


Рис. 2.66

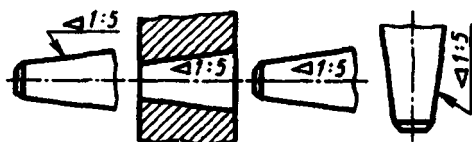


Рис. 2.67

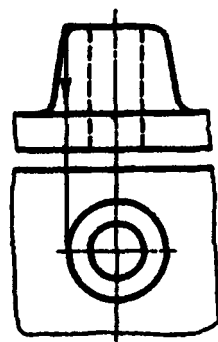


Рис. 2.68

ности (см. рис. 2.17, поз. 33), острый угол которого должен быть направлен в сторону вершины конуса, наносят перед размерным числом, располагая в зависимости от положения оси конуса и обстановки, как показано на рис. 2.67.

Незначительную конусность допускается изображать с увеличением или проводить только одну линию, соответствующую меньшему диаметру конуса в случаях, аналогичных показанному на рис. 2.68.

При построении очертания конуса, задаваемого конусностью, высотой и одним из диаметров, второй диаметр (на рис. 2.64 равный $30 - 6 = 24$ мм) вычисляют по формуле или с помощью вспомогательного треугольника BCD , катеты которого относятся как 1:20. Далее поступают так же, как при построении уклона на рис. 2.58.

Последний прием позволяет хорошо уяснить различие между

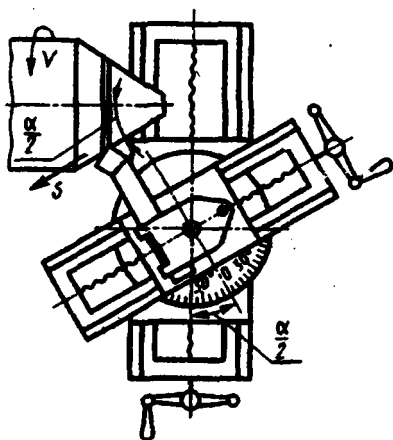


Рис. 2.69

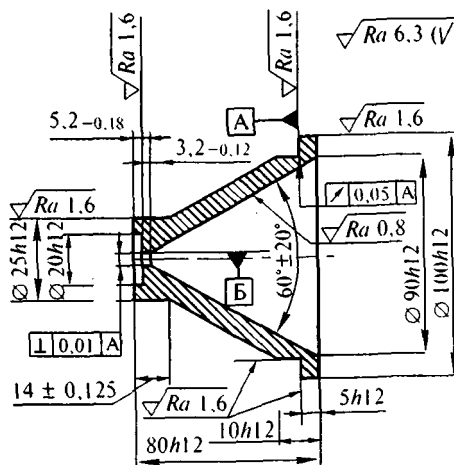


Рис. 2.70

понятиями, «уклон» и «конусность», имеющими важное значение в машиностроении.

Конусности общего назначения стандартизованы. В табл. 4 приведены их значения из ГОСТ 8593—81 (СТ СЭВ 512—77) с примерным указанием области их применения.

Стандартизованы также конусности 7:24, применяемые в станкоинструментальном деле (ГОСТ 19860—74*), при изготовлении стеклянной лабораторной посуды и аппаратуры (ГОСТ 8682—170*) и конусы Морзе — ГОСТ 25557—82 (СТ СЭВ 147—75).

На рис. 2.69 показан процесс изготовления конуса с помощью поворота суппорта токарного станка на угол $\alpha/2$.

У п р а ж н е н и е. Проследите на рис. 2.70 (воронка для определения текучести металлических порошков по ГОСТ 20899—75), какими размерами определены внутренних и наружный конусы воронки.

П р и м е ч а н и е. Различные условные записи, содержащиеся в чертеже, поясняются позднее.

Для всех размеров, нанесенных на рабочих чертежах, указывают предельные отклонения, определяющие, с какой точностью должно быть изготовлено изделие. (На учебных чертежах указывают только номинальные размеры.)

Точность, с какой должны строить изображения на технических чертежах, зависит от ряда факторов. На учебных чертежах, как правило, изображения должны строить с точностью $\pm(0,5...1,0)$ мм, независимо от их величины или масштаба (т. е. с точностью, допускаемой применяемыми чертежными инструментами).

Большое значение имеет и качество графического исполнения чертежа. Оно определено многими стандартами. В частности, ГОСТ 2.111—68* и 14.206—73 *разрешают контролеру возвращать разработчику конструкторскую документацию без рассмотрения в случае небрежного ее выполнения.*

Это необходимо учитывать студентам при выполнении ими учебных чертежей.

Все правила, изложенные в этой главе, должны безусловно выполняться и в традиционной (ручной) и в компьютерной графике. В компьютерной графике их выполнение обеспечивается программными и техническими средствами ЭВМ. Так, например, форматы и основная надпись («штамп») чертежа выполняется автоматически ПП FON (см. 12.3 и др.), начертание и толщина линий устанавливается командами настройки («FONT», «WEIGHT») ЯП, нанесение размеров (выносные, размерные линии, размерные числа и значки — \varnothing , R, \square и др.) регламентируются инструкциями оформления чертежей («DDIMEN», «CDIMEN», «NOTE» и др.) ЯП. Примеры программного автоматического нанесения размеров, а также заполнения основной надписи чертежа, таблички m, z, d для шестерен и преобладающей шероховатости поверхностей — см. рис. 12.31.

Более подробно об этом в описании учебной графической системы и используемого в ней ЯП KREDO-GL в готовящемся приложении к 6-му изданию этого учебника — «Лабораторном практикуме по машинной графике».

Мир кривых гораздо разнообразнее и богаче мира точек, но только математики XX века сумели овладеть его богатством.

Н. Винер. «Я — математик»

3. КРИВЫЕ ЛИНИИ. СОПРЯЖЕНИЯ. ЦИРКУЛЬНЫЕ ОВАЛЫ

3.0. Кривые линии в науке и технике. Замечательные свойства кривых широко используют в различных механизмах, строительных конструкциях, оптике, судо-, авто- и авиационной, архитектуре, при проектировании путей сообщения, в радиоэлектронике и других областях науки и техники.

С помощью кривых линий можно наглядно проследить тот или иной процесс, лучше понять сущность той или иной функциональной зависимости, исследовать закономерности, для которых еще не найдены аналитические выражения, придать наиболее целесообразные и красивые формы изделию. Многие кривые непосредственно реализуются в физических явлениях в природе. Даже общее знакомство с отдельными кривыми и их свойствами развивает математическое мышление, обогащает сознание многообразными связями математической теории с конкретным опытом, способствует развитию изобретательской мысли, эстетического вкуса, «приобщает к радости созерцания формы» (Клейн).

Практика разработала много методов построения кривых: метод координат (по уравнениям и данным алгебраического анализа), метод геометрических мест (множеств), метод инверсии и др. Полное раскрытие особенностей формы кривой и ее свойств возможно лишь тогда, когда кривая выражена в аналитической форме. В этом случае могут быть вычислены с целесообразной точностью координаты любой ее точки, например при изготовлении точных шаблонов в оптике, при расчерчивании на плазе обводов летательных аппаратов, судов, автомобилей и т. д.

3.1. Некоторые свойства кривых линий. Кривые линии — плоские и пространственные (двоякой кривизны) — делят на математические, определяемые уравнениями, заданными в какой-либо системе координат, и графические, определяемые только их изображением.

Математические кривые делят на *алгебраические* (их уравнения в прямоугольной системе координат — алгебраические) и *трансцендентные* (их уравнения в прямоугольной системе координат — трансцендентные).

Порядок алгебраической плоской кривой определяет степень

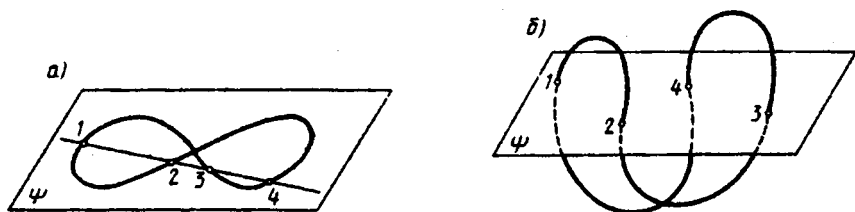


Рис. 3.1

уравнения, записываемого в прямоугольных координатах после освобождения его от дробей и радикалов в виде многочлена n -й степени, или наибольший из возможного числа действительных точек пересечения с компланарной с ней прямой; для пространственной кривой — числом точек пересечения с плоскостью, рис. 3.1, а, б.

Трансцендентные кривые могут пересекаться с плоскостью (или с компланарной с ней прямой линией) в конечном или в бесконечном количестве точек.

Излагаемый в дальнейшем материал относится только к плоским кривым.

Различают *обыкновенные* и *особые точки кривой*. Пусть некоторая кривая q образована движением точки A в направлении, указанном стрелками (рис. 3.2). Отметим на ней несколько положений точки A и проведем в них касательные. Пусть при этом в каждой точке кривой существует только одна касательная.

Легко видеть, что точка от положения A к положению A_3 двигалась в одном направлении. В одном направлении (в данном случае в направлении движения часовой стрелки) вращалась и касательная t при своем перекачивании без скольжения по кривой q от положения t до положения t_3 .

Точку кривой, в которой можно провести только одну касательную

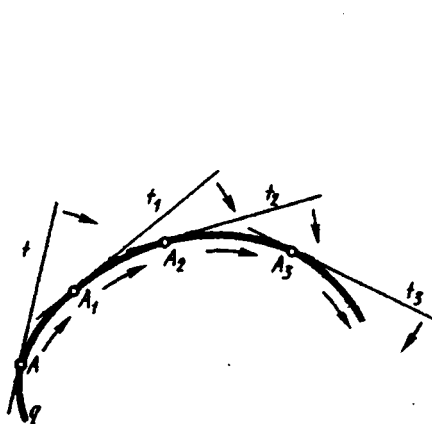


Рис. 3.2

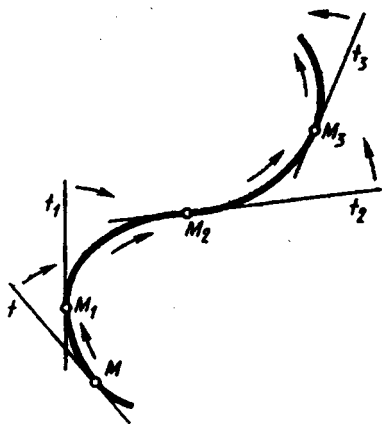


Рис. 3.3

тельную и в которой направления движения точки и вращения касательной не изменяются, называют *обыкновенной*, а кривую, состоящую из обыкновенных точек, — *гладкой*.

Точки, в которых можно провести не одну, а две и более касательных или в которых изменяется направление движения точки или вращения касательной, относят к *особым точкам* кривой. Такие точки играют большую роль в исследовании с помощью кривых тех или иных процессов в области науки и техники.

Так, на рис. 3.3 точка M не меняет направления своего движения, но касательная в точке M_2 изменяет направление вращения на обратное; точка M_2 — особая точка, называемая *точкой перегиба*. Радиус кривизны в ней бесконечно велик.

Предоставляем читателю проследить, как изменяются направления движения точки и вращения касательной в точке заострения (точке возврата первого рода, рис. 3.4, а) и в вершине клюва (точке возврата второго рода, рис. 3.4, б).

К особым точкам относятся также *точки излома*, имеющие две касательные (рис. 3.5, а, б), кратные точ-

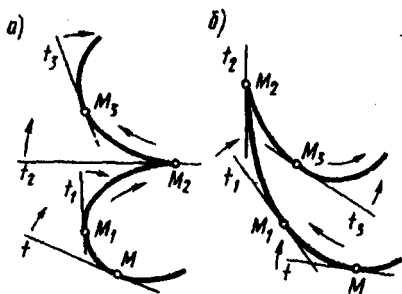


Рис. 3.4

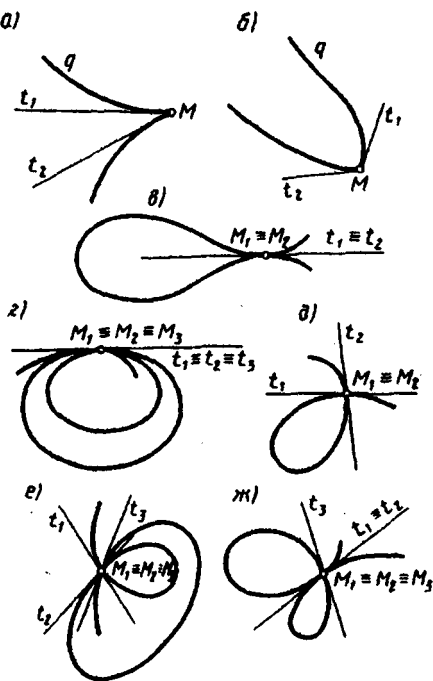


Рис. 3.5

ки: *самосоприкосновения* — двойные (рис. 3.5, в), тройные (рис. 3.5, г) и т. д., *самопересечения* — двойные (рис. 3.5, д), тройные (рис. 3.5, е) и т. д. и комбинации из них (рис. 3.5, ж).

3.2. Построение нормалей и касательных. Для некоторых алгебраических и трансцендентных кривых эти приемы изложены в п. 3.9, в общем же случае их строят приближенно, с помощью так называемых *кривых ошибок*.

Построение касательных и нормалей, нахождение точек касания с помощью кривых ошибок требуют высокой точности построений. Выполнять их надо остро отточенным твердым каран-

дашем на плотной бумаге [7].

Быстрое и достаточно точное построение нормали может быть выполнено с помощью зеркальной линейки. Линейку ставят так, чтобы ее ребро проходило через заданную точку K (рис. 3.6, а), и вращают в плоскости чертежа вокруг K до положения, при котором зеркальное отражение q' будет казаться плавным продолжением кривой q (рис. 3.6, б). Остро отточенным карандашом проводят нормаль n .

3.3. Кривизна плоской кривой. Эвольвенты и эволюты.

Проведем окружность, проходящую через точку M и пересекающую плавную кривую q в точках A и B , достаточно близко расположенных к M (рис. 3.7, а). Будем приближать A и B к M , строя каждый раз новую окружность, проходящую через эти три точки. В пределе A и B сольются с M ; окружность, которую определяют эти три бесконечно близкие точки, называют *кругом кривизны* (соприкасающейся окружностью), ее радиус — *радиусом кривизны* кривой в данной ее точке, а ее центр — *центром кривизны*. Круг кривизны может как не пересекать, так и пересекать кривую, которой он касается в данной ее точке (рис. 3.7, б).

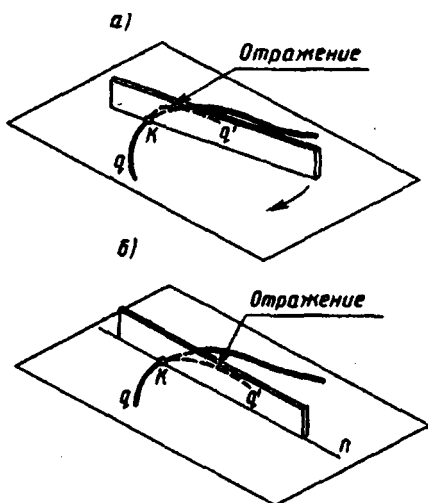


Рис. 3.6

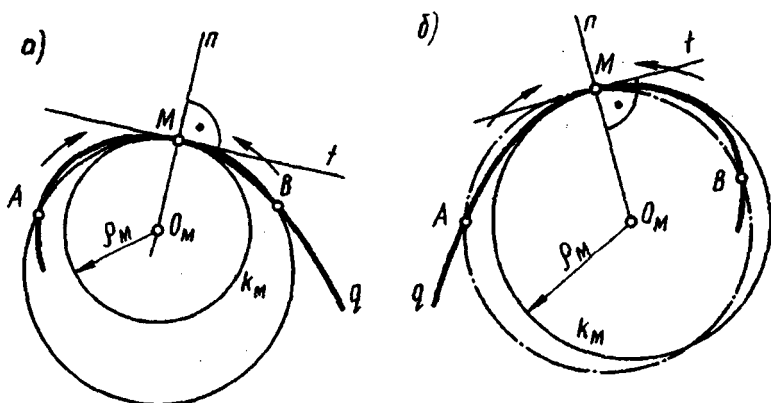


Рис. 3.7

Впишем в кривую q ломаную $A-1-2-\dots$ (рис. 3.8, а). Если натянуть нерастяжимую нить на ломаную, один ее конец закрепить в точке B , а на конце A привязать пишущее острие и сма-

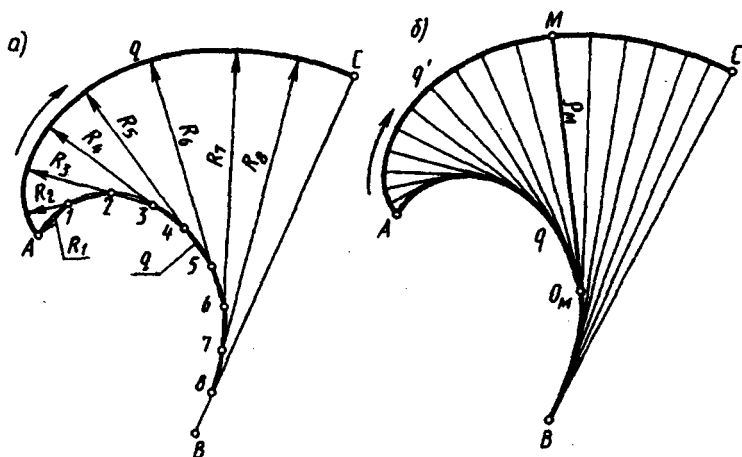


Рис. 3.8

тывать нить в натянутом состоянии с ломаной, то пишущее острие прочертит коробовую кривую, состоящую из плавно соединенных последовательных дуг окружностей $A-1,1-2,2-3$ и т. д. При непрерывном увеличении числа звеньев ломаной коробовая кривая в пределе преобразуется в монотонную кривую q' (рис. 3.8, б), и любая полукасательная, проведенная из какой-либо ее точки к кривой q , явится радиусом кривизны бесконечно малой дуги окружности, стягивающей бесконечно малое звено ломаной, а точка O_M — центром кривизны. Кривая q' называется эвольвентой (разверткой) кривой q , а последняя — эвольвентой, являющейся, как это видно из рис. 3.8, б, множеством центров кривизны всех точек эвольвенты.

Обыкновенную точку, в которой односторонне расположенный радиус кривизны, монотонно до этой точки возраставший (или уменьшавшийся), начинает монотонно же уменьшаться (или возрастать), называют *вершиной плавной кривой* (рис. 3.9).

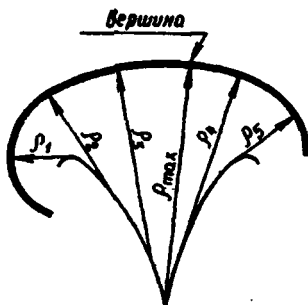


Рис. 3.9

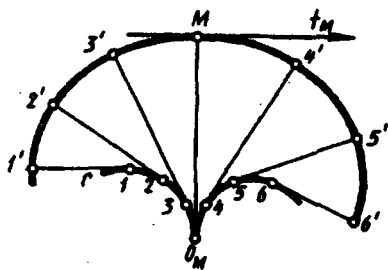


Рис. 3.10

¹ Плавная кривая, радиусы кривизны, которой увеличиваются (или уменьшаются) непрерывно и односторонне.

Кривые линии могут не иметь вершин (например, окружность, спираль Архимеда), иметь одну (например, парабола) или более вершин (например, эллипс, имеющий четыре вершины, синусоида, имеющая бесконечно большое число вершин). Круги кривизны в вершинах кривой называют вершинными или *главными* кругами кривизны кривой.

На рис. 3.10 показана эволюта кривой, имеющей вершину в точке M , а на рис. 3.11 — кривой, имеющей точку перегиба.

Эволюты и эвольвенты играют важную роль при построении и исследовании кривых линий, в частности широкое применение в технике имеет эвольвента окружности (рис. 3.12). Окружность

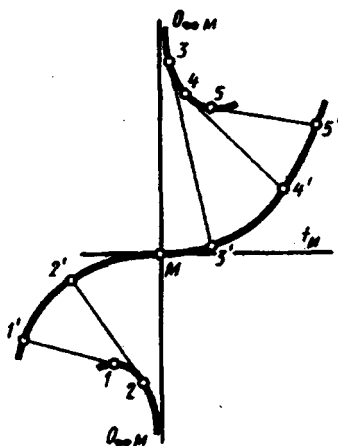


Рис. 3.11

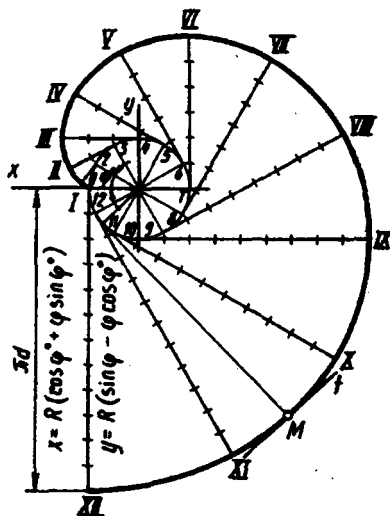


Рис. 3.12

делят на n равных частей, например 12, в точках делений проводят полукасательные и откладывают на последней 12-й полукасательной отрезок, равный длине окружности. Отрезок делят на n равных частей. На 11-й полукасательной откладывают 11 частей отрезка, на 10-й — 10 и т. д. Через полученные точки проводят с помощью лекала плавную кривую.

Если продлить каждую касательную до пересечения с соседней — первую до пересечения со второй, вторую — до пересечения с третьей и т. д., получим точки, из которых как из центров можно обвести эвольвенту с помощью циркуля. (Эвольвента в этом случае заменяется коробовой кривой.)

На рисунке показано построение касательной в произвольной точке M эвольвенты с помощью касательной (она же нормаль к эвольвенте в этой точке), проведенной из точки M к окружности.

На рис. 3.13 показано построение эвольвенты окружности, проходящей через заданную точку A . Проведена касательная

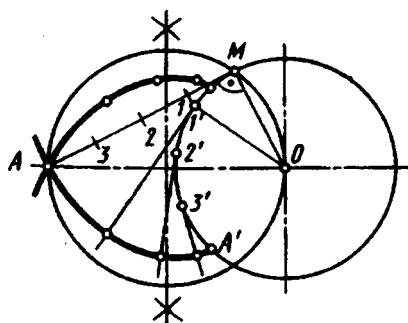


Рис. 3.13

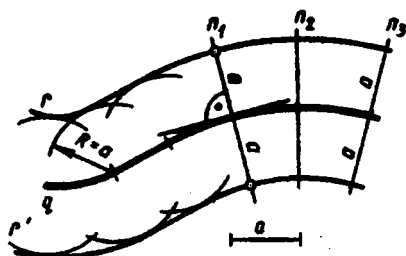


Рис. 3.14

AM , на ней отмечены точки $1, 2, 3, \dots$ так, чтобы отрезки $M-1, 1-2, 2-3, 3-A$, последовательно отложенные на кривой, образовали ломаную $M-1'-2'-3'-A'$, в наибольшей степени сливающуюся с кривой (длина дуги MA' должна быть равна длине отрезка AM). В точках $1, 2, \dots$ проведены касательные. Дальнейшее не требует пояснений.

В зависимости от вида кривой задача может иметь несколько решений, в данном примере — два. Она часто встречается в инженерной практике при проектировании режущего инструмента, шаблонов, кулачков, зубчатых зацеплений (см. рис. 9.7) и т. д.

3.4. Эквидистанты и эквитапгенты¹. Огибающие кривые. Проведем в ряде точек, взятых достаточно плотно на некоторой кривой, нормали к ней и отложим на них по обе стороны кривой один и тот же отрезок a (рис. 3.14).

Множество концов этих равных отрезков образует кривую, называемую *эквидистантой данной плоской кривой*. На рисунке эквидистанта имеет две ветви r и r' . На рис. 3.15 показана астроида q и ее эквидистанта q' (мотив, широко используемый в орнаментах). Ее уравнение $(4r=R):x^{2/3}+y^{2/3}=R^{2/3}$ или $x=R\cos^3\varphi; y=R\sin^3\varphi$.

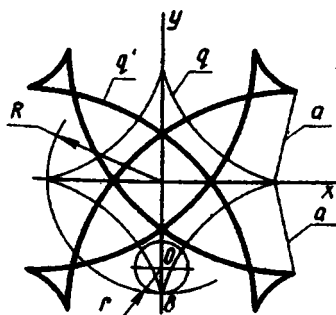


Рис. 3.15

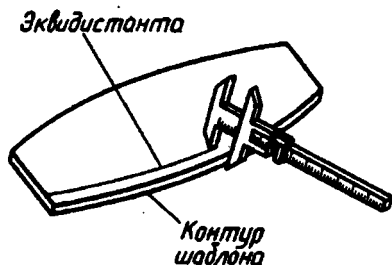


Рис. 3.16

¹ От лат. *aequidistans* — равноудаленный.

Эквидистанты широко используют при изготовлении шаблонов (рис. 3.16), копиров, при расчете траекторий режущего инструмента в станках с ЧПУ и т. д.

Пусть задано некоторое семейство линий, например окружностей (рис. 3.17), парабол (рис. 3.18).

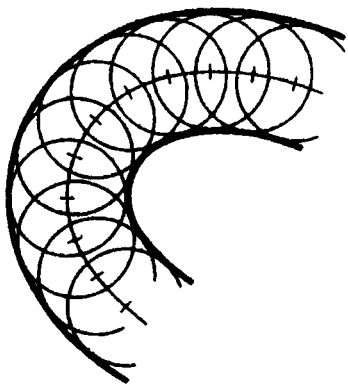


Рис. 3.17

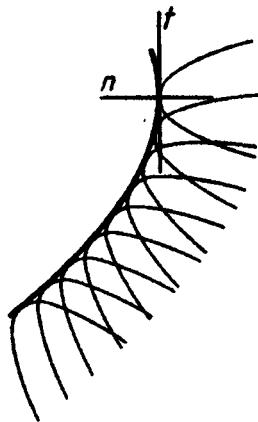


Рис. 3.18

Линию, касающуюся в каждой своей точке одной из линий заданного семейства, называют его *огибающей*. Огибающая и огибаемая имеют в точках касания общие касательную и нормаль. Эквидистантные кривые — частные случаи огибающих семейств окружностей (см. рис. 3.14).

Метод огибающих находит самое широкое применение в технике, в частности при изготовлении зубчатых колес (метод огибаания), исследовании ряда физических явлений (например, при определении зон поражения целей при стрельбе из орудий, зон слышимости), при проектировании копиров, режущего инструмента и др.

3.5. Спрямление и изгибание плоских кривых. В случаях, когда определить аналитически длину дуги какой-либо кривой нельзя или нецелесообразно, для построения отрезка, длина которого с достаточной для практики точностью равна длине спрямляемой дуги, пользуются различными графическими способами, среди которых наиболее употребительным является *способ ломаной*.

Пусть задана кривая AB . Построим отрезок $|AB| = \bar{AB}$, отметив на нем точки M и N кривой.

Вписываем в кривую ломаную $A-1-2...$ (рис. 3.19, а) так, чтобы разница в длине звеньев (хорд) ломаной и их дугами была бы практически весьма малой. Поэтому на участках, где кривизна кривой значительна, звенья ломаной делают более короткими, а на участках, где кривизна незначительна, — более длин-

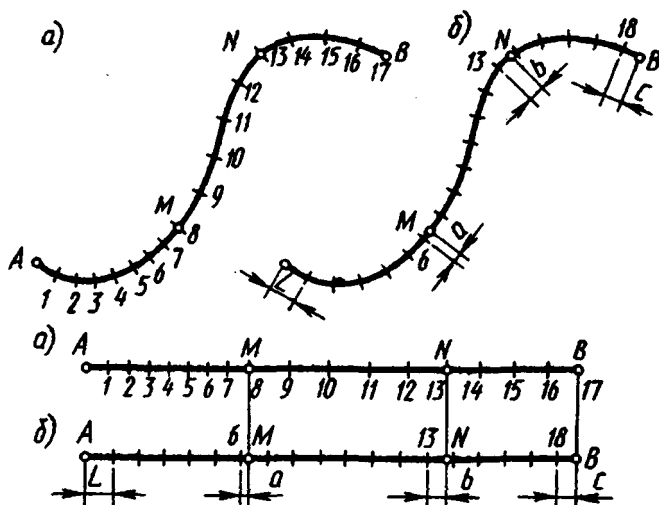


Рис. 3.19

ными. Отложив на прямой последовательно звенья ломаной, получаем отрезок, длина которого с некоторым приближением равна длине кривой.

Вписывание в кривую ломаной, звенья которой имеют разную длину, и откладывание их на прямой — процесс утомительный. Поэтому чаще задаются небольшим отрезком, практически совпадающим с участком кривой, где кривизна ее наиболее значительна, и просчитывают («шагают») с помощью циркуля-измерителя (лучше пользоваться для этой цели измерителем с микрометрическим винтом) количество отрезков («шагов»), укладываемых на заданной кривой. Такое же количество отрезков откладывают и на прямой.

Так как при таком способе вероятность совпадения конца очередного звена ломаной с заданными точками M и N мала, то перед каждой из заданных точек делают укол и записывают число звеньев ломаной, уложившихся на кривой до соответствующей точки (рис. 3.19, б). Такие же отметки делают и на прямой. Отложив от соответствующих отметок отрезки a и b , находят M и N .

Очевидно, что таким приемом можно спрямлять любую кривую, а также наворачивать на кривую линию прямую или какую-либо другую кривую, делить кривую в данном отношении или на равные части и т. д.

Длину кривой или ее дуги, заключенной между заданными на ней точками, можно также найти с помощью *курвиметра*¹, одна из конструкций которого показана на рис. 3.20. Колесико

¹ От лат. *curvus* — кривая.

прокатывают по кривой, при этом его дуга поворота пропорциональна или равна длине дуги, по которой оно прокатывалось.

3.6. Некоторые плоские кривые, наиболее часто встречающиеся в практике.

Циклические кривые (греч. цикл — колесо, круг). Они составляют весьма обширный класс кривых, образованный траекториями точек плоскости круга, катящегося без скольжения по какой-либо компланарной с ним направляющей линии. Если последняя — прямая, траектории точек представляют собой: *обыкновенную циклоиду* (или просто циклоиду) — точка принадлежит окружности катящегося круга (рис. 3.21, а); *укороченную циклоиду* — точка лежит внутри круга (рис. 3.21, б); *удлиненную циклоиду* — точка лежит вне круга (рис. 3.21, в).

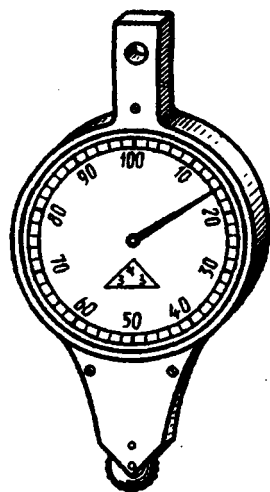


Рис. 3.20

Арку (аркаду, очевидно их число бесконечно) циклоиды строят так: на направляющей прямой откладывают отрезок, равный длине окружности катящегося круга, и делят его на n равных частей (рис. 3.21, а). В точках делений восставляют перпендикуляры. На то же число равных делений делят окружность и через них проводят прямые, параллельные направляющей. Когда

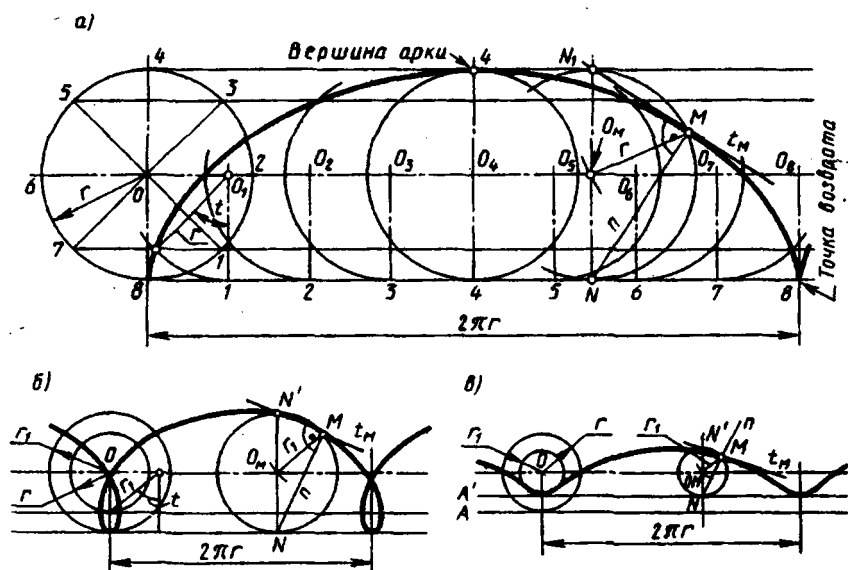


Рис. 3.21

круг из положения O переместится в положение O_1 , точка 8 поднимется до параллели 7. На этом основании засекают из центра O_1 радиусом, равным радиусу круга, точку на параллели 7, из O_2 засекают точку на параллели 6 и т. д. Через полученные точки проводят плавную кривую.

Касательную в произвольной точке циклоиды строят так: находят положение катящегося круга, когда он проходит через заданную точку M , и проводят через найденный центр O_M диаметр NN_1 . Отрезок NM определит полуноrmаль, а N_1M — полукасательную. Параметрическое уравнение циклоиды имеет вид:

$$x=r(t-\sin t), \quad y=r(1+\cos t).$$

Аналогично строят укороченную и удлиненную циклоиды с тем лишь отличием, что параллели проводят через точки деления вспомогательного круга радиусом $r_1=OM$ (рис. 3.21, б, в); этим радиусом и делают засечки из центров O_1, O_2, \dots на соответствующих горизонталях.

При качении круга по кругу, в зависимости от соотношения радиусов катящегося, направляющего и вспомогательного кругов ($0 \leq R \leq r'$; при $R=\infty$ имеем циклоиду, при $r=\infty$ — эвольвенту круга), можно получать самые разнообразные кривые — алгебраические и трансцендентные. Круг, катящийся по внешней стороне направляющего круга, образует *эпициклоиды*, по внутренней — *гипоциклоиды*.

Способы их построения и проведения к ним касательных и нормалей в общем случае такие же, как и для циклоиды, с тем лишь отличием, что длину окружности катящегося круга откладывают на направляющем круге. На рис. 3.22 показано построение по одной арке эпициклоиды обыкновенной (или просто эпи-

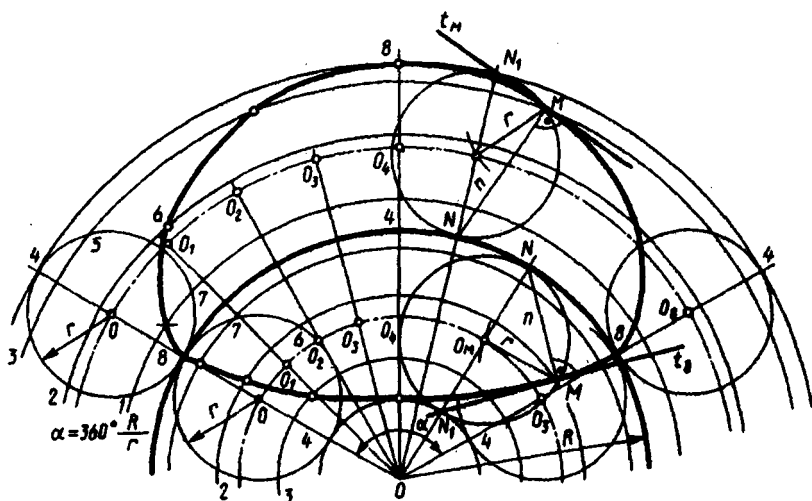


Рис. 3.22

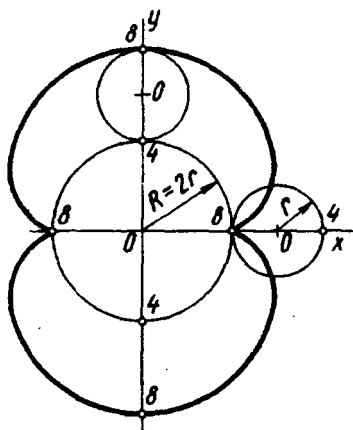


Рис. 3.23

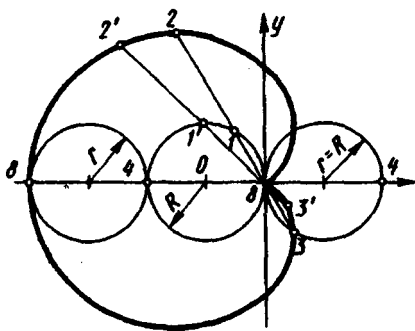


Рис. 3.24

циклоиды) и гипоциклоиды обыкновенной (или просто гипоциклоиды). На рис. 9.7, б — пример применения этих кривых при профилировании зубьев зубчатых колес. Здесь головка зуба очерчена по дуге эписцилоиды, а ножка — по дуге гипоциклоиды.

Катающийся круг может образовывать целое число арок (рис. 3.23), дробное и бесконечное их число, когда точка 8 не может вернуться в свое первоначальное положение.

Эписцилоиду с одной аркой ($r=R$) называют кардиоидой (похожей на сердце). Для любого луча, выходящего из точки 8 (рис. 3.24), справедливо равенство $1-2=1'-2'=1-3=1'-3'=\dots=2r$. На этом основан весьма простой способ построения кардиоиды: проводят лучи и на них откладывают от точек 1, 1', ... по обе стороны отрезки, равные $2r$. Ее уравнение:

$$(x^2 + y^2 + 2rx - 4r^2(x^2 + y^2)) = 0.$$

Примером удлиненных ($r > R$, рис. 3.25) и укороченных ($r < R$, рис. 3.26) эписцилоид могут служить улитки Паскаля. Их используют, в частности, в очертаниях эксцентрик, преобразующих вращательное движение в прямолинейное возвратно-поступательное. Построения аналогичны построению кардиоиды.

Пример гипоциклоиды с целым числом арок см. на рис. 3.23.

3.7. Спирали (от лат. *spira* — изгиб, виток) — плоские кривые линии, бесчисленное множество раз обходящие некоторую точку, с каждым обходом приближаясь или удаляясь от нее. В технике широко используют *архимедову спираль*, образуемую точкой, равномерно движущейся по прямой, равномерно вращающейся вокруг неподвижной точки. Построение по заданному шагу a : окружность и ее радиус, равный шагу, делят на одинаковое число равных частей и проводят лучи, как показано на рис. 3.27. На первом луче откладывают отрезок, равный a/n , на втором $2a/n$ и т. д. Для построения касательной и нормали

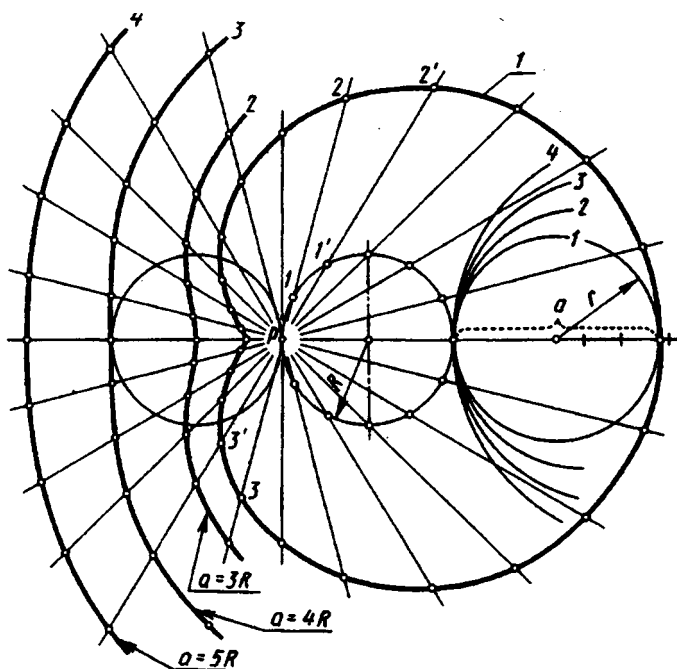


Рис. 3.25

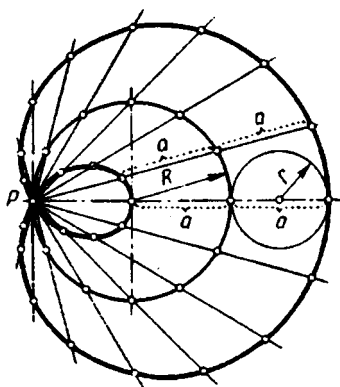


Рис. 3.26

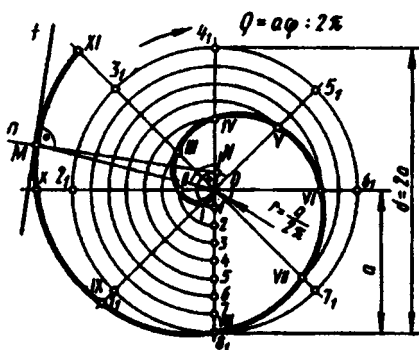


Рис. 3.27

в заданной точке проводят вспомогательную окружность, длина которой равна шагу a . Соединяют M с O , строят $ON \perp MO$. Прямая MN — нормаль, $t \perp n$ — касательная. Архимедова спираль имеет две ветви. Вторая ветвь получится, если вращать прямую против движения часовой стрелки.

На рис. 3.28 — пример использования спирали Архимеда в очертании твердосплавной коронки для режущего инструмента.

Эвольвенты также относятся к спиральям; они имеют две ветви в зависимости от направления развертывания кривой.

На практике используют и спирали, составленные из дуг окружностей (их называют *завитками*), проводимых из двух, трех и более центров, расположенных в вершинах правильных многоугольников (на рис. 3.29 из двух центров — O_1 и O_2).

На рис. 3.30 — пример использования четырехцентрового завитка в очертании центробежного вентилятора.

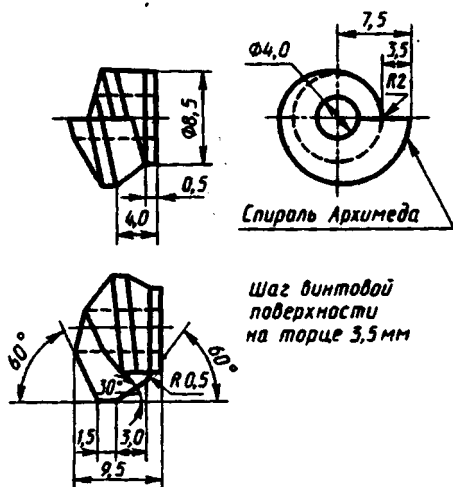


Рис. 3.28

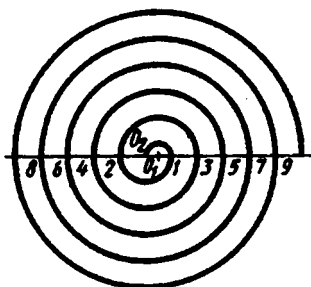


Рис. 3.29

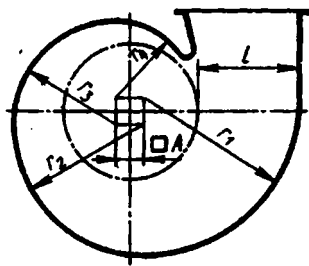


Рис. 3.30

На рис. 3.31 даны графики синусоид: обыкновенной, со сдвигом периода, с увеличенной амплитудой, с измененным периодом полного колебания (сжатие к оси y) и т. д. Их построение ясно из чертежа. Применяют их при исследовании колебательных процессов, в очертаниях кулачков и т. п.

Построение нормали и касательной к синусоиде в данной на ней точке M и ей симметричной — N показано на рис. 3.32. В точках M' и N' проводят касательные и на них откладывают отрезки $N'L'$ и $M'K'$, равные длине дуги $N'M'$. В точках M и N восстанавливают перпендикуляры до пересечения с горизонталями. MK и NL определяют касательные, а перпендикуляры к ним — нормали. (Окружность и синусоиду здесь рассматривают как проекции цилиндрической винтовой линии. Кривые $N'K'$ и $M'L'$ — эвольвенты. Можно использовать эвольвенты $E'Z$ и $F'Z$, но построение будет менее точным.)

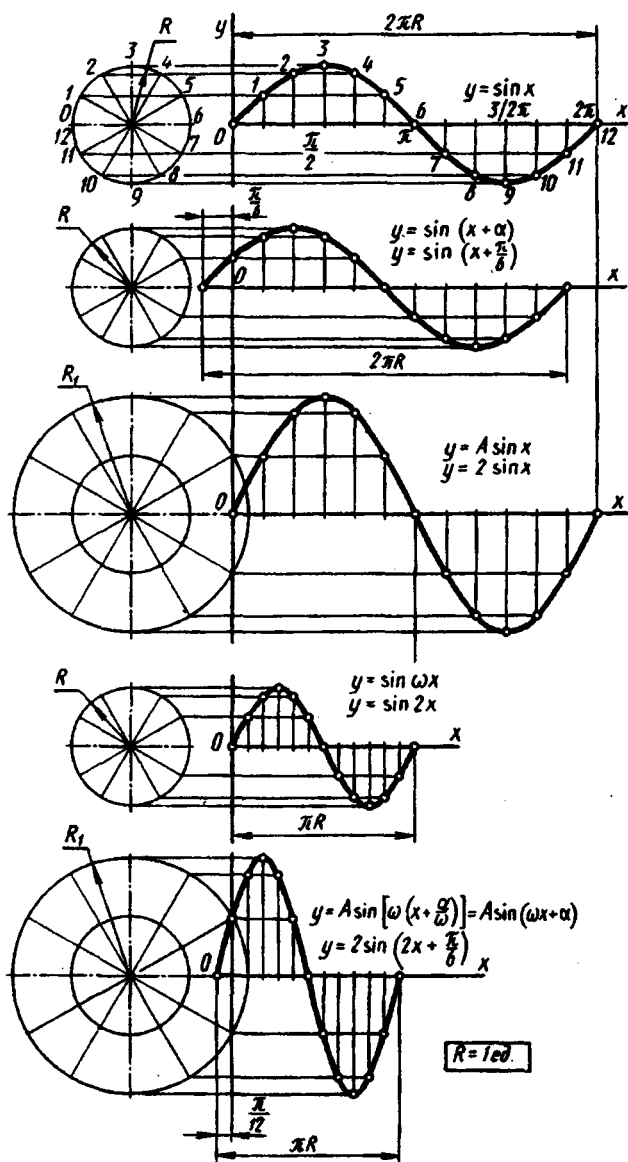


Рис. 3.31

3.8. Кривые 2-го порядка (коники). Открытие конических сечений приписывают Менехму (IV в. до н. э.). Их теорию обстоятельно развил Аполлоний Пергский (III в. до н. э.), рассматривая плоские сечения конусов с круговым основанием. Им же даны названия этим кривым (в переводе с греческого «эллипс»

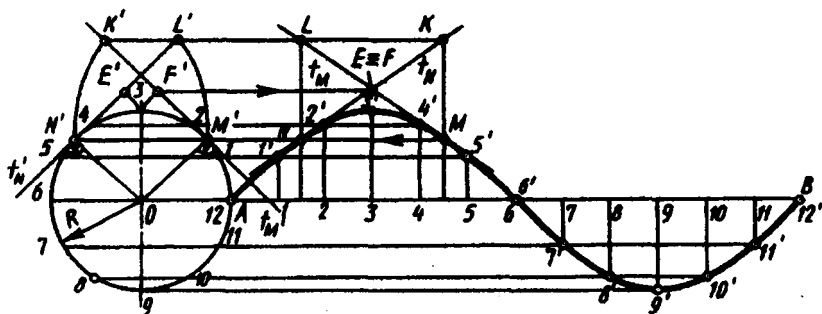


Рис. 3.32

означает недостаток, «гипербола» — избыток, «парабола» — равенство).

Все три вида коник можно также получить в сечениях однополостного и двухполостного гиперболоидов (рис. 3.33).

Замечательные свойства коник — геометрические, баллистические, оптические, акустические, эстетические и др. — широко используют в самых разнообразных отраслях науки и техники, при исследовании многих процессов и явлений. Много литературы посвящено их свойствам, способам построения, практическому

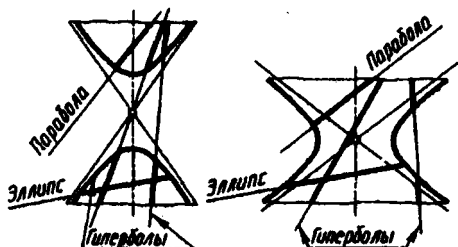


Рис. 3.33

Вероятно, многим известны ажурные башни знаменитого русского инженера В. Г. Шухова¹, составленные из отрезков образующих прямых отсеков гиперболоидов вращения. По коникам очерчены обводы некоторых частей самолетов, обводы судов, мостовые фермы, элементы многих деталей машин. По коникам совершают движение наши космические корабли.

«Штриховые изображения можно полностью описать с помощью конечного числа кривых и дуг. Если эти кривые имеют простое аналитическое описание (например, коники), то возможно очень сжатое описание такого изображения. Такой подход используется во всех системах графической информации для вычислительных машин»².

Существует много способов образования и построения коник.

¹ В. Г. Шухов (1853—1939) — выдающийся русский инженер и ученый, почетный академик, автор многих научных исследований, инженерных решений и изобретений.

² Розенфельд А. Распознавание и обработка изображений. М., 1972. С. 42.

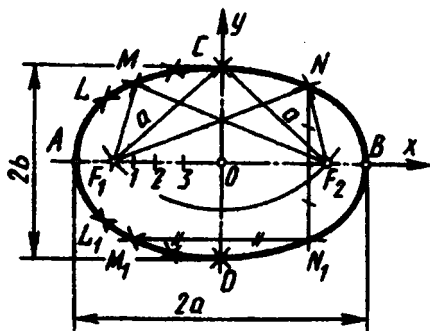


Рис. 3.34

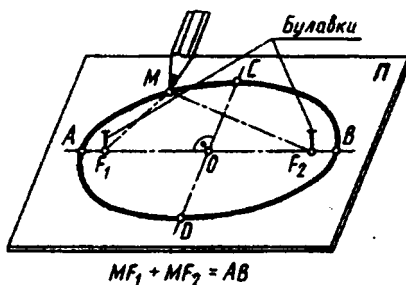


Рис. 3.35

Их можно рассматривать как прямые, получаемые при сечении плоскостью конуса 2-го порядка; как множество точек плоскости, координаты которых удовлетворяют заданному уравнению 2-й степени; как проекции окружности; как кривые, получающиеся при пересечении двух проективных пучков прямых (проективное образование); как траектории точки, прямой или окружности, совершающей определенное движение (кинематическое образование); как огибающие и др. Выбор способа образования и, следовательно, построения зависит от условий задачи.

Э л л и п с — множество точек плоскости, сумма расстояний (радиусов-векторов) каждой из которых до двух данных точек той же плоскости (фокусов)¹ есть величина постоянная (равная $2a$ — большой оси эллипса). На этом свойстве, называемом фокальным, основано построение эллипса, когда заданы большая ось и фокусы (рис. 3.34). Намечают несколько точек $1, 2, 3, \dots$ между центром O эллипса и одним из фокусов, из F_1 проводят дугу радиуса $A1$, а из F_2 — дугу радиуса $1B$. В пересечении получают две точки эллипса M и M_1 . Затем проводят из F_1 дугу радиуса $A2$ и засекают ее из F_2 дугой радиуса $2B$, получают точки L и L_1 и т. д. Точки N и N_1 строят как точки, симметричные M и M_2 относительно осей эллипса. Проводя из фокусов дуги радиуса a , получают в их пересечении вершины C и D малой оси эллипса. Если даны оси эллипса, то фокусы находят как точки пересечения с большой осью дуги $R=a$, проведенной из C или D . Каноническое уравнение эллипса, отнесенное к его осям, имеет вид

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

На фокальных свойствах эллипса основано непрерывное построение очертания эллипса с помощью нити длиной, равной большой оси (простейший эллипсограф (рис. 3.35)².

¹ От лат. focus — огонь, очаг.

² Этот прием построения эллипса изложен в книге «Приемы циркуля и линейки», изданной в 1709 г. под ред. Петра I.

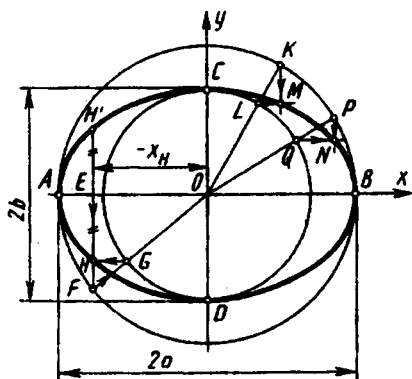


Рис. 3.36

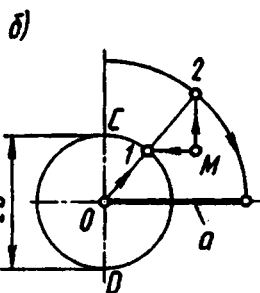
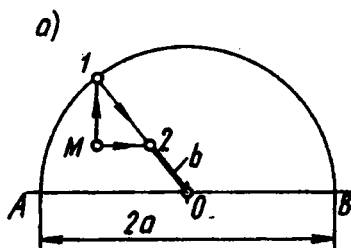


Рис. 3.37

Если перемещать острие карандаша, держа нить в натянутом состоянии, то она прочертит половину эллипса. При хорошем качестве нити и острия карандаша можно получить эллипс, весьма близкий к аналитически заданному эллипсу. На этом принципе основаны некоторые эллипсографы.

Наиболее просто строят эллипс с помощью концентрических окружностей, построенных на осях как на диаметрах (рис. 3.36). Проводят лучи с равными или неравными между ними углами и через точки их пересечения с большой окружностью проводят прямые, параллельные малой оси, а с малой окружностью — параллельно большой оси. Их пересечения — точки эллипса. Этим приемом удобно определять ординаты точек эллипса по заданным абсциссам и наоборот. На нем же основано нахождение второй оси эллипса по заданной одной — большой (рис. 3.37, а) или малой (рис. 3.37, б) и какой-либо его точки M , широко применяемое на практике. Ход построения показан стрелками.

На рис. 3.38, а показано построение эллипса, заданного осями, с помощью двух проективных пучков, выходящих из точек A и B и делящих стороны прямоугольника на равное число частей (или в одном и том же отношении, что позволяет получать дополнительные точки эллипса там, где его кривизна изменяется более резко).

Рис. 3.38, б — параллельная проекция рис. 3.38, а. Оси эллипса спроектировались в его сопряженные диаметры, а прямоугольник — в параллелограмм. Пучки можно проводить из концов малой оси, а следовательно, из концов любого сопряженного диаметра.

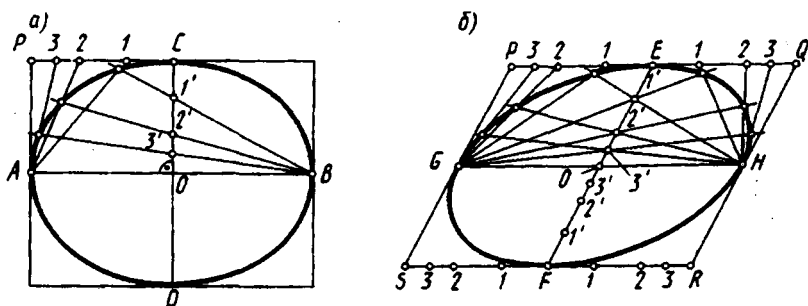


Рис. 3.38

Кривую достраивают повторением приема в других квадрантах, как на рис. 3.38, б, или используя прямую или косую симметрию, как на рис. 3.36.

Напомним, что любая особенность плоской кривой влечет за собой ту же особенность ее невырожденной параллельной проекции. Так, проекция касательной явится касательной к проекции кривой, проекция несобственной точки всегда несобственная точка, не изменяется порядок алгебраической кривой (проекция кривой 2-го порядка всегда кривая 2-го порядка, 3-го порядка — 3-го и т. д., изменяются только их параметры) (рис. 3.39).

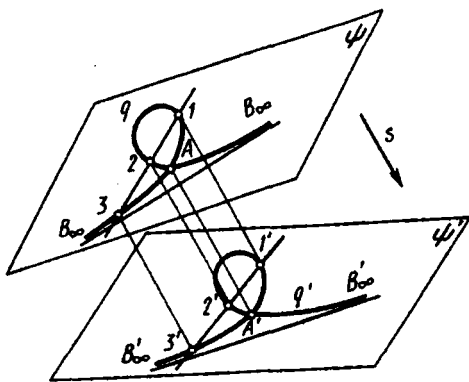


Рис. 3.39

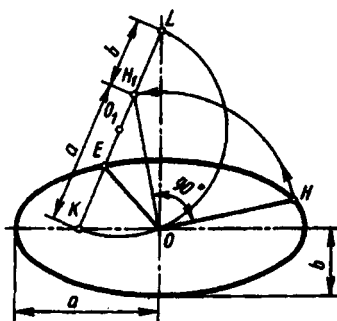


Рис. 3.40

Построение осей эллипса по заданным его сопряженным диаметрам. Поворачивают один из сопряженных полу диаметров на 90° (рис. 3.40). Полученную точку H_1 соединяют с точкой E и из точки O_1 , делящей отрезок H_1E пополам, проводят дугу радиуса OO_1 . Точки L и K определяют направление осей, а их величины — отрезки KH_1 и H_1L . Построение не изменится, если использовать острый угол между сопряженными полу диаметрами.

Гиперболы — множество точек плоскости, разность расстояний (радиусов-векторов) которых до двух данных точек

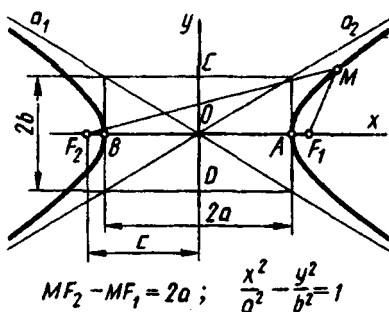


Рис. 3.41

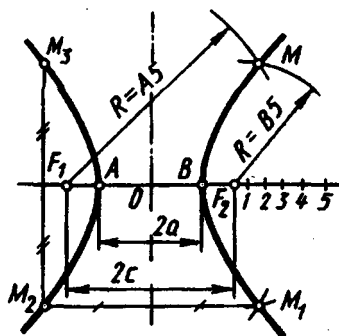


Рис. 3.42

той же плоскости (фокусов) есть величина постоянная (равная $2a$ — действительной оси гиперболы, рис. 3.41).

На этом свойстве точек гиперболы, называемом фокальным, основано построение гиперболы, когда заданы ее действительная ось и фокусы.

Отмечают точки 1, 2, 3, ... (рис. 3.42), постепенно увеличивая расстояния между ними, и проводят из фокуса F_1 дуги радиусами, равными отрезкам $A1, A2, \dots$, а из F_2 — отрезкам $B1, B2, \dots$. Пересечения дуг $A1$ с $B1$, $A2$ с $B2$ и т. д. — точки гиперболы.

Для построения левой ветви кривой из точки F_2 проводят дуги радиуса $A1, A2, \dots$, а из F_1 — радиуса $B1, B2, \dots$, но можно использовать осевую или центральную симметрию, как это сделано на чертеже. Мнимую ось CD и асимптоты a_1 и a_2 строят одним из приемов, показанных на верхней и нижней частях рис. 3.43. Если даны только оси, то фокусы определяют пересечением окружности, описанной вокруг построенного на осях прямоугольника, с осью x .

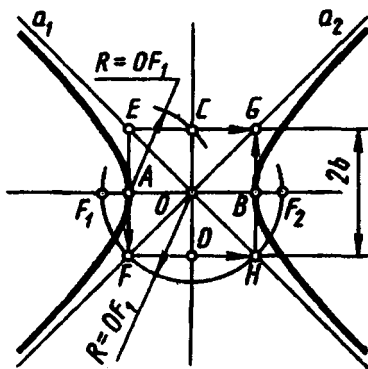


Рис. 3.43'

Построение гиперболы по ее точке M и асимптотам. Проводят через точку M параллели асимптотам и произвольные полу диаметры гиперболы $01, 02$ и т. д. (рис. 3.44, а), пересекающие эти параллели. Построение точек гиперболы показано на чертеже стрелками. Если спроецировать рис. 3.44, а на пл. Π_1 , не параллельную Π , то получим рис. 3.44, б. Следовательно, указанное построение действительно для любого угла между асимптотами. Теперь можно построить ее фокусы и мнимую ось (см. рис. 3.43). При необходимости вторую ветвь

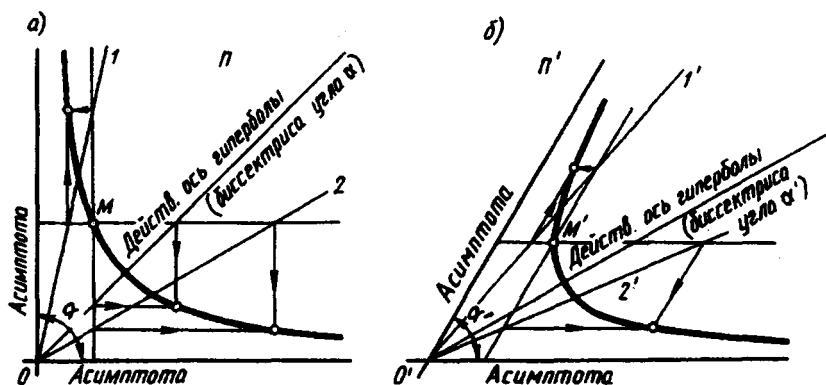


Рис. 3.44

гиперболы строят как центрально симметричную построенной, используя ее диаметры.

Этот прием широко используют в технике, в частности при построении индикаторных диаграмм тепловых двигателей.

Парабола — множество точек плоскости, равноудаленных от точки (фокуса) и прямой (направляющей, директрисы), лежащих в этой же плоскости (рис. 3.45). Величина p — расстояние между фокусом и направляющей — параметр параболы. На этом свойстве основано построение параболы по заданному фокусу F и направляющей (рис. 3.46). Через фокус проводят главный диаметр (ось) параболы перпендикулярно направляющей. Отрезок HF делят пополам и находят вершину A параболы. На оси вправо от точки A отмечают несколько произвольно выбранных точек, проводят через них вспомогательные прямые, перпендикулярные оси, и делают на них из фокуса F засеч-

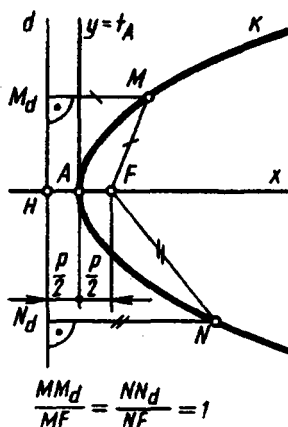


Рис. 3.45

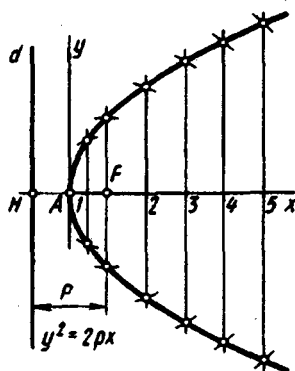


Рис. 3.46

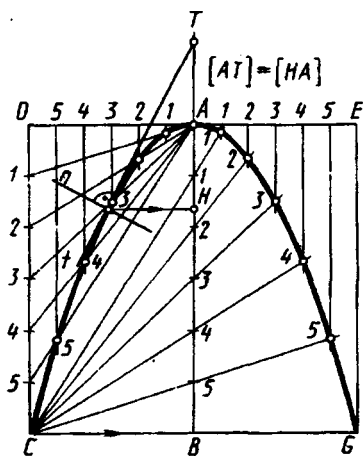


Рис. 3.47

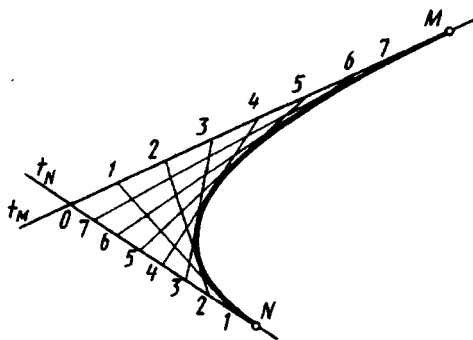


Рис. 3.48

ки; на первой радиусом, равным отрезку $H1$, на второй — отрезку $H2$ и т. д. Через полученные точки проводят плавную кривую.

Построение параболы по вершине, оси и одной ее точке C показано на рис. 3.47. Лучи можно проводить из вершины A или из данной точки C . (О построении касательных см. п. 3.12.)

Построение параболы по двум касательным и точкам касания на них (рис. 3.48). Каждую сторону угла делят на одинаковое число равных частей. Прямые, соединяющие одинаково обозначенные точки, — касательные, обертывающие параболу. Этот прием используют при построении очертаний по параболе ребер жесткости (рис. 3.49) и в других подобных случаях.

Если дано очертание параболы и требуется провести ее ось, то проводят две любые параллельные хорды и через их середины — диаметр. Ось пройдет через середину любой хорды, перпендикулярной диаметру.

3.9. Построение касательной и нормали к конике. Касательная является биссектрисой внешнего (у эллипса и параболы) или внутреннего (у гиперболы) угла, образованного радиусами-векторами, проведенными через заданную точку кривой, а нормаль — биссектрисой внутреннего или внешнего угла соответственно. На этом свойстве и основано их построение (рис. 3.50).

Зададим какую-либо точку M на окружности и проведем в ней касательную t , сопряженные диаметры MN и KL и хорду PQ (рис. 3.51, а, б).

Если спроецировать полученную фигуру

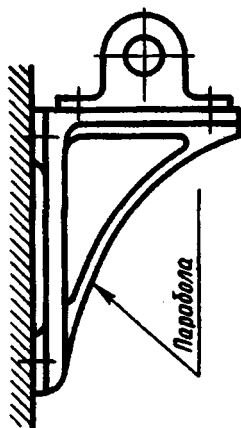


Рис. 3.49

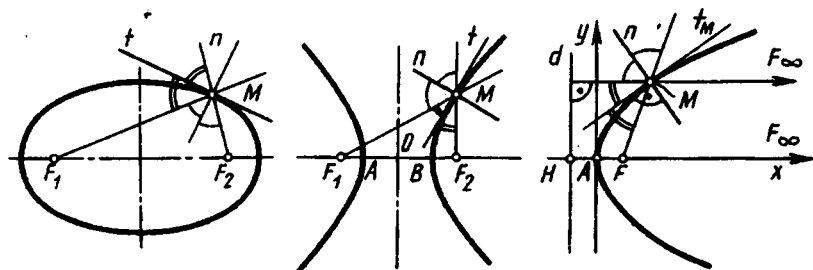


Рис. 3.50

на некоторую плоскость, окружность в общем случае спроецируется в эллипс, ее диаметры — в сопряженные диаметры эллипса, касательная к окружности — в касательную к эллипсу, параллельную сопряженному диаметру KL . На этом основан способ построения касательной в заданной точке M эллипса. Проводят диаметр MN и строят ему сопряженный с помощью вспомогательной хорды PQ . Касательная t пройдет параллельно KL . Если центр эллипса не задан, то его находят с помощью двух пар вспомогательных хорд приемом, показанным на рис. 3.51.

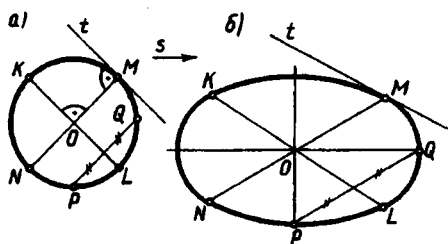


Рис. 3.51

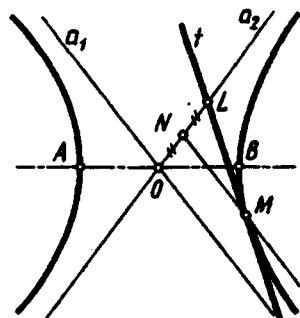


Рис. 3.52

На рис. 3.52 — удобный способ проведения касательной к гиперболе (способ асимптот). Через точку M проведена прямая $MN \parallel a_1$ и отложен отрезок $NL = ON$. Прямая ML — искомая касательная.

Простой способ построения касательной к параболе в заданной ее точке дан на рис. 3.53. (Обоснование см. в п. 3.1.)

Построение касательной из точки, расположенной вне коники. Из P проводят окружность, проходящую через один из фокусов, например через F_2 , а из другого фокуса F_1 (рис. 3.54 и рис. 3.55) — окружность $R = AB$.

Искомые касательные t и t_1 перпендикулярны прямым EE_2 и GF_2 соответственно, а их точки касания M и M_1 лежат на прямых F_1E и F_1G .

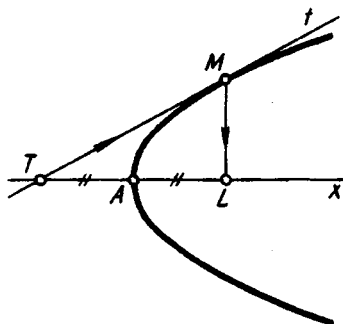


Рис. 3.53

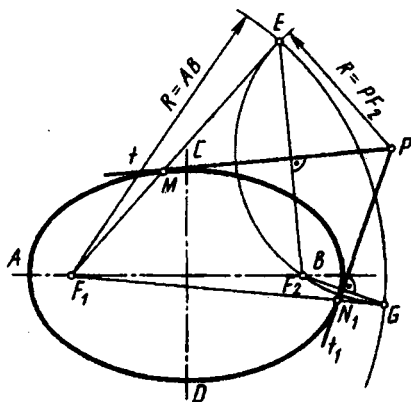


Рис. 3.54

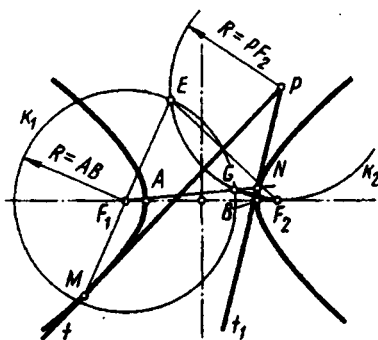


Рис. 3.55

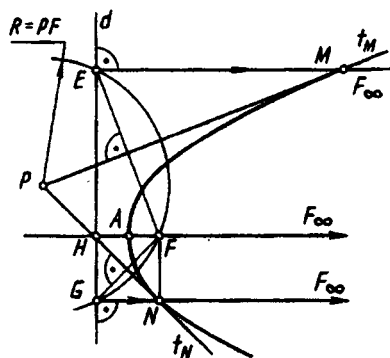


Рис. 3.56

На рис. 3.56 показано проведение касательных из точки, расположенной вне параболы. Построение аналогично показанному на рис. 3.58 и 3.59 с тем лишь отличием, что радиус второй дуги равен бесконечности.

Указанное построение можно использовать для нахождения точки касания на заданной касательной, взяв на ней произвольную точку P . Дальнейшее не требует пояснений.

3.10. Круги кривизны коник. Диаметр их главных кругов кривизны (вершинных) равен $2p$ — хорде, проведенной через фокус перпендикулярно оси. Эллипс имеет второй круг кривизны с центром на малой оси.

На рис. 3.5, а, б, в показан общий прием построения центра O_1 круга кривизны в произвольной точке N коники. Во всех трех случаях построена нормаль, в точке ее пересечения с осью коники восставлен перпендикуляр до пересечения с радиусом-вектором (у параболы он направлен в бесконечно удаленный фокус). Дальнейшее не требует пояснений.

3.11. Подеры коник. Подерой (греч. *podos* — нога) данной плоской кривой называют множество оснований перпендикуляров, опущенных из какой-либо точки плоскости (полюса) кривой на касательные к ней (рис. 3.58). Любая кривая (называемая в этом случае антиподерой) имеет бесчисленное множество

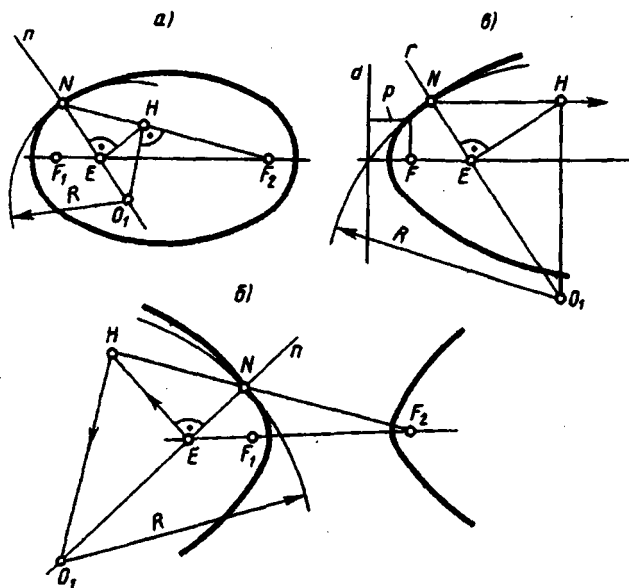


Рис. 3.57

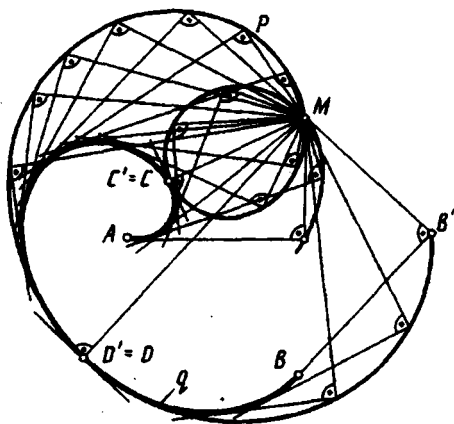


Рис. 3.58

подер, вид которых зависит от выбора полюса. Подеры эллипса и гиперболы относительно фокусов — их главные окружности относительно центров — лемнискаты Бута. Особо разнообразны подеры параболы: относительно фокуса — ее главная касательная (рис. 3.59, а), относительно полюса MEI_A — офиурида (греч. *orphiuridea* — змея), относительно вершины — циссоида Диоклея (рис. 3.59, б, в) и т. д. Кардиоида (см. рис. 3.24) и улитки Паскаля (см. рис. 3.25 и 3.26) — подеры окружности, когда полюс взят на окружности, вне или внутри ее соответственно (рис. 3.60).

Свойство подер широко используют при решении различных технических и геометрических задач. Простейший пример: даны ось, вершина параболы и касательная к

ней. Найти фокус (рис. 3.59, б). Проводят подеру и в точке пересечения с касательной восстанавливают перпендикуляр до пересечения с осью. Обратным построением находят вершину, если вместо нее задан фокус.

Аналогично находят фокусы эллипса или гиперболы, если задана касательная к кривой и ее действительная (большая) ось.

3.12. Инженерный дискриминант коник. В аналитической геометрии доказывается, что коника определяется пятью независимыми геометрическими параметрами: пятью линейно независимыми точками, или пятью касательными (рис. 3.61, а, б), или

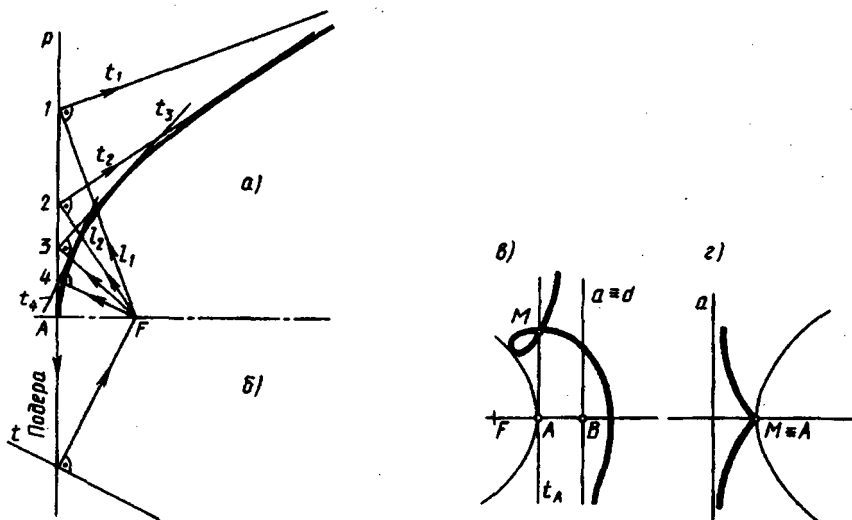


Рис. 3.59

любой комбинацией из касательных и точек, удовлетворяющих указанным условиям. На практике часто конику задают двумя касательными к ней, точками касания на них и еще какой-либо ее точкой. Однако в этих случаях вид кривой не всегда может быть заранее предусмотрен. Более удобный для практики способ задания коники — это задание ее двумя касательными, точками касания на них и инженерным (графическим) дискриминантом (рис. 3.62).

Отношение отрезков NM и TM медианы называют дискриминантом f коники, заданной графически. Для эллипса $0 < f < 0,5$; для параболы $f = 0,5$; для гиперболы $0,5 < f < 1$. (К такому выводу легко прийти, рассматривая, например, рис. 4.14.)

Для одной и той же коники (за исключением параболы) дискриминант может принимать различные значения в зависимости от угла между касательными и положениями точек касания на них.

Задание коник инженерным дискриминантом широко используют в технике, а также при решении соответствующих геометрических задач. Так, на рис. 3.63 парабола задана осью и касательной с точкой касания (заданы пять независимых парамет-

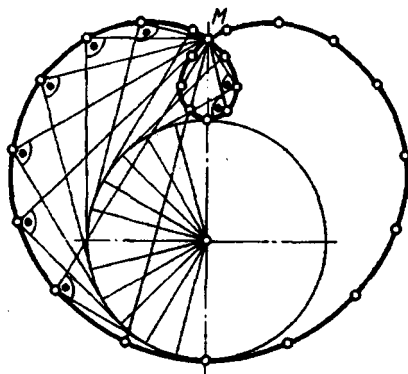


Рис. 3.60

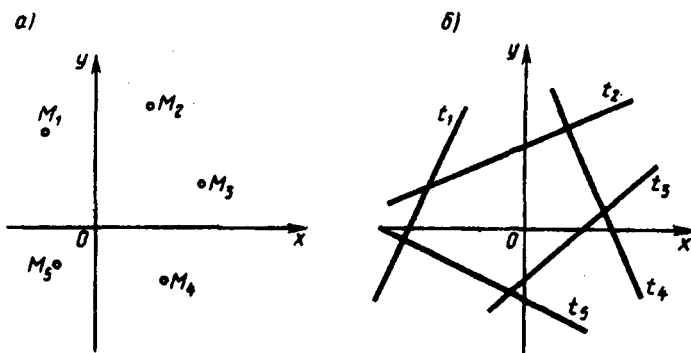


Рис. 3.61

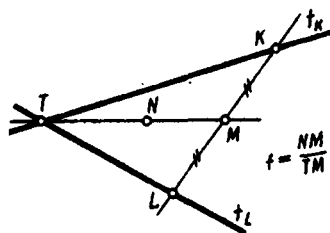


Рис. 3.62

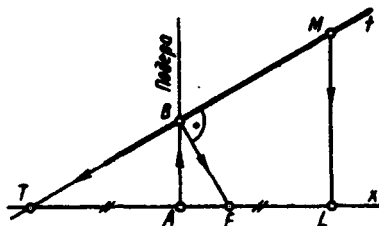


Рис. 3.63

ров). Построить вершину и фокус. Опускают из M перпендикуляр на x , продолжают касательную до пересечения с осью. Точка A , делящая полученный отрезок TL пополам, — вершина параболы ($f=0,5$). Дальнейшее ясно из чертежа.

Более общий случай показан на рис. 3.64. Заданы касательные в точках M и N . Медиана TL определяет направление одного из диаметров параболы, а следовательно, и оси. Зная, что касательная к конике — биссектриса угла, образованного радиусами-векторами, проведенными в точку касания, находят их направления (лучи) в точках M и N . Пересечение лучей определит положение фокуса. Дальнейшее не требует пояснений.

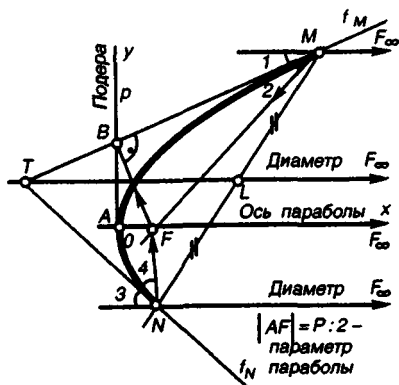


Рис. 3.64

Особенно удобно пользоваться инженерным дискриминантом при построении плавных переходов с одной коники на другую (удобство выбора переходной кривой — эллипса, гиперболы или параболы), рис. 3.65, а.

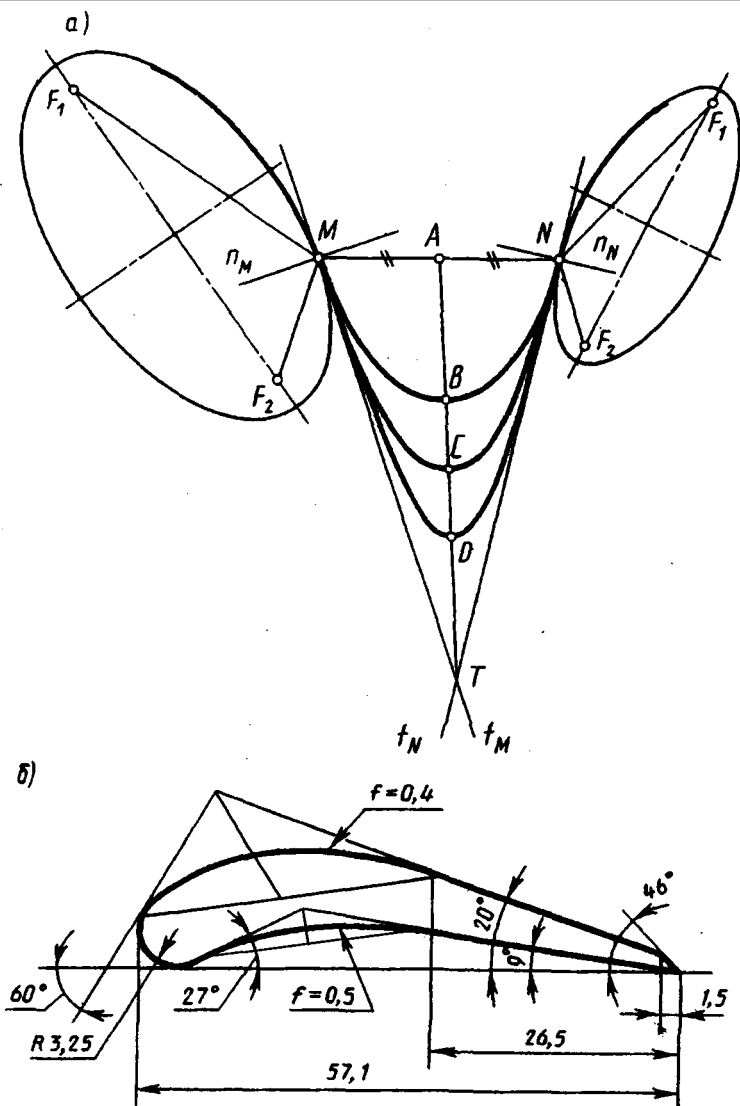


Рис. 3.65

На рис. 3.65, б — пример использования инженерных дискриминантов в технике: профиль лопатки турбины двигателя задан дугой окружности, двумя дугами коник и касательными к ним прямыми.

3.13. Коники как циклические кривые. Множество центров окружностей, касающихся данной окружности (направляющей) и проходящих через данную точку, образуют некоторую конику. Данная точка M и центр направляющей окружности O — фокусы коники.

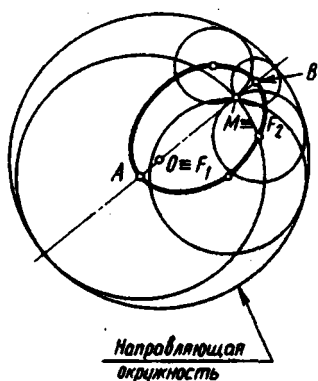


Рис. 3.66

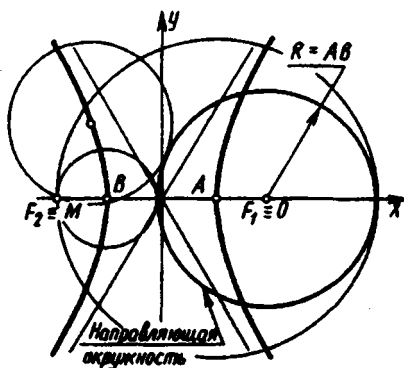


Рис. 3.67

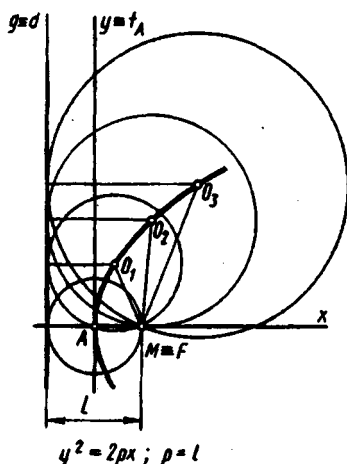


Рис. 3.68

Если точка расположена внутри окружности — образуется эллипс (рис. 3.66), вне — гипербола (рис. 3.67), если радиус направляющей окружности равен бесконечности — парабола (рис. 3.68).

Точка M может быть заменена окружностью. В этих случаях множества определяют одну или две коники.

Определение параметров коник, заданных таким образом, не представляет трудностей.

Упражнение. Определите параметры коник как множества центров окружностей, касающихся двух данных окружностей или окружности и прямой (рис. 3.69, а...д). Размерами окружностей задайтесь самостоятельно, руководствуясь рисунком.

Этот способ образования коник особенно удобен в случаях, когда конструктор встре-

чается с необходимостью решения конструктивных задач, в основе которых лежат некоторые частные случаи задачи Аполлония.

Простейший пример приведен на рис. 3.70. Требуется определить величину R_1 дуги окружности (или координаты ее центра), касательной к прямым a и b и окружности R_{120} , в предположении необходимости сохранения заданных габаритных размеров 90 и 160.

Центр искомой дуги должен лежать на биссектрисе угла, образованного прямыми a и b , и на параболе, образованной множеством центров окружностей, касающихся внутренним образом окружности R_{120} и прямой b (рис. 3.70). Уравнения биссектрисы и параболы в выбранных осях координат легко определяются. Их совместное решение дают координаты центров 1 и 2, из которых конструктор выбирает нужные: $x=40,45$ мм, $y=69,55$ мм. В вычерчивании параболы и биссектрисы нет необходимости. На рисунке они показаны для наглядности.

Отметим, что в общем виде задача имеет восемь решений и что координаты центров искомых окружностей могут быть вычислены с точностью, требуемой задачей. (При графическом решении трудно добиться необходимой точности

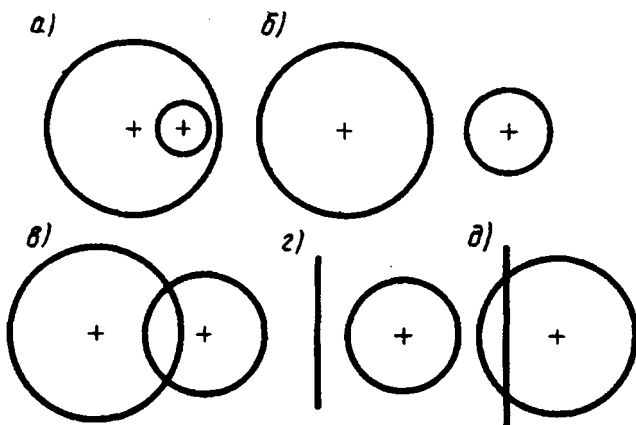


Рис. 3.69

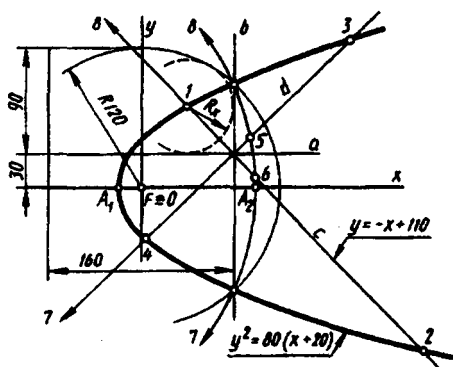


Рис. 3.70

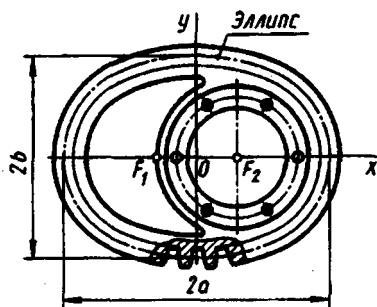


Рис. 3.71

построений вследствие того, что часть линий обычно пересекается под малыми углами, что дает большой эллипс рассеивания.) Более подробные сведения о кривых см. в работах [7], [8].

Примеры применения коник в технике: рис. 3.71 — овальное зубчатое колесо, делительная линия зубьев которого является эллипсом, линия же выступов и впадин зубьев — ветви эквидистанты эллипса (алгебраической кривой восьмого порядка); рис. 3.72 — трубка кинескопа ГОСТ 10413—84); рис. 3.73 — линза (ГОСТ 9507—82).

3.14. Некоторые советы по вычерчиванию кривых. Рассмотренные приемы построения кривых сводятся к построению некоторого количества их отдельных точек. Точнее, надо строить особые точки, если кривая их имеет. В местах, где кривизна значительна, точки следует наносить чаще, чем на участках с малой кривизной.

Построенные точки можно соединять дугами окружностей.

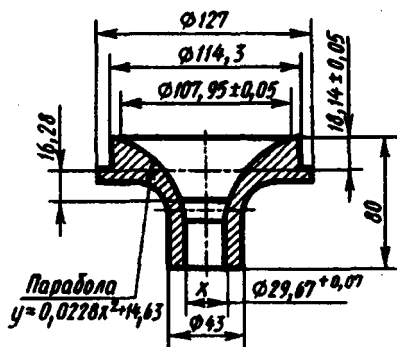


Рис. 3.72

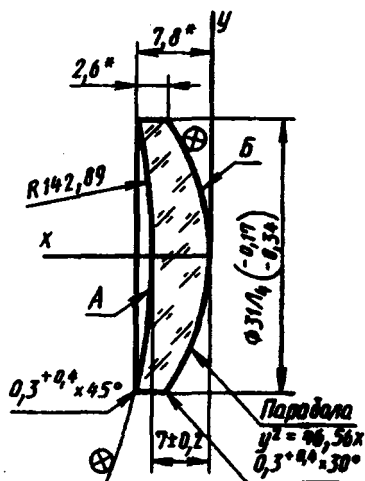


Рис. 3.73

Чтобы получить плавную без изломов кривую, точки должны являться точками сопряжения первого порядка гладкости.

3.15. Сопряжения. В чертежной практике сопряжением называют плавный переход одной линии в другую. Общую точку, в которой осуществляется плавный переход, называют *точкой сопряжения*. Непременное условие плавного перехода — существование в точке сопряжения общей касательной.

Роль плавных переходов в очертаниях различных изделий техники огромна. Их обуславливают требования прочности, гидроаэродинамики, промышленной эстетики, технологичности.

Большое значение имеет *порядок гладкости* сопряжения. Различают: *нулевой порядок* — касательные в точке сопряжения (здесь ее лучше называть точкой излома) образуют угол, отличный от 0° и 180° (рис. 3.74, а, б); *первый порядок* — касательные совпадают, но кривизна линий в точке сопряжения различна (рис. 3.74, в, г); *второй порядок* — совпадают касательные и центры радиусов кривизны (рис. 3.74, д, е). (Подразумеваются обыкновенные точки, см. п. 3.1.)

Простейшие сопряжения, особо широко используемые в технике, — плавные переходы прямой линии в дугу окружности и дуги одной окружности в дугу другой, хотя эти переходы дают только гладкость первого порядка¹.

Для решения этих задач необходимо уметь строить касательную в данной точке окружности, проводить из внешней точки прямую, касательную к окружности (рис. 3.75), помнить, что

¹ Гладкость первого порядка недостаточна, например, для обеспечения требуемых аэродинамических качеств тех или иных отсеков поверхности летательного аппарата (возникает неустойчивость пограничного слоя).

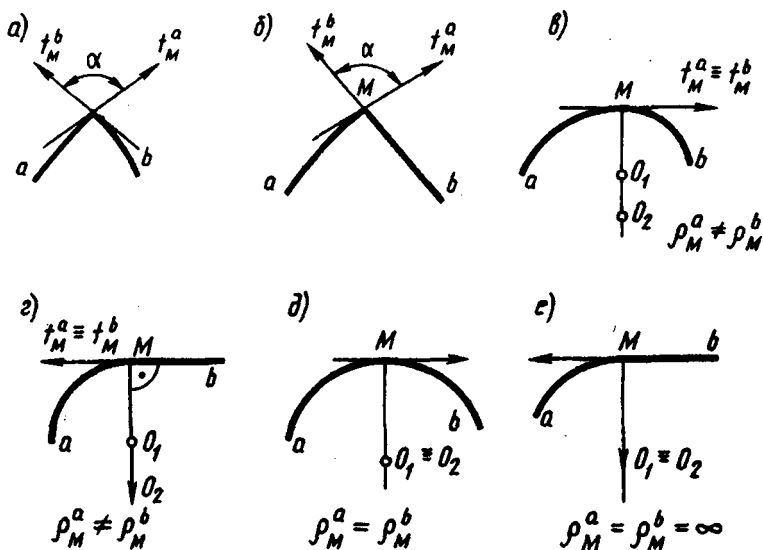


Рис. 3.74

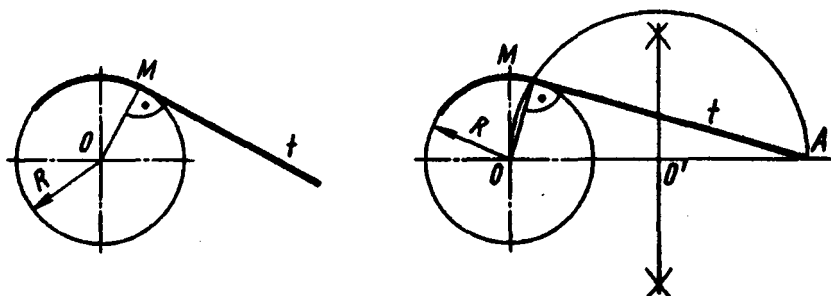


Рис. 3.75

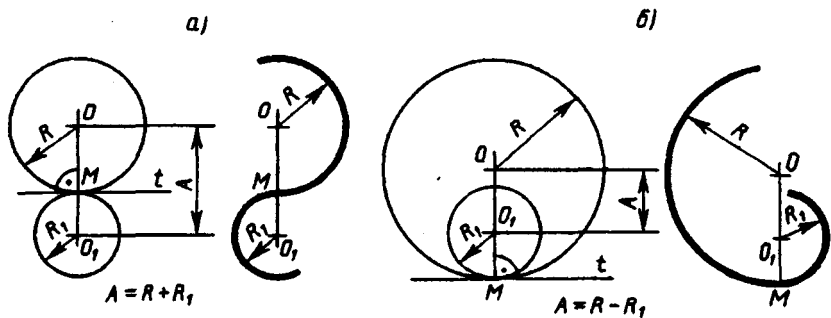


Рис. 3.76

центры окружностей, соприкасающихся внешним образом, находятся на расстоянии суммы их радиусов (рис. 3.76, а), а внутренним — на расстоянии разности их радиусов (рис. 3.76, б), причем точка касания (сопряжения) всегда лежит на прямой, проходящей через их центры. Изложенное позволяет легко уяснить последовательность решений задач на сопряжения, приведенных на рис. 3.77 и 3.78.

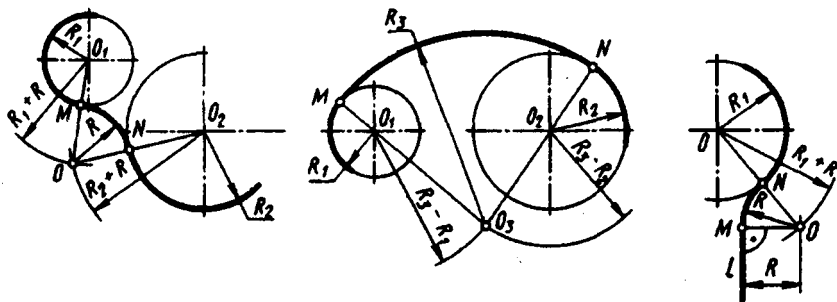


Рис. 3.77

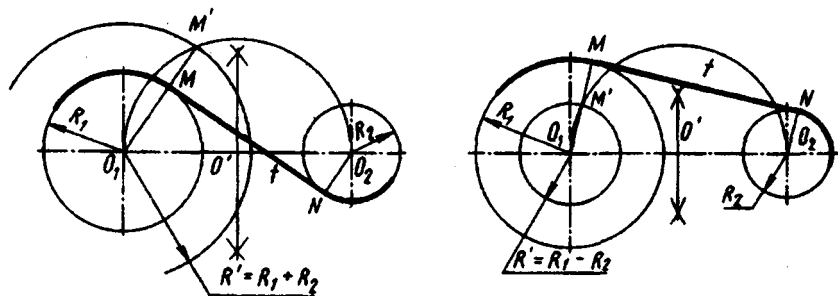
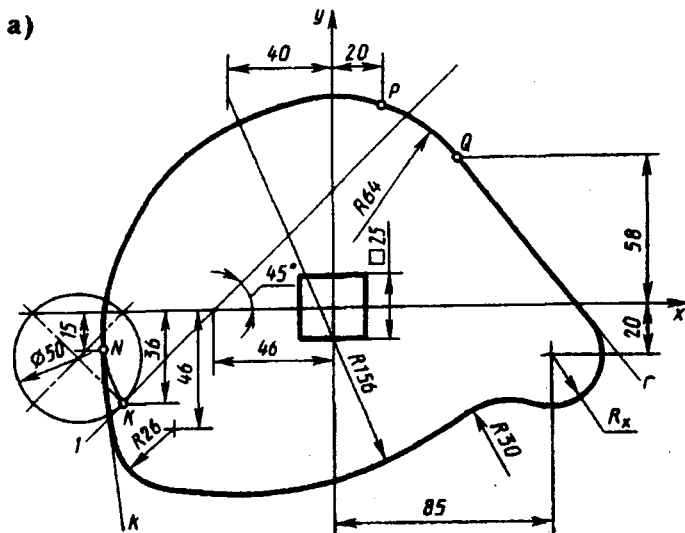


Рис. 3.78

Точки сопряжения зачастую имеют большое значение при проектировании и изготовлении многих изделий. Поэтому на учебных чертежах они должны быть определены соответствующими линиями построения, как это сделано в очертании кулачка на рис. 3.79, б, выполненного по условиям рис. 3.79, а, где циклоида задана направляющей прямой l , производящей окружностью $\varnothing 50$ и начальной точкой K , P — точка касания циклоиды с окружностью R_{64} , — прямая, касательная к окружности R_{64} в точке Q и к окружности R_x , радиус которой и точки касания подлежат определению; k — прямая, касательная к циклоиде в точке N и к окружности R_{26} .

Расшифровку обозначения по классификатору ЕСКД учебного чертежа (рис. 3.79, б), помещенного в графе 26, см. гл. 6.



б) $\Phi 101.75161.008$

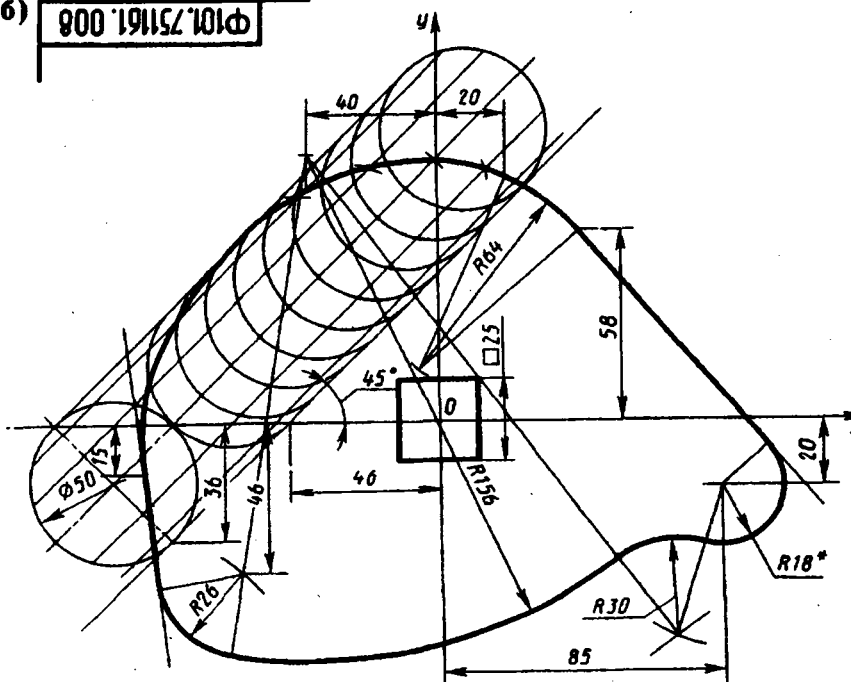


Рис. 3.79

ИГМ ПП КЛК ("Кулачок")

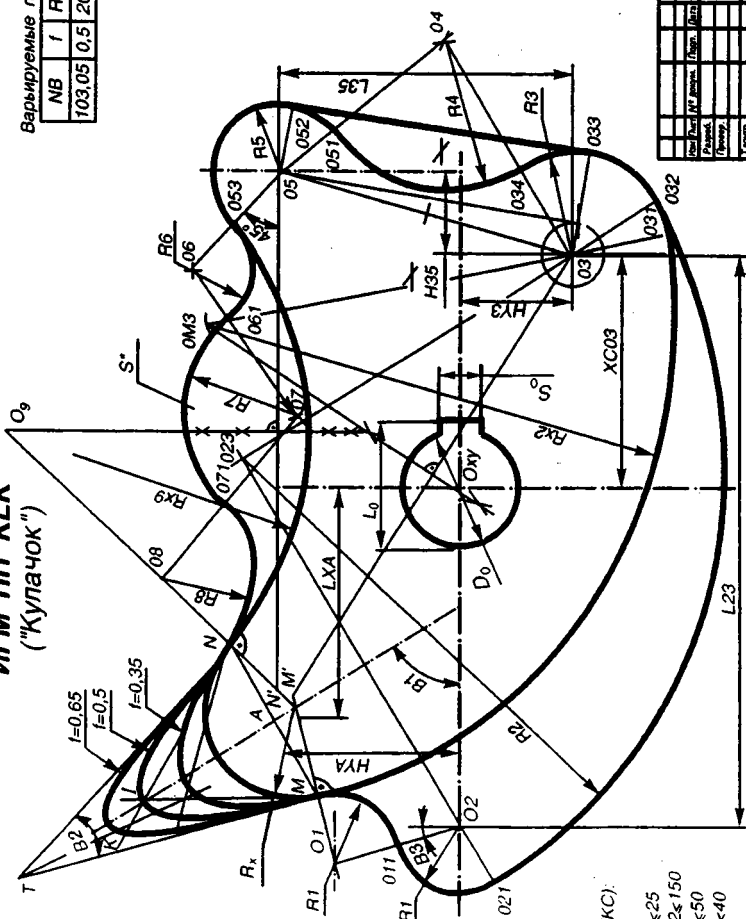
Варируемые параметры ТК-КЛК:

NB	f	R1	R2	Rx2	R4	R7	Rx9
103.05	0.5	20	150	0	45	35	0

Формульные и
постоянные параметры

B1=60°, B2=30°,
B3=B2/2, MN=50,
L23=170, XC03=70,
HY3=35, H35=25,
L35=90

R3=30
R5=20
R6=20
R8=30
LXA=70
HYA=55
D0=40
L0=44
S0=8



Limp(TK):
0 ≤ k1
15 ≤ R1 ≤ 25
120 ≤ R2 ≤ 150
30 ≤ R4 ≤ 50
25 ≤ R7 ≤ 40

К904.751163.103-05

Кулачок

Лист 103021.0902.14

2007.03.11.098-78

Рр 01.103

к 904

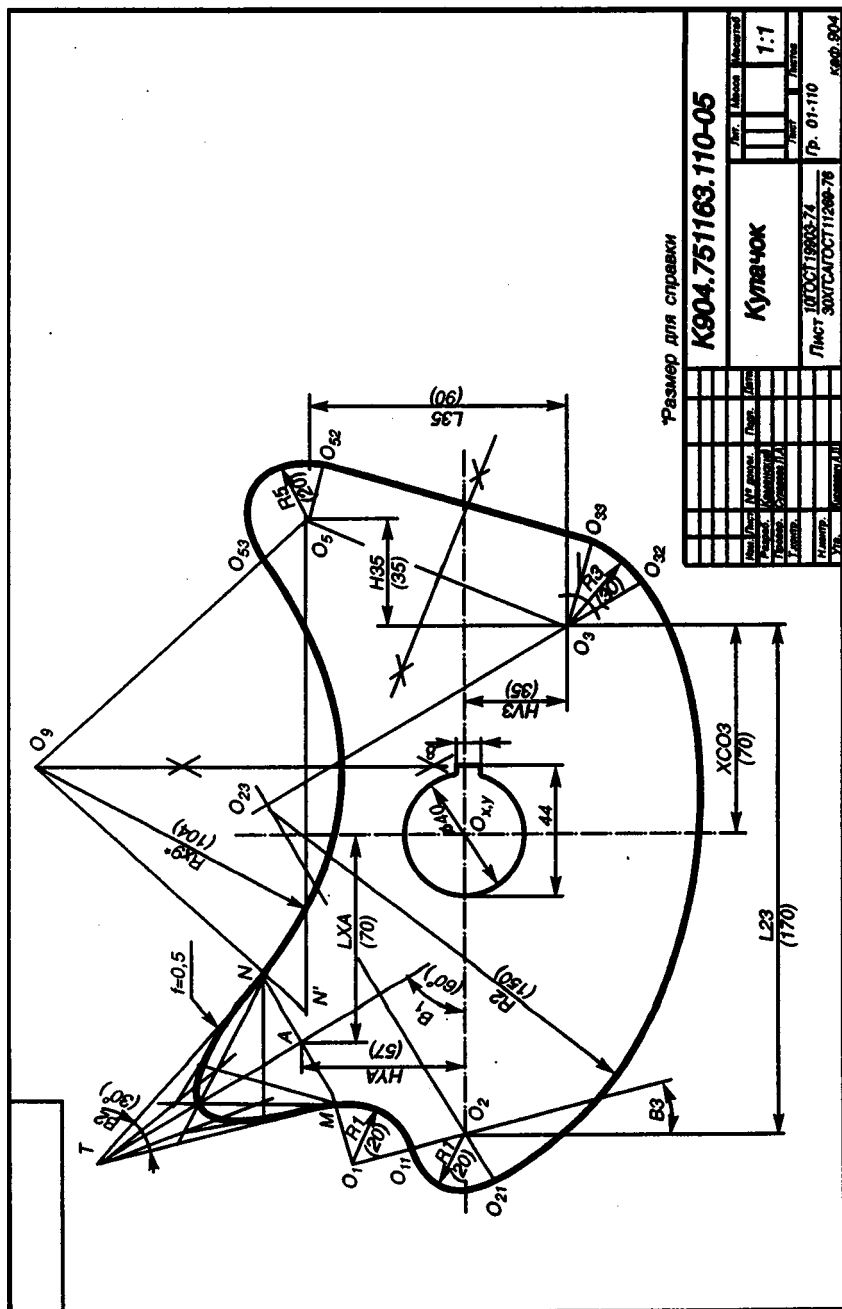


Рис. 3.81

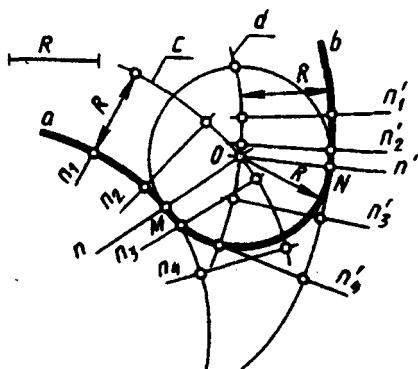


Рис. 3.82

ческий ($f = 0,5$). Здесь так же, как и на рис. 3.79, все точки сопряжения, лежащие на прямой, проходящей через центры сопрягаемых дуг окружностей, выделены тонкими (цветными на экране ГД) линиями. Расшифровку обозначения учебного чертежа (рис. 3.81) по К.ЕСКД см. гл. 6.

В «ЛПМГ» дана таблица вариантов всех 32 заданий на выполнение кулачков по ПП KLK, приводится граф-схема алгоритма проектирования кулачков по этой ПП, а также примеры и методические указания их ручного и автоматического программного выполнения с использованием параметров R_x , R_{x2} , R_{x9} , определяемых предварительно в ручном выполнении или программно программой KLK. ИГМ KLK рекомендуется для традиционного ручного выполнения чертежа на формате А3 (изучаются сопряжения и построение коник по инженерному дискриминанту — f) и для машинного выполнения по ПП KLK (проверяется ручное исполнение и изучается компьютерная технология построения чертежа кулачка).

На рис. 3.82 дан пример построения плавного перехода от одной кривой к другой по дуге окружности заданного радиуса. Положение центра O сопрягающей дуги определено пересечением двух вспомогательных эквидистант, точки сопряжений M и N лежат на нормалях, проведенных из центра сопрягающей дуги. Требуемая точность определения координат точек сопряжений может быть обеспечена аналитическим решением или выполнением чертежей в крупном масштабе.

3.16. Овалы¹. Выпуклый, имеющий две оси симметрии четырехцентровой овал (рис. 3.83, а) определяют три параметра. Исходя из условий, конструктор задает длину и ширину овала и один из

Аналогичные геометрические построения и сопряжения в очертании кулачка решаются и средствами компьютерной графики. Так, например, по исходной графической модели (рис. 3.80) — ПП KLK («Кулачок») — выполняется 32 конструктивных варианта (и множество типоразмеров в каждом из них) кулачков, очертания которых описываются геометрическими построениями, представленными на рис. 3.65, 3.75, 3.76, 3.77, 3.78 и др. На рис. 3.81 один из выполненных вариантов кулачка по ПП KLK — кулачок параболический

¹ Рассмотрены только двух- и односимметричные замкнутые выпуклые кривые, составленные из четырех дуг окружностей.

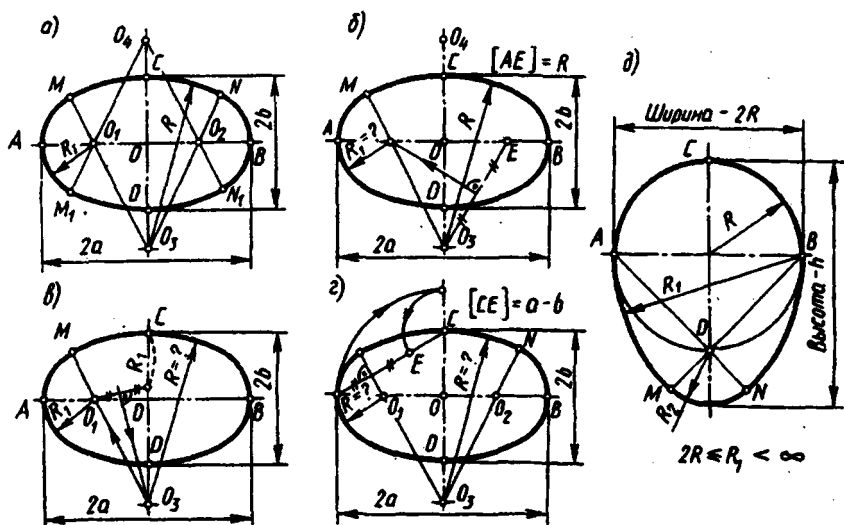


Рис. 3.83

радиусов или оба радиуса и ширину или длину. Решения даны на рис. 3.83, а, б, в. Иногда задают только ширину и длину овала, определяя тем или иным способом радиусы сопрягающихся дуг окружностей. Такая задача имеет бесчисленное множество решений. Одно из возможных дано на рис. 3.83, г.

Отметим, что очертание любого циркульного овала не совпадает с очертанием эллипса, имеющего такие же оси, но в той или иной степени приближается к нему.

Один из способов построения выпуклого, имеющего одну ось симметрии овала (овоида) дан на рис. 3.83, д. Его также определяют три параметра. Можно задать высоту, тогда определению подлежит R_1 или R_2 . Овоиды применяют при профилировании различных кулачков, эксцентрик и др.

У п р а ж н е н и е. Дано: $R = 30$, $R_1 = 90$ и $h = 80$ мм. Определить R_2 (см. рис. 3.83, д).

Инженеры и техники только тогда смогут надлежащим образом использовать графические методы, когда вполне овладеют математическими принципами, лежащими в их основе.

Гаспар Монж

4. ПРОЕКЦИИ ОСНОВНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ, ИХ ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ И ВЗАИМНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ

4.0. Общие сведения. Геометрическим телом называют любую замкнутую область пространства вместе с ее границей — поверхностью, рассматриваемой как множество точек, координаты которых удовлетворяют определенному виду уравнения $\Phi(x, y, z) = 0$.

В практике конструктор использует как свойства реальных тел (например, их способность сопротивляться воздействию на них внешних сил), так и ограничивающих их поверхности (например, способы их образования, характер их взаимодействия с внешними средами).

Чем лучше знаком конструктор с поверхностями и их свойствами, тем большую свободу приобретает он в своем творчестве при проектировании изделий.

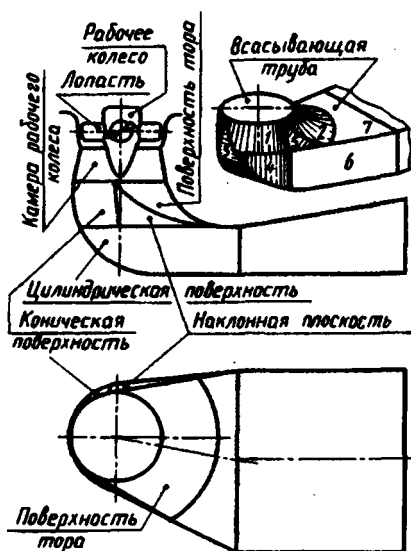


Рис. 4.1

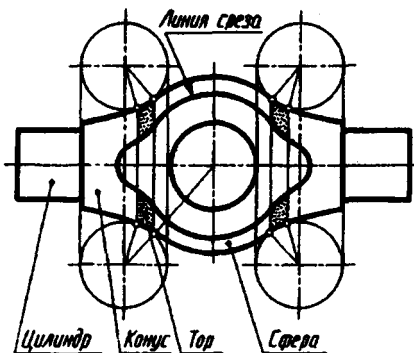


Рис. 4.2

Для формообразования изделий широко используют цилиндр, конус, сферу и тор. Так, например, на рис. 4.1 изображено колесо 4 турбины ЛМЗ, поверхность которого ограничена отсеками поверхностей цилиндра, конуса и тора, а также касательными к ним плоскостями.

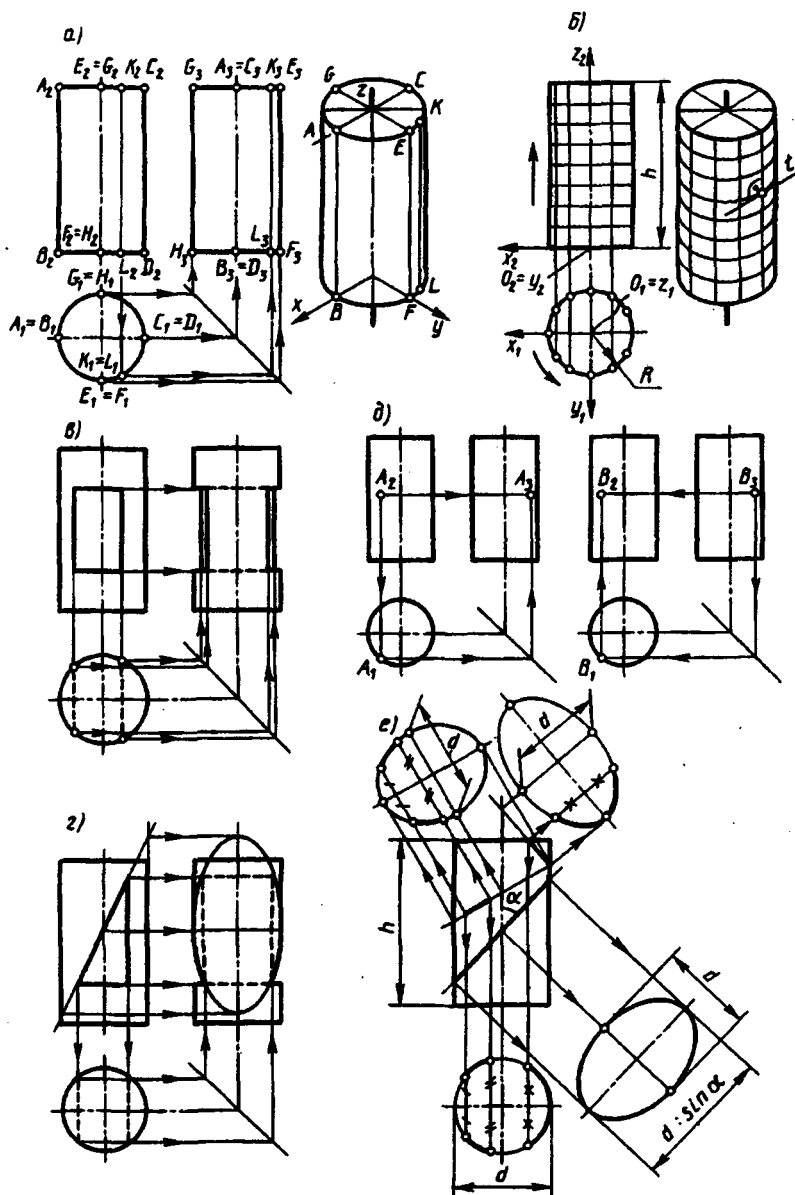


Рис. 4.3

На рис. 4.2 изображена деталь, форма которой образована комбинацией из основных геометрических тел: цилиндра, конуса, сферы и тора. Уметь строить изображения основных геометрических тел в любом их положении относительно плоскостей проекций, строить их плоские сечения, наносить на их поверхности точки и линии, строить линии их взаимного пересечения, а в необходимых случаях пользоваться их аналитическими выражениями — необходимые условия успешного изучения курса машиностроительного черчения.

4.1. Цилиндр вращения (от греч. *vylyndros* — валик). Умение использовать геометрическое тело или его поверхность при конструировании предполагает: умение различать проекции крайних образующих — AB , CD , EF и GH , ограничивающих его очертания на плоскостях проекций, в данном случае на фронтальной и профильной, а также любой другой образующей, например KL (рис. 4.3, а); умение строить проекции ортогональной сети, образованной производящими линиями — прямой и окружностью (рис. 4.3, б), и на ее основе — сквозных прямоугольного (рис. 4.3, в) и треугольного (рис. 4.3, г) отверстий и при необходимости уметь строить проекции точек, заданных одной проекцией, в данных примерах фронтальной A_2 и профильной B_3 (рис. 4.3, д), а также сечения плоскостью, наклонной к оси цилиндра — эллипса, малая ось которого всегда равна диаметру цилиндра, а большая — зависит от угла α (рис. 4.3, е). При неполном плоском сечении его нужно дополнять до полного, как

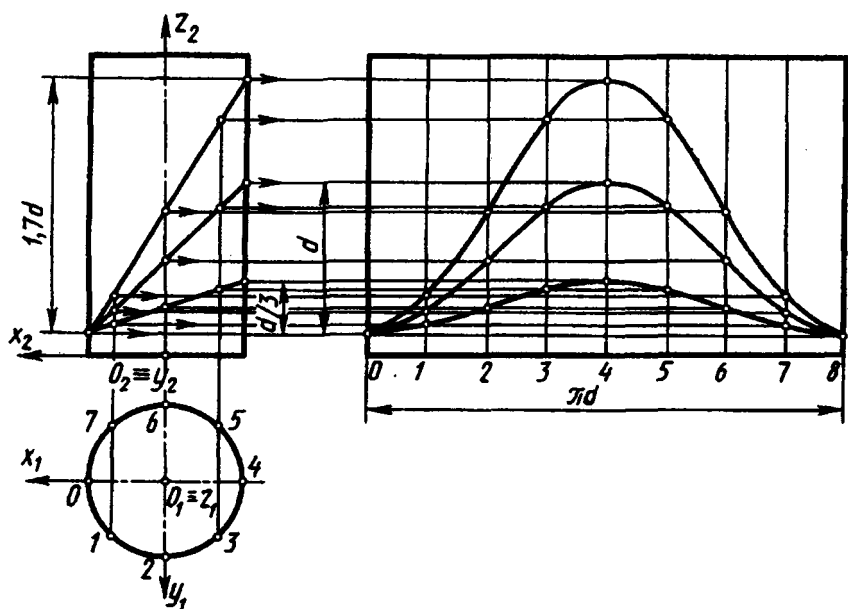


Рис. 4.4

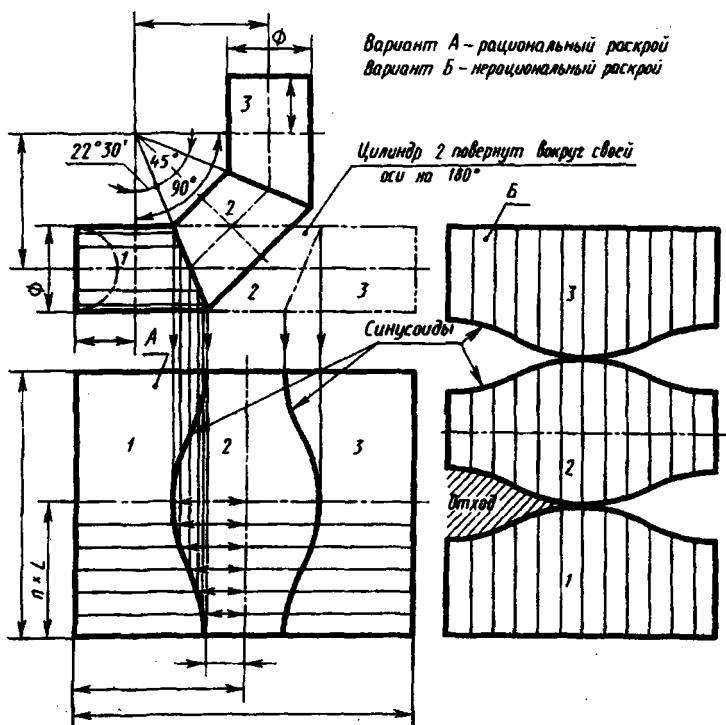


Рис. 4.5

это сделано на рис. 4.3, е. На развертке эллипс преобразуется в синусоиду (рис. 4.4). На рис. 4.5 дан пример построения развертки поверхности колена, состоящего из трех цилиндрических обечаек. На рис. 4.6 изображен цилиндр, ось которого параллельна Π_2 и наклонена к Π_1 .

Уравнение цилиндра в положении, показанном на рис. 4.3, б: $x^2 + y^2 = R^2$; $0 \leq z \leq h$. Иногда различают: цилиндрическую поверхность ($y^2 + z^2 = R^2$; $-\infty < x < +\infty$, рис. 4.7, а), цилиндр-тело ($y^2 + z^2 \leq R^2$; $L_1 \leq x \leq L_2$, рис. 4.7, б), цилиндрический карст (отверстие) ($y^2 + z^2 \geq R^2$; $-\infty \leq x \leq +\infty$, рис. 4.7, в).

На рабочих чертежах деталей цилиндрической формы, как правило, задают размеры диаметром, а не радиусом.

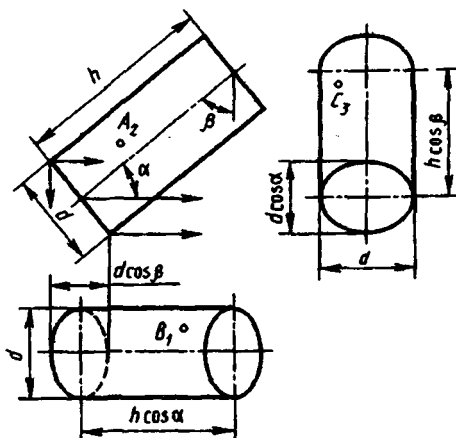


Рис. 4.6

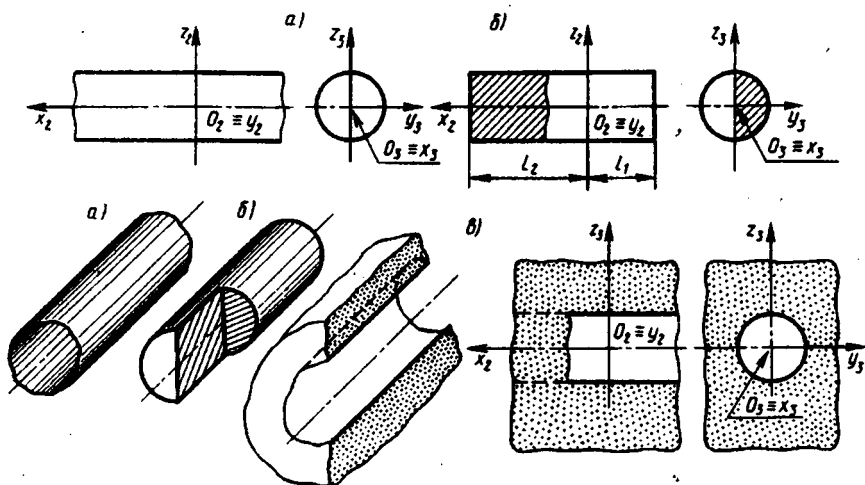


Рис. 4.7

Упражнения: 1. Пользуясь рис. 3.31, напишите уравнения синусоид, данных на рис. 4.4 и 4.5.

2. Пользуясь системой неравенств, опишите стакан (рис. 4.8).

4.2. Конус вращения (от греч. *kōnos* — шишка). На рис. 4.9 обозначены проекции образующих SA , SB , SC , SD , ограничивающих проекции конуса на Π_2 и Π_3 , а также произвольно выбранной SE .

На рис. 4.10 даны проекции, наглядное изображение и развертка боковой поверхности конуса с нанесенной на ней ортогональной сетью, образуемой производящей прямой и параллелями

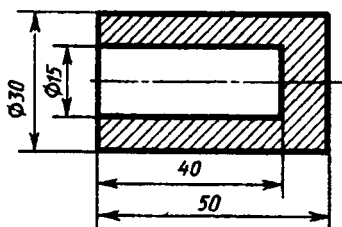


Рис. 4.8

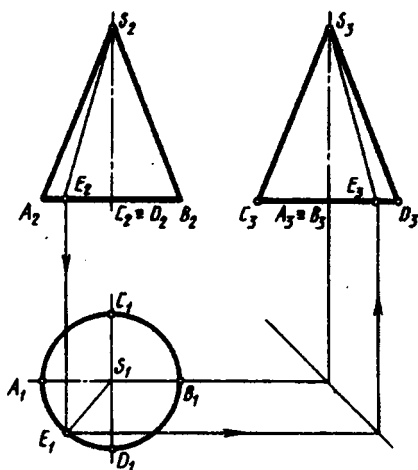


Рис. 4.9

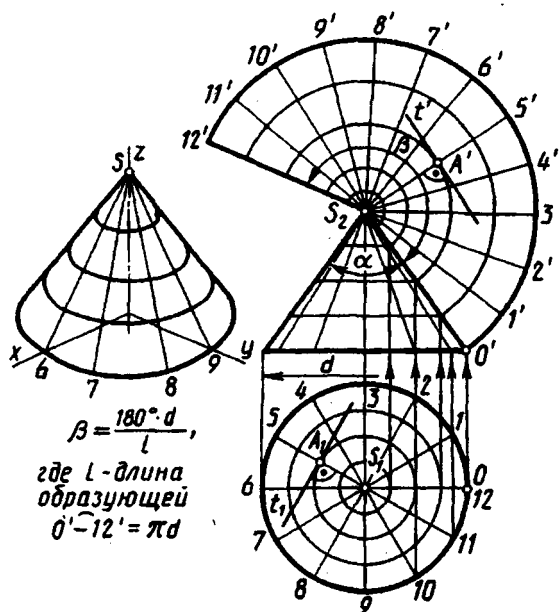
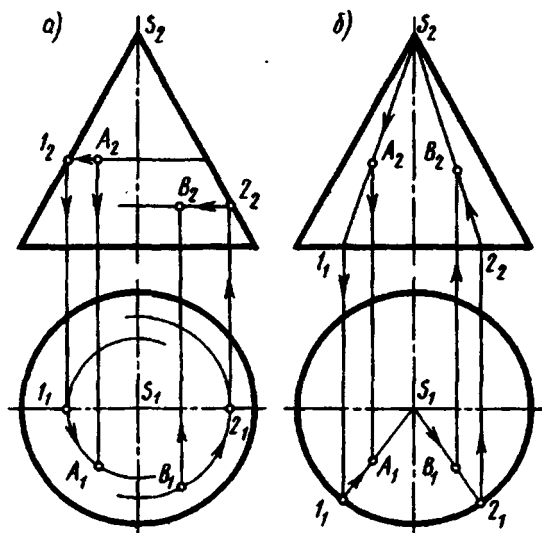


Рис. 4.10

конуса. При построении проекций точек, заданных на поверхности конуса, пользуются параллелями (рис. 4.11, а) или образующими (рис. 4.11, б).

На рис. 4.12 показано построение проекций отверстия тра-



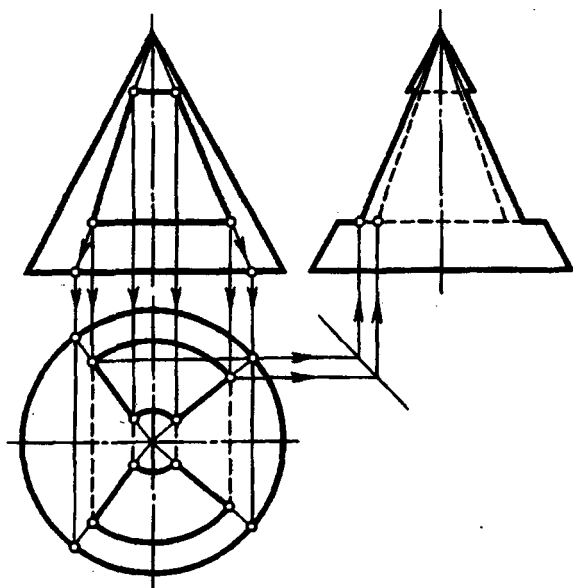


Рис. 4.12

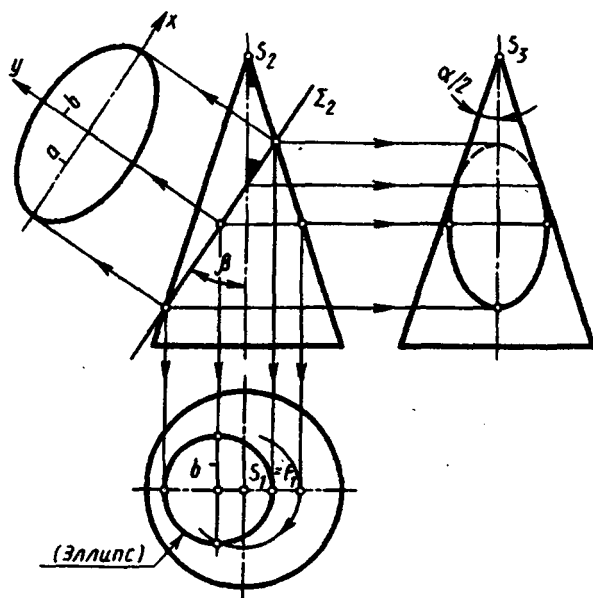


Рис. 4.13

пещенальной формы, боковые грани (плоскости) которого проведены через образующие (т. е. пересекают поверхность конуса по ним), а верхняя и нижняя грани — через параллели (т. е. пересекают поверхность конуса по ним).

Сечение плоскостью, пересекающей все образующие конуса ($\alpha/2 < \beta < 90^\circ$), — эллипс, малую ось которого находят приемом, показанным на рис. 4.13. На горизонтальной проекции сечения один из фокусов совпадает с горизонтальной проекцией вершины.

Сечение плоскостью, параллельной одной образующей конуса ($\beta = \alpha/2$), — парабола (рис. 4.14). На фронтальной проекции

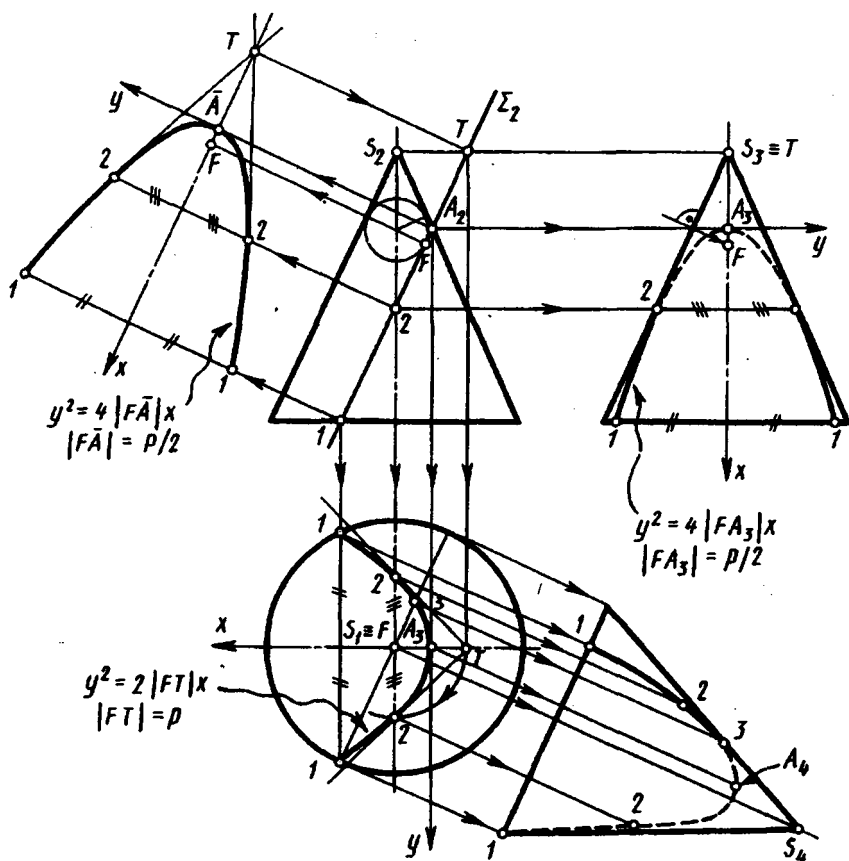


Рис. 4.14

сечения фокус параболы определен с помощью сферы Данделена (ее проекция — окружность, касающаяся трех прямых), на остальных — с помощью главных касательных (см. рис. 3.56).

Сечение плоскостью, параллельной двум образующим ($\beta < \alpha/2$), в частности параллельной оси ($\beta = 0$), — гипербола

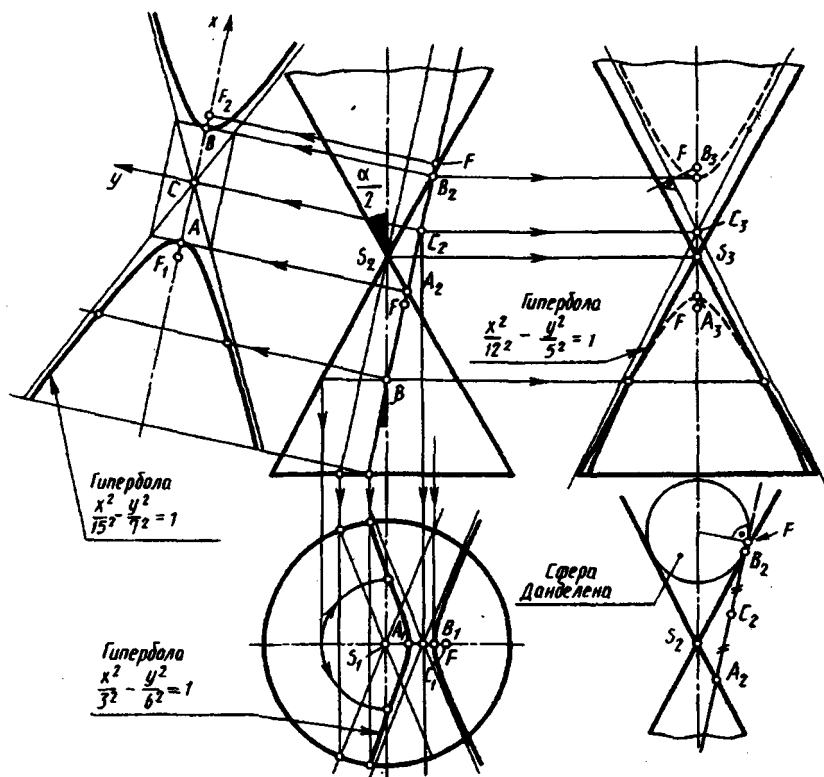


Рис. 4.15

(рис. 4.15), A и B — ее вершины, C — центр. На фронтальной проекции сечения один из фокусов найден с помощью сферы Данделена, на других — приемом, показанным на рис. 3.56.

На рис. 4.16 и 4.17 показаны два из нескольких возможных способов указания размеров развертки поверхности конуса.

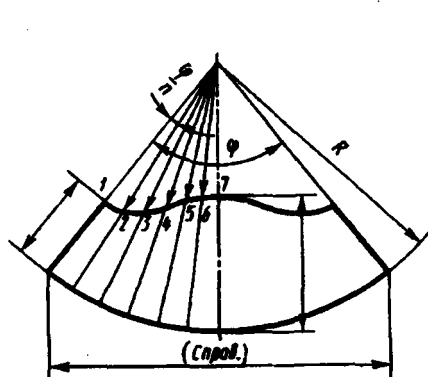


Рис. 4.16

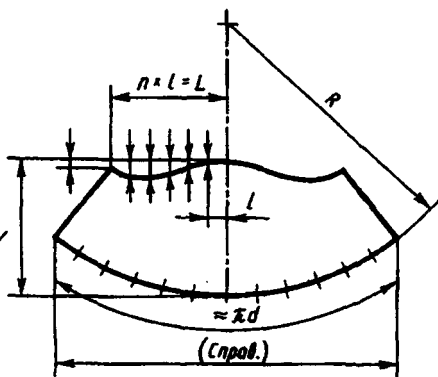


Рис. 4.17

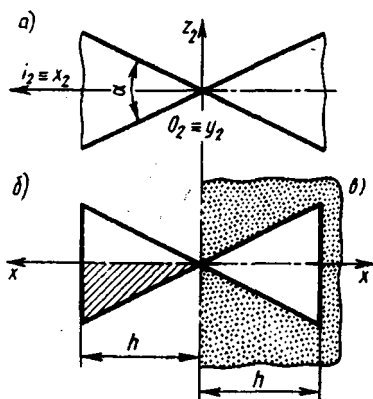


Рис. 4.18

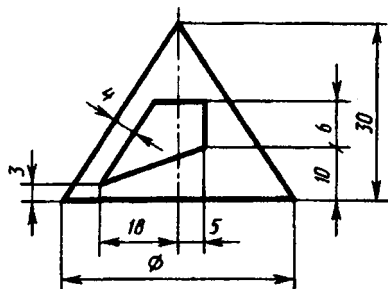


Рис. 4.19

По аналогии с цилиндром в некоторых случаях различают: коническую поверхность вращения, ее уравнение ($i=x$): $y^2 + z^2 = k^2 x^2$, где $k = \operatorname{tg} \alpha / 2$ (рис. 4.18, а); конус-тело; уравнение: $y^2 + z^2 \leq k^2 x^2$; $0 \leq x \leq h$ (рис. 4.18, б); коническое отверстие, уравнение: $y^2 + z^2 \geq k^2 x^2$; $0 \leq x \leq h$ (рис. 4.18, в).

Упражнения: 1. Постройте проекции отверстия, заданного на рис. 4.19. Напишите уравнения получающихся кривых.

2. Пользуясь системой неравенств, опишите деталь, задавшись удобно выбранной прямоугольной системой координат (рис. 4.20).

3. Определите параметр параболы на Π_4 (см. рис. 4.14), пользуясь способом, показанным на рис. 3.64.

4.3. Сфера (от греч. *sphaira* — мяч). Очерковые линии, ограничивающие области проекций точек сферы, — два главных меридиана m и n и экватор k (рис. 4.21). Каждый из них проецируется на соответствующую плоскость проекций в натуральную величину (окружность), на остальные — в виде отрезков прямых длиной, равной d . Сфера — единственная поверхность вращения, на которой можно нанести бесчисленное множество семейств параллелей. С помощью параллелей на поверхность сферы наносят различные точки, линии. Обычно пользуются горизонтальными (рис. 4.22), реже фронталями и профильными параллелями. На рис. 4.23 показано нахождение A_2 — по заданной A_3 ; B_2 — по заданной B_3 . Любой меридиан пересекает горизонтали под прямыми углами, т. е. их совокупности образуют ортогональные сети (рис. 4.24).

На рис. 4.25 показано построение проекций сквозного отверстия. Боковые грани пересекают сферу по профильным параллелям, нижняя грань — по горизонтали, верхняя — по наклонной

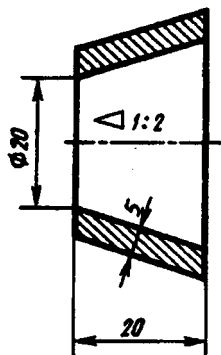


Рис. 4.20

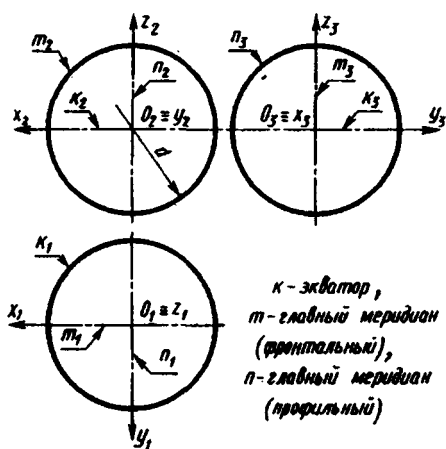


Рис. 4.21

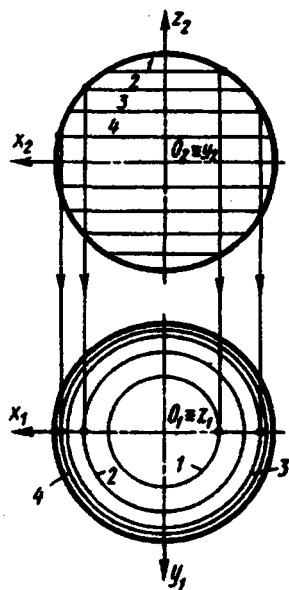


Рис. 4.22

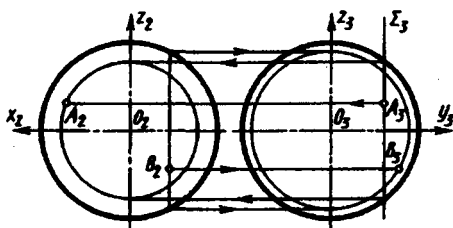


Рис. 4.23

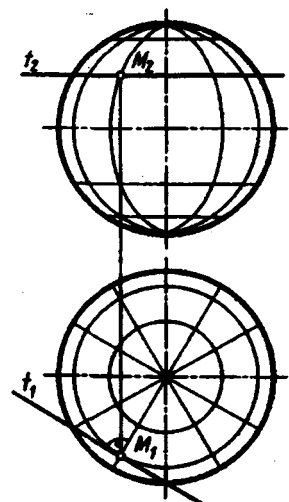


Рис. 4.24

к Π_1 параллели, которая спроецировалась на Π_1 и Π_3 в виде эллипсов.

Сфера — неразвертываемая поверхность. При необходимости строят приближенные развертки, обычно с применением описанных вокруг сферы одной цилиндрической и нескольких кониче-

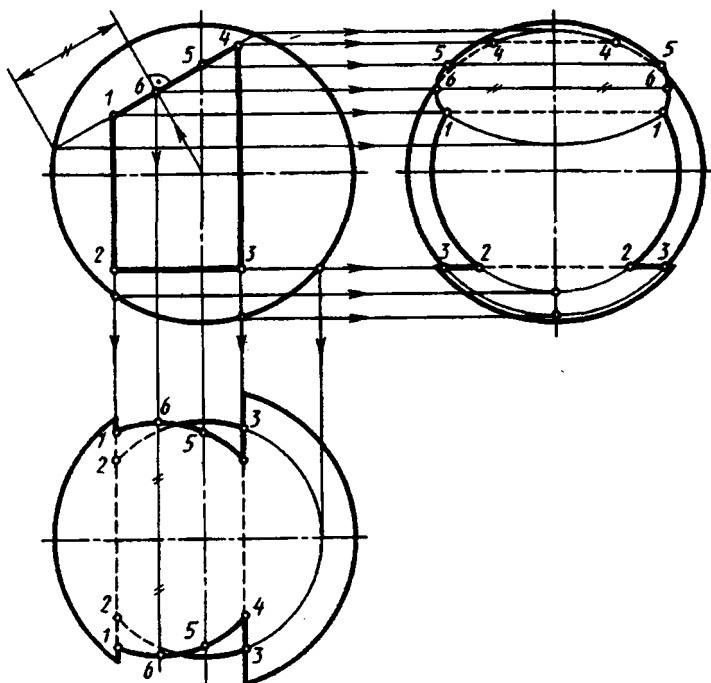


Рис. 4.25

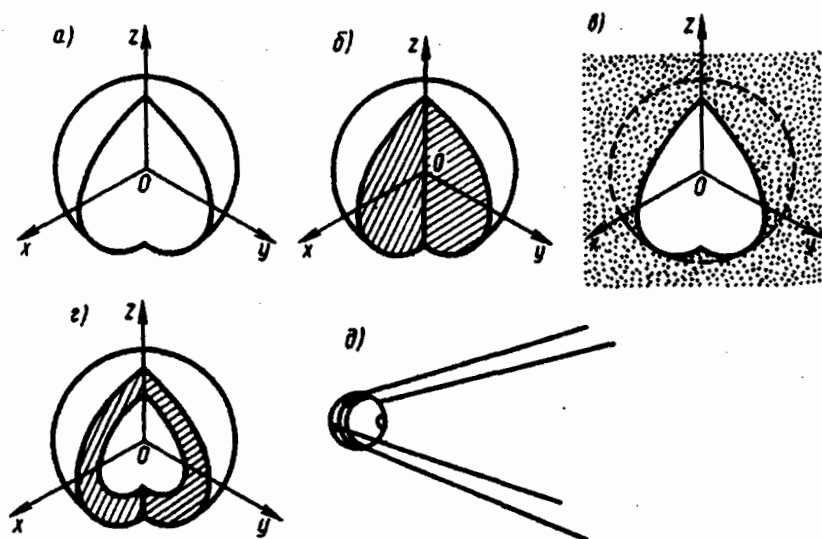
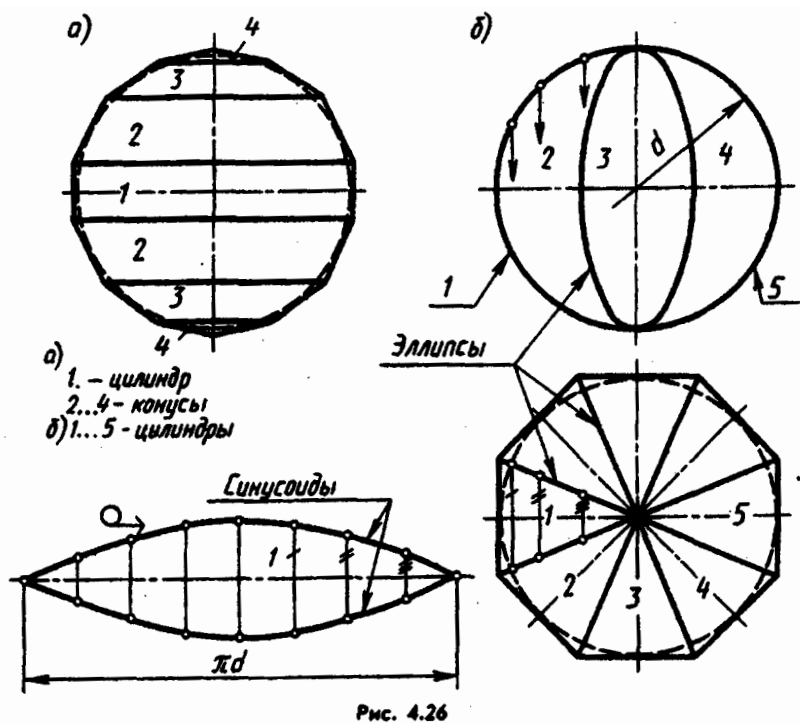
ских поверхностей (способ параллелей, рис. 4.26, а) или только цилиндрических (способ меридианов, рис. 4.26, б).

Аналитические зависимости для сферы: $x^2 + y^2 + z^2 = R^2$ (рис. 4.27, а); шара: $x^2 + y^2 + z^2 \leq R^2$ (рис. 4.27, б)*; сферического карста: $x^2 + y^2 + z^2 \geq R^2$ (рис. 4.27, в); полого шара: $r^2 \leq x^2 + y^2 + z^2 \leq R^2$ (рис. 4.27, г).

Сферическую форму (с четырьмя прикрепленными к ней антеннами (рис. 4.27, д) имел первый в мире искусственный спутник Земли, запущенный СССР 5 октября 1957 года.

4.4. Тор (лат. *torus* — вздутие, выпуклость). Поверхность, образованная вращением окружности вокруг компланарной с ней прямой — оси тора. Различают: *открытый тор* (тор-кольцо), его эксцентриситет $e = r/R < 1$ (рис. 4.28), *самосоприкасающийся тор* ($e = r/R = 1$, рис. 4.29, а) и *самопересекающийся* (закрытый) *тор* ($e = r/R > 1$, рис. 4.29, б). Закрытый тор можно также рассматривать как множество точек пространства, из которых данный отрезок виден под углами α и β , при условии, что $\alpha + \beta = 180^\circ$ (рис. 4.30). При $\alpha = \beta$ имеем сферу.

На рис. 4.28 обозначены проекции экватора m , горловины n и полярных (предельных, двойных) параллелей k и l открытого тора. Производящая окружность и параллели образуют на торе ортогональную сеть (рис. 4.31). Точки на торе строят с помощью



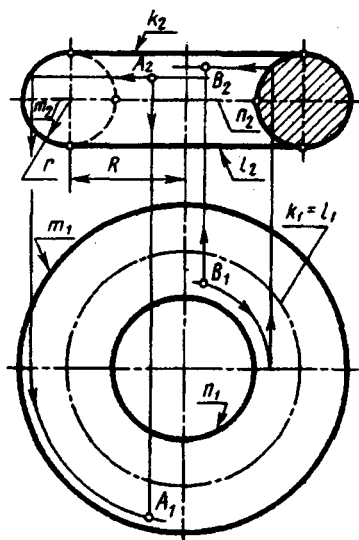


Рис. 4.28

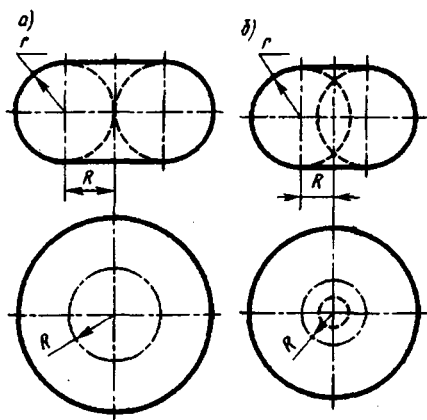


Рис. 4.29

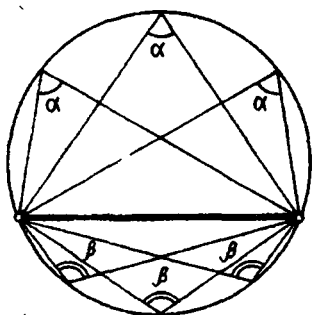


Рис. 4.30

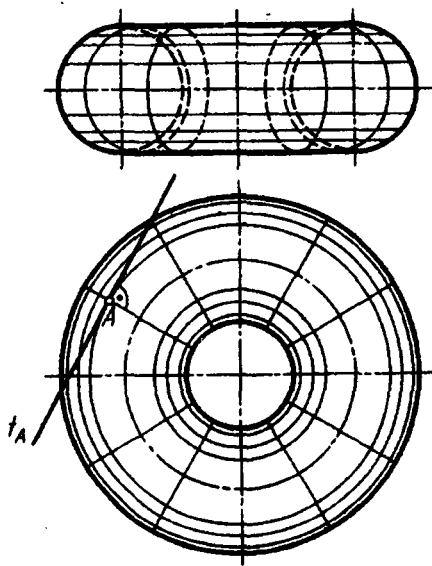


Рис. 4.31

параллелей. На рис. 4.28 показано построение проекций заданных точек A (A_2) и B (B_1).

Внутреннюю часть открытого тора (все точки которой, за исключением граничных полярных параллелей, имеют отрицательную кривизну) в технике называют *глобидом* (похожей на гло-

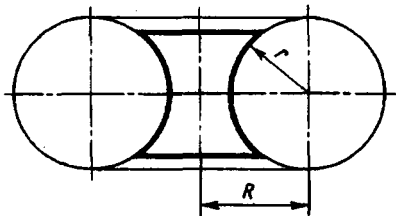


Рис. 4.32

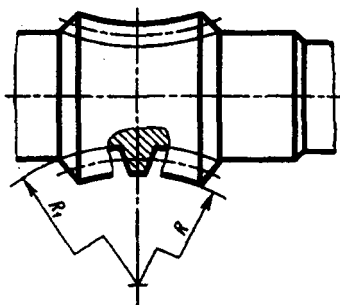


Рис. 4.33

бус), рис. 4.32. Пример применения — в глобоидной червячной передаче (рис. 4.33). Особенно широко отсеки тора используют для образования плавных переходов между соосными поверхностями вращения (см. рис. 4.2). На

рис. 4.34 показано использование внутренней части самопересекающегося тора (тора-бочки). Некоторые сорта яблок имеют поверхность, довольно близкую к тору (рис. 4.35).

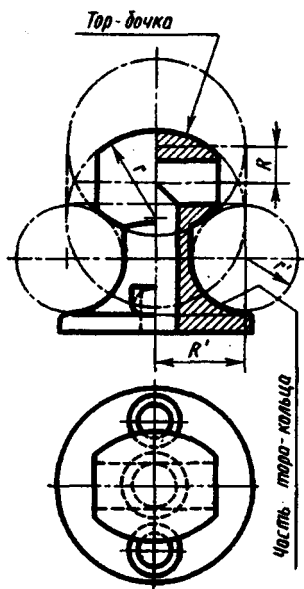


Рис. 4.34

Тор — алгебраическая поверхность 4-го порядка, ее уравнение: $(x^2 + y^2 + z^2 + R^2 - r^2)^2 = 4R^2(x^2 + y^2)$. Отсутствие в последнем множителе переменной z говорит о том, что ось z — ось вращения (ось тора). Если ось вращения — ось x или y , множитель примет вид $(y^2 + z^2)$ или $(x^2 + z^2)$. Прямая может пересекать тор не более чем в четырех точках. Любое плоское сечение — кривая 4-го порядка. В частных случаях она может распадаться на две кривые 2-го порядка.

Кривые, получаемые при сечении тора плоскостями, параллельными его оси, в общем случае называют *кривыми Персея*¹. Заменяя в уравнении тора соответствующую переменную величиной h (рис. 4.36), получим уравнение кривых в общем виде. В зависимости от соотношения между r , R , h частными видами кривых Персея могут быть: *овалы Кассини* ($h=r$), *лемниската Бернулли* ($R=2r$; $h=r$) (рис. 4.37)², *гиперболическая* ($R>r$; $h=R-r$) или *эллиптическая* ($R<r$; $h=r-R$) *лемниската Бута*³.

¹ Греческий геометр, живший в 4 в. до н. э.

² Подера равнобочной гиперболы относительно ее центра.

³ Подеры гиперболы и эллипса относительно их центров соответственно.

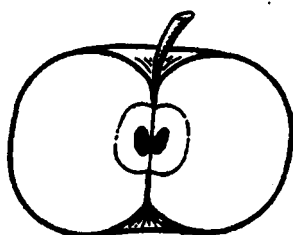


Рис. 4.35

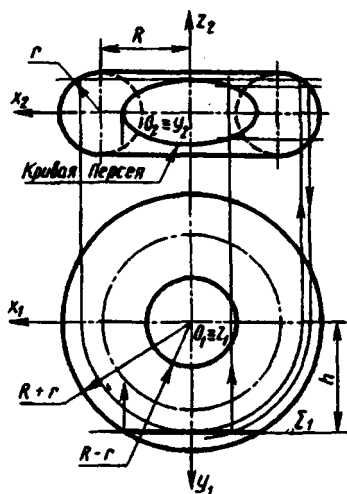


Рис. 4.36

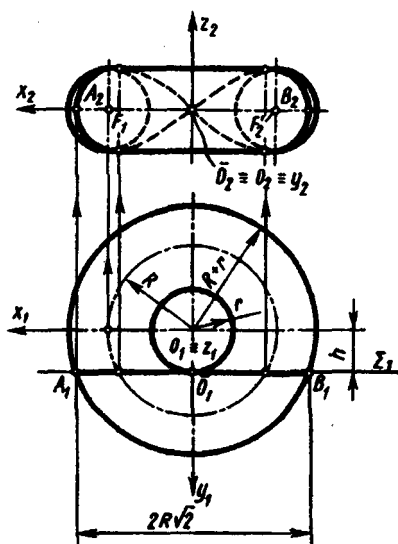


Рис. 4.37

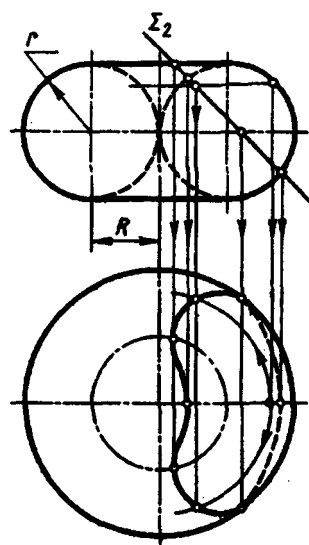


Рис. 4.38

Кривые, получаемые при сечении тора плоскостями, наклонными к его оси (рис. 4.38), называют *спирическими* (от греч. *спайра* — витой). В частном случае, когда плоскость касается тора в двух точках (точки *A* и *B* на рис. 4.39), спирическая линия распадается на два *круга Вилларсо*¹. Очевидно, их горизонтальные проекции ($z \perp \Pi_1$) — эллипсы.

¹ По имени французского геометра, открывшего их в 1847 г. [6].

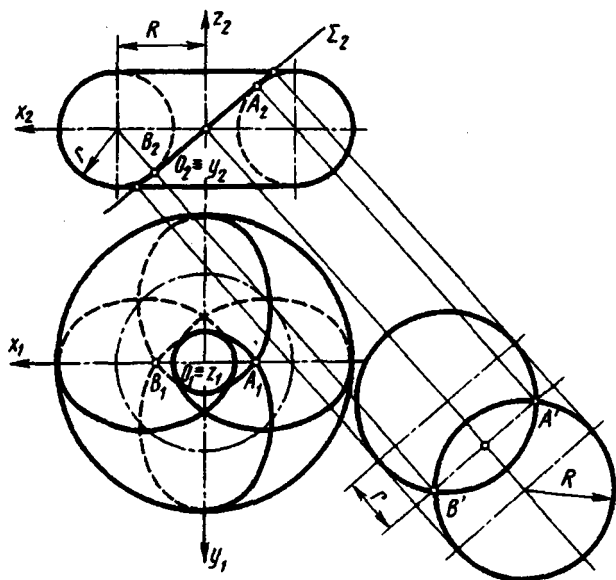


Рис. 4.39

На рис. 4.40, а...д показано, как изменяется очертание тора в зависимости от наклона его оси к плоскости Π_1 . Строят очертания с помощью вспомогательных сфер, вписанных в тор. Аналогичный прием используют при построении аксонометрии тома (рис. 4.41), где кривая b' — эллипс, a' и c' — ветви его эквидистанты.

Тор — классическая поверхность, содержащая точки всех трех типов (рис. 4.41, а).

По мнению французских фантастов будущие межпланетные станции будут иметь форму огромного тора, рис. 4.41, б («За рубежом», № 548).

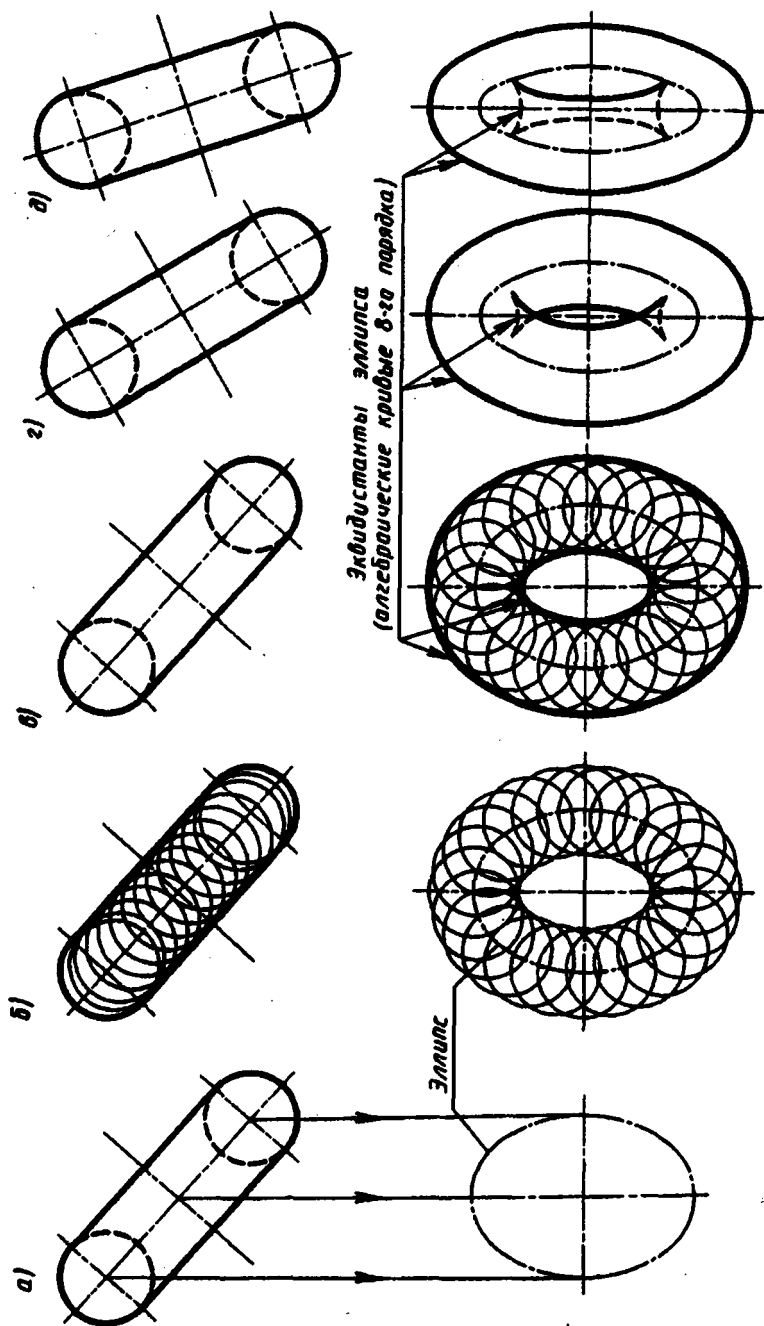
Примечание. Поверхности, образуемые вращением какой-либо кривой, отличной от окружности, вокруг компланарной с ней прямой (но не являющейся их осью), называют *торoidalными* (похожими на тор), рис. 4.42.

Упражнения: 1. Через произвольную точку тора-кольца проведите четыре окружности, принадлежащие его поверхности.

2. Опишите аналитически тоннель, состоящий из $1/4$ тора и примыкающих к его торцам входного и выходного цилиндров. Составьте эскиз, задавшись необходимыми размерами.

4.5. Линии среза. Так в практике называют линии, получающиеся при плоском срезе заготовки детали (т. е. удалении части материала путем обработки на фрезерном или строгальном станке), поверхность которой ограничена соосными поверхностями вращения (см. рис. 4.2)¹. Пример решения дан на рис. 4.43.

¹ Чтобы избежать превращения в стружку части материала заготовки детали, применяют более прогрессивные способы изготовления — литье, горячую штамповку и др.



Pmc. 4.40

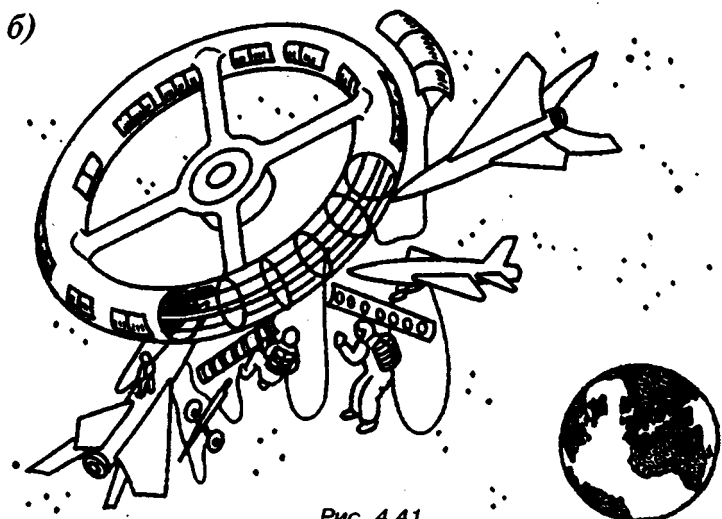
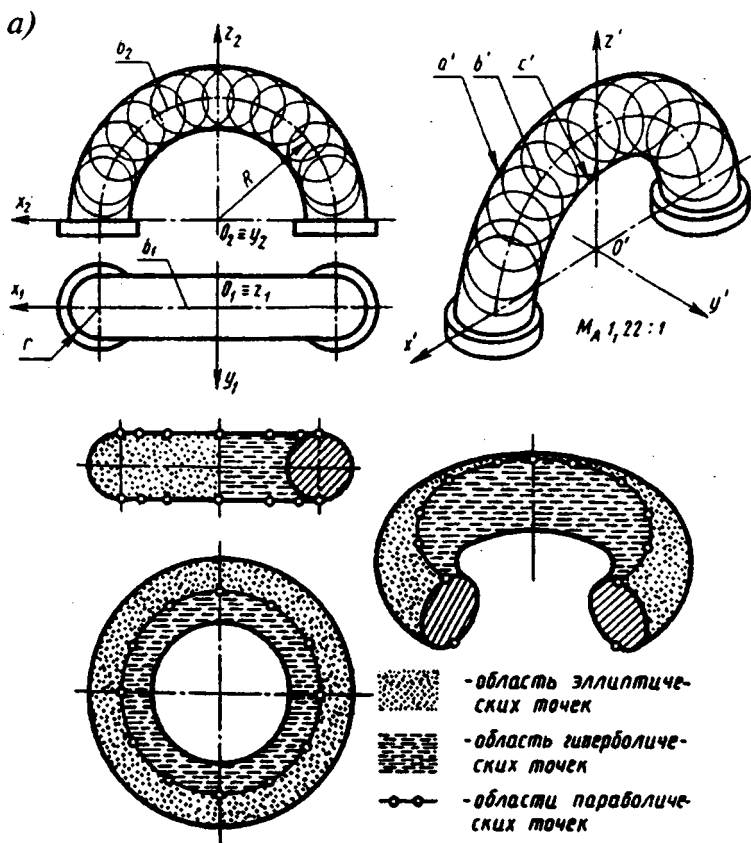


Рис. 4.41

Через точки сопряжения очерковых линий проведены граничные параллели a , b (окружности), по которым поверхности касаются друг друга, образуя плавные переходы. После среза заготовки двумя фронтальными плоскостями Γ и Δ передняя и задняя линии среза (их фронтальные проекции совпадают) состояются: из дуги 1—2—3 окружности (срез на сфере), дуги 1—6 и 3—4 кривой Персея (срез на торе) и дуги 5—6—4 гиперболы (срез на конусе), стыкующихся на соответственных граничных параллелях a и b . Промежуточные точки кривых строят с помощью вспомогательных секущих плоскостей, перпендикулярных оси вращения x , как это показано для точек A и B , являющихся точками пересечения параллели c с плоскостью Γ .

Точки 2 и 5 определены по горизонтальной проекции тора.

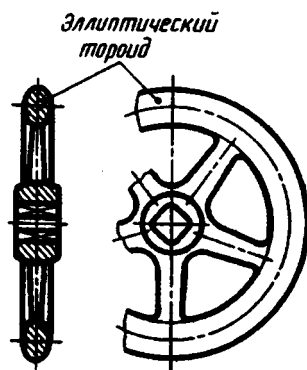


Рис. 4.42

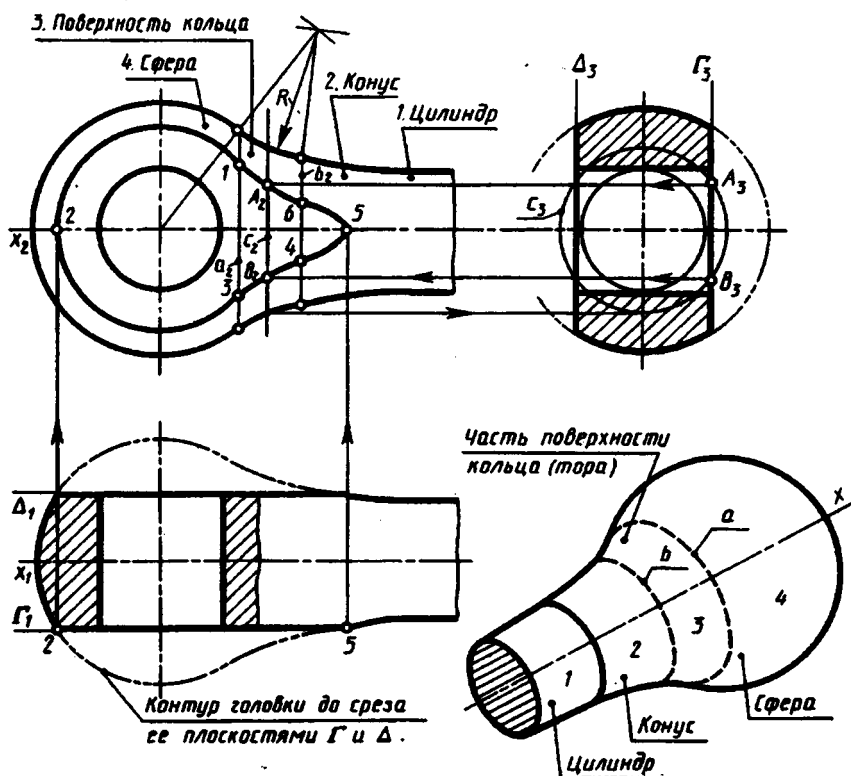


Рис. 4.43

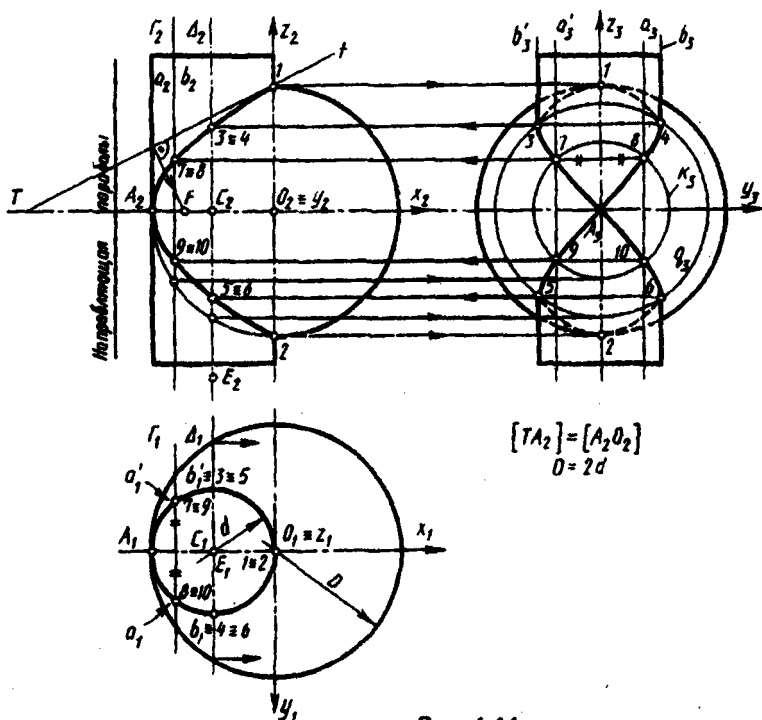


Рис. 4.44

Точное построение линий среза на производственных чертежах требуется в редких случаях. Поэтому их, как правило, изображают с упрощениями. Однако эта классическая задача, предусмотренная программой курса, содействует развитию навыков конструирования.

У п р а ж н е н и е. Напишите уравнения линий среза (рис. 4.43) и области их существования, задавшись системой прямоугольных координат и увеличив изображение при перечерчивании в $1\frac{1}{2}$ —2 раза.

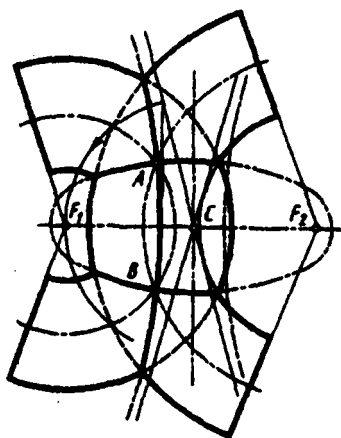


Рис. 4.45

4.6. Линии взаимного пересечения поверхностей (линии перехода). Поверхности, ограничивающие геометрическую форму изделия, могут или плавно переходить одна в другую, т. е. являться касательными или пересекаться. Линии касания, как правило, на рабочих чертежах не показывают или изображают условно тонкой линией (см. рис. 2.8, в). Поэтому согласно ГОСТ 2.303—68*, их называют «линиями перехода воображаемыми».

Линии пересечения (по стандарту — линии перехода), как правило, изображают. При этом у конструкторов может возникнуть необходимость предусмотреть вид получающихся линий и решить, с какой точностью они должны быть построены или же изображены с упрощениями, допускаемыми стандартом.

Общий прием построения линий перехода заключается в сечении пересекающихся поверхностей вспомогательными поверхностями (посредниками), выбираемыми и направляемыми так, чтобы в сечениях получались известные линии простой формы — прямые, окружности. В качестве посредников обычно используют плоскости, при определенных условиях — сферы, в отдельных случаях — цилиндрические, конические и другие поверхности.

Рассмотрим пример (рис. 4.44). Пересекаются квадратики. Следовательно, линия пересечения — кривая 4-го порядка. Для нахождения ее точек в качестве посредников выбраны плоскости, параллельные Π_3 (на рисунке показаны две плоскости — Γ и Δ). Цилиндр они пересекают по образующим a, b , сферу — по окружностям k, q , их пересечения дают точки $3-10$, принадлежащие линии перехода (точки $A, 1, 2$ — опорные точки, заведомо принадлежат ей). Проведя несколько таких плоскостей-посредников, получают достаточное число точек, через которые и проводят плавные кривые.

Так как прямая x_1 — горизонтальная проекция общей фронтальной плоскости симметрии цилиндра и сферы, то фронтальная проекция кривой 4-го порядка явится кривой 2-го порядка.

Боковая поверхность цилиндра в данном случае — горизонтально-проецирующая. Следовательно, горизонтальная проекция линии перехода совпадает с горизонтальной проекцией цилиндра. Выясним, является ли фронтальная проекция линии перехода дугой эллипса, гиперболы или параболы.

Уравнение сферы: $x^2 + y^2 + z^2 = d^2$.

Уравнение цилиндра: $(x - d/2)^2 + y^2 = (d/2)^2$ или $x^2 - dx + y^2 = 0$. Эти два уравнения совместно моделируют в пространстве линию пересечения.

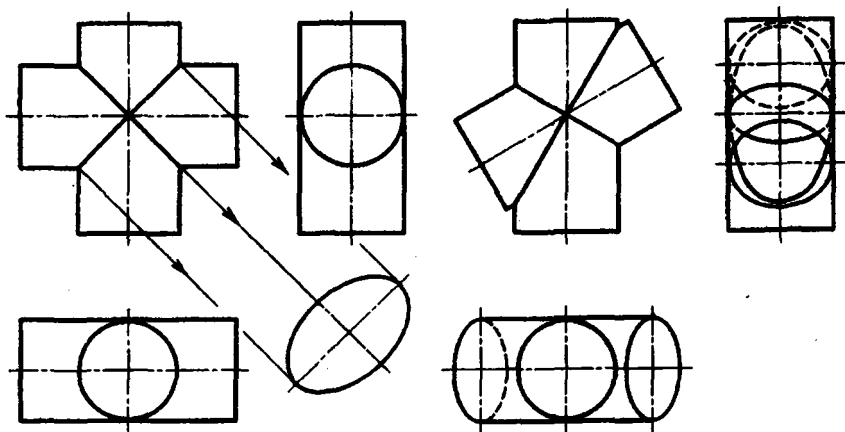


Рис. 4.46

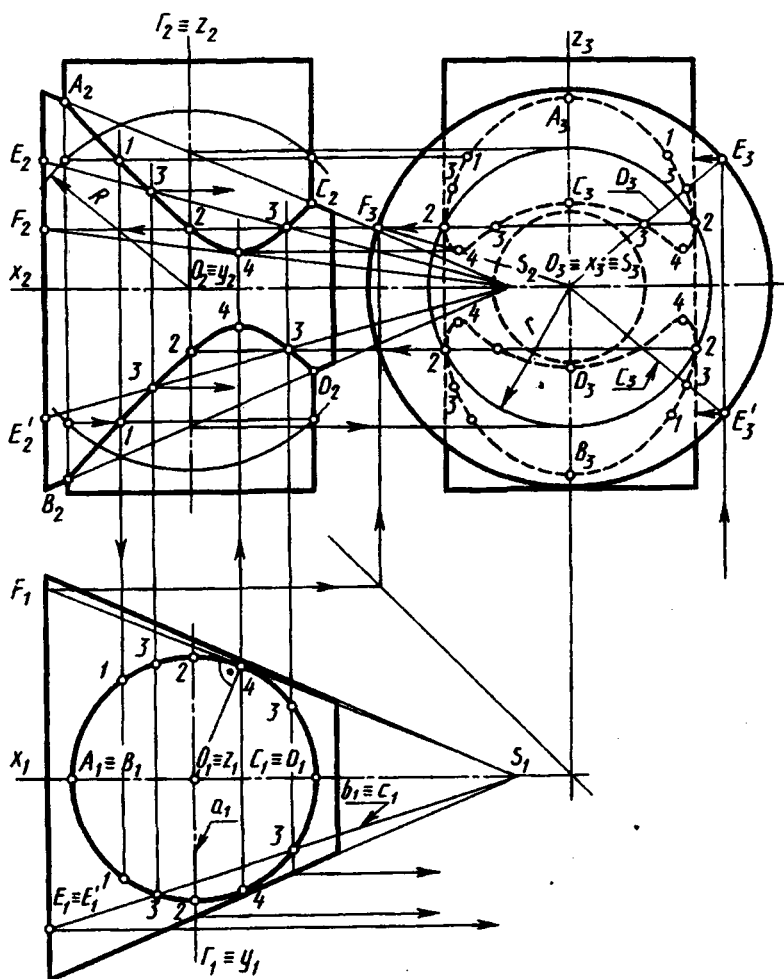


Рис. 4.47

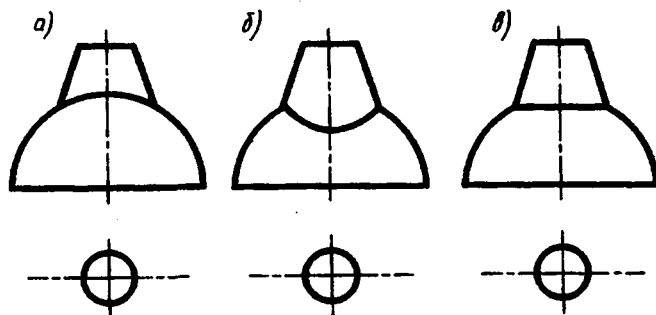


Рис. 4.48

Чтобы выяснить вид фронтальной проекции линии перехода, исключаем из системы уравнений переменную y . Получаем: $z^2 = d(d-x)$ — уравнение параболы. Исключая из системы уравнений переменную x , получим уравнение профильной проекции линии перехода: $z^4 = d^2(z^2 - y^2)$, т. е. уравнение кривой 4-го порядка. Уравнение горизонтальной проекции линии перехода очевидно: $x^2 - dx + y^2 = 0$. Пользуясь этими уравнениями, можно вычислить с требуемой точностью координаты любой точки проекции линии перехода.

Как видно из приведенного примера, аналитический метод позволяет избежать ошибок при проведении плавных кривых через построенные точки линии переходов. Характерным примером могут служить проекции линии пересечения двух торов (рис. 4.45), когда вид проекций линии их пересечения определяется только аналитически, решением системы уравнений обоих торов (софокусные гипербола и эллипс).

На рис. 4.44 показан общий прием построения точек линий перехода. Но в данном случае цилиндр занимает горизонтально-проецирующее положение. Следовательно, горизонтальная проек-

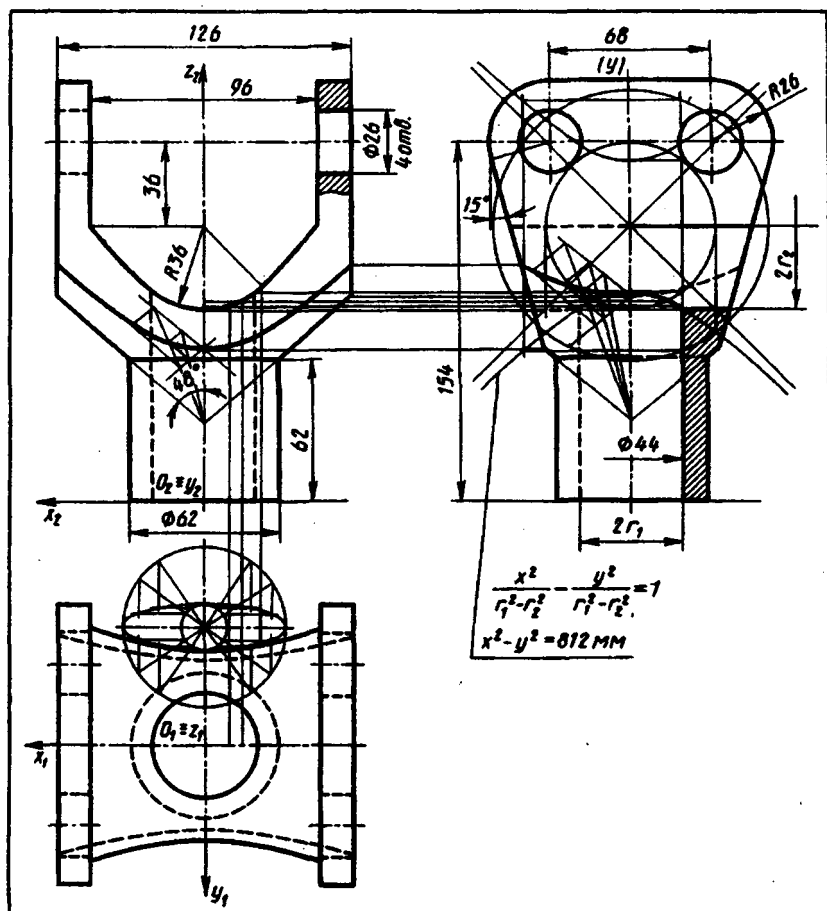


Рис. 4.49

ция линии перехода совпадает с горизонтальной проекцией боковой поверхности цилиндра, иначе говоря, она нам известна. Известно также, что все ее точки расположены на сфере. Остается только построить их фронтальные и профильные проекции, пользуясь параллелями сферы.

Линию перехода на рис. 4.44 можно строить и с помощью сфер-посредников или концентрических, проводимых из точки $C(C_2)$, или эксцентрических, описываемых из любых точек оси цилиндра, например из $E(E_2)$.

На рис. 4.46 даны примеры распадаения кривой 4-го порядка

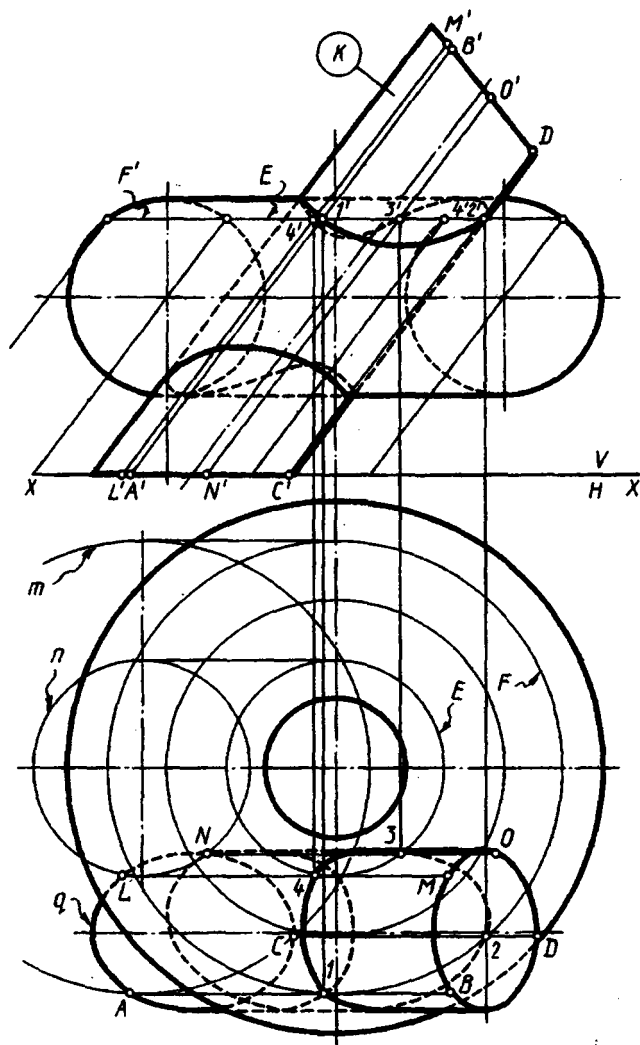


Рис. 4.50

на две коники. В первом случае кривая перехода распадается на два конгруэнтных эллипса, во втором — на два различных эллипса, имеющих общую малую ось. Такое пересечение двух цилиндров одинакового диаметра часто встречается в технике.

У п р а ж н е н и я: 1. На рис. 4.47 проекции точек линии перехода построены тремя способами, используя: 1) параллели конуса (параллель a — точки 2), 2) образующие (образующие SE и SE' — точки 3), 3) вспомогательную секущую сферу (радиуса R — точки 1). Какой из трех способов наиболее удобно применить для нахождения действительной оси и вершины гиперболы — фронтальной проекции линии перехода? Выведите уравнения гиперболы и профильной проекции линии перехода. (Размеры цилиндра и конуса определите по чертежу, при перечерчивании увеличив их в $1\frac{1}{2}$ —2 раза).

2. Постройте виды сверху и слева, удовлетворяющие заданным видам спереди конусов вращения, пересекающихся с поверхностями вращения (рис. 4.48, $a...e$).

На рис. 4.49 приведен пример выполнения учебного задания по теме «Плоские сечения квадрик и их взаимное пересечение» с определением параметров проекций построенных кривых.

На рис. 4.50 приведен пример построения проекций линии взаимного пересечения тора с цилиндром при помощи вспомогательных цилиндрических поверхностей.

Основные геометрические тела вращения (цилиндр, конус, шар, тор) и их поверхности, а также тела и поверхности многогранников (призмы и пирамиды) являются формообразующими элементами деталей машин, изучаемых в курсе инженерной графики. Умение их распознавать и читать на чертеже детали является одним из важнейших вопросов изучения начального курса инженерной графики.

Поэтому основные геометрические тела, усеченные плоскостями уровня (кроме тора), образующими пазы в телах, и линии среза на их поверхностях, а также чертежи деталей, синтезированных соосным соединением таких геометрических тел, изучаются и в режиме лабораторных занятий на ЭВМ с использованием программных и интерактивных средств компьютерной графики.

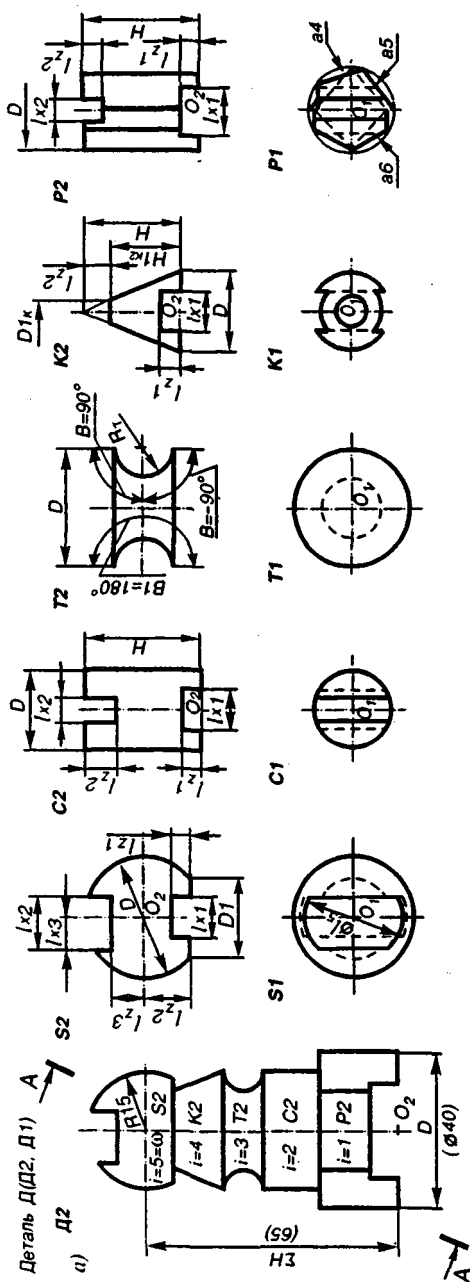
На рис. 4.51 ИГМ и параметры поверхностей основных геометрических тел F_i , заданных своими проекциями на фронтальной и горизонтальной плоскостях (F_{2i} , F_{1i}). На рис. 4.51, a , деталь D (D_2 ,

D_1) = $\sum_i (F_{2i}, F_{1i})$, синтезированная из F_i . Деталь задается ме-

таллической или графической (чертежной) моделью. Обучающийся должен заполнить таблицу ТКС- ΣF_i фактическими значениями параметров, снятых с модели, и построить на экране ГД три проекции детали, задав габаритные размеры (D , ΣH), построив сечение А-А и проекции заданных точек.

Если построение проекций детали, сечения или проекций точек вызывает затруднение у обучающегося, то он первоначально вызывает ПП F_i , изучает на экране ГД ее проекции, находит проекции точки на ней и сечение ее поверхности (см. рис. 4.52). После этого

ИГМ и параметры поверхностей основных геометрических тел - $F_i(F_2, F_1)$ детали $D = \sum_i(F_2, F_1)$



ФОРМУЛЫ
ПАРАМЕТРЫ:

$$H_{s2} = l_2^2 + l_3^2$$

$$H_{12} = 2 \cdot R_1$$

$$H_{1K2} = H \cdot l_2^2$$

$$D_{1K2} = l_2^2 \cdot D_1 / H$$

$$D_{1s2} = \sqrt{D_{s2}^2 - 4 \cdot l_2^2}$$

$$20 \leq D \leq 50 \quad 3 \leq \omega \leq 8$$

$$0 < l_1, l_2 < 0.5D$$

$$TKC - \Sigma F_i$$

lim(p(TKC)): 10 ≤ K ≤ 40

Фактические (основные) параметры F_i :

i	F _i	D	H	R _i	l ₁	l ₂	l ₃	l ₂	l ₂	l ₂	B	XSB	YSB
1	P2	40	20	-	24	0	0	0	7	0	0	0	0
2	C2	30	15	-	0	0	0	0	0	0	0	0	20
3	T2	30	10	5	0	0	0	0	0	0	180	0	35
4	K2	36	35	-	0	0	0	0	0	22	0	0	45
5=ω	S2	30	15	-	0	13	8	0	7	8	0	0	65

Рис. 4.51

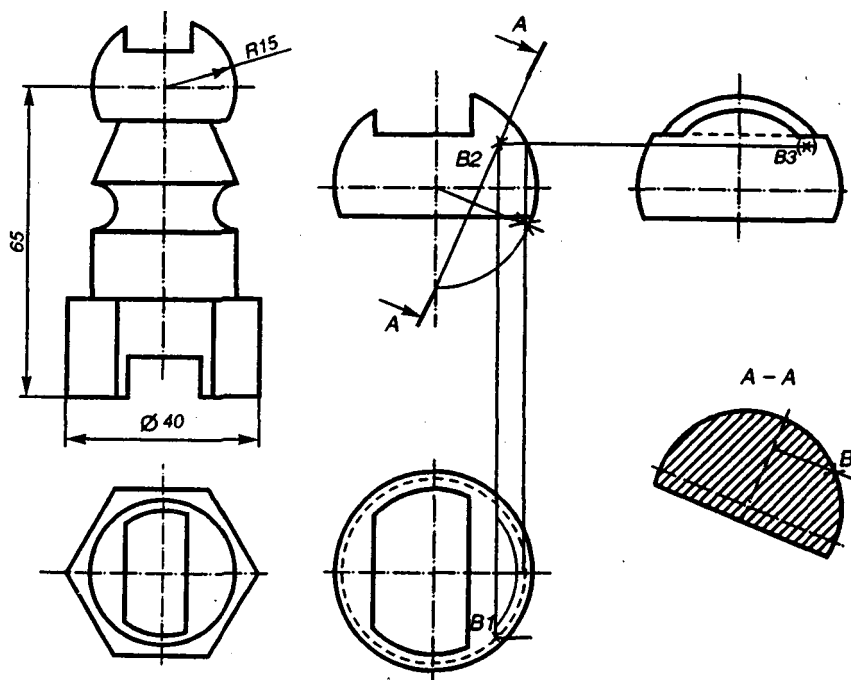


Рис. 4.52

выполняется основное задание — проекции Д, сечение А-А и проекции всех точек. Подробно методика и компьютерная технология описана в «ЛПМГ» — приложении к данному изданию.

Наука, так сказать, дружит с промышленностью и они совокупными усилиями хлопочут, как могут, об общем благе.

Д. И. Менделеев

5. ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ТЕХНИЧЕСКИХ ЧЕРТЕЖАХ

5.1. Прямоугольное проецирование на несколько плоскостей проекций. Изображения предметов (подразумеваются изделия и их составные части) должны выполняться по методу прямоугольного проецирования. Различают две его разновидности:

1) *метод первого угла* (метод *E*)¹, когда изображаемый предмет располагают между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекции (рис. 5.1, а, б). Графическое его обозначение, приводимое при необходимости в основной надписи чертежа или над ней, показано на рис. 5.2, а;

2) *метод третьего угла* (метод *A*)² — плоскость проекций располагают между наблюдателем и изображаемым предметом, (рис. 5.2, б).

Метод *E* является основным.

Шесть граней куба принимают за основные плоскости проекции, совмещаемые с плоскостью чертежа, как показано на рис. 5.1 (метод *E*) и рис. 5.3 (метод *A*).

Согласно ГОСТ 2.305—68** (СТ СЭВ 363—88), *изображение на фронтальной плоскости проекций принимают на чертеже в качестве главного*. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней (*главное изображение*) давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

В зависимости от содержания изображения разделяют на виды, разрезы, сечения.

5.2. Виды. Вид — изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета штриховыми линиями (рис. 5.4).

Виды, получаемые на основных плоскостях проекций, являются основными и имеют следующие названия: 1 — *вид спереди* (или *главный вид*); 2 — *вид сверху*; 3 — *вид слева*; 4 — *вид справа*; 5 — *вид снизу*; 6 — *вид сзади* (см. рис. 5.1).

Если какой-либо вид расположен вне проекционной связи с

¹ Принят в СССР и большинстве стран Европы.

² Принят в Англии, США и в некоторых других странах.

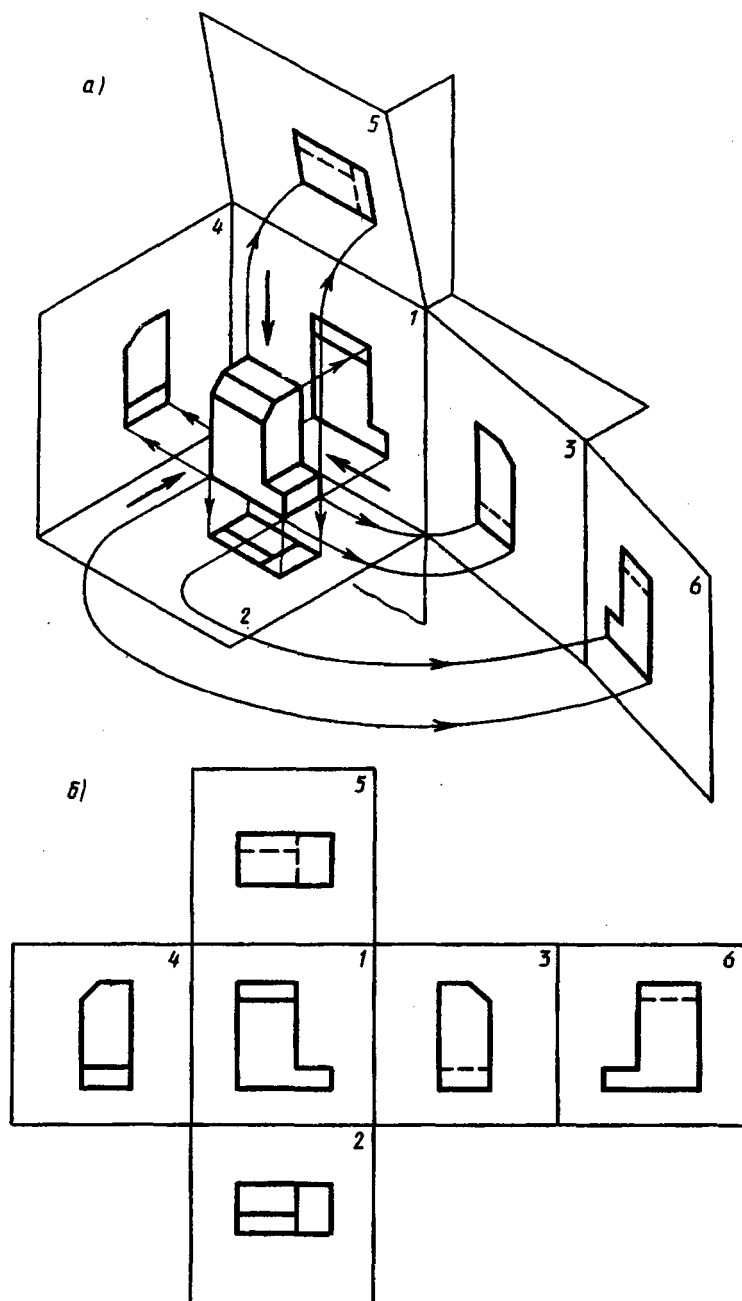


Рис. 5.1

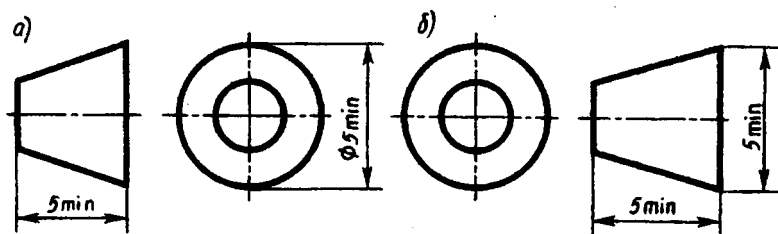


Рис. 5.2

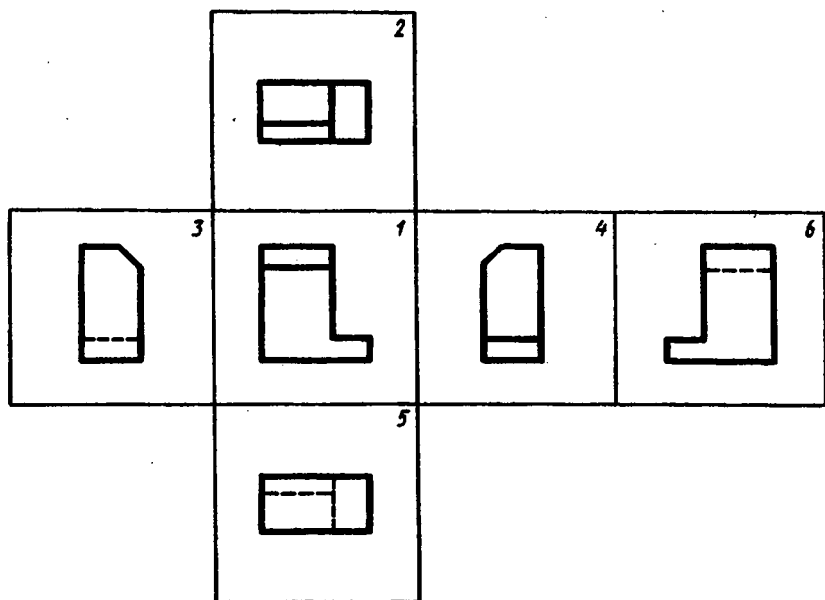


Рис. 5.3

главным изображением (вида или разреза) или отделен от него другими изображениями, указывают стрелкой направление проецирования, обозначаемое прописной буквой кириллицы, той же буквой обозначают построенный вид (рис. 5.4).

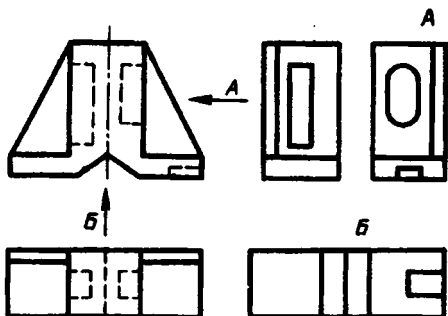


Рис. 5.4

Если какая-либо часть предмета не может быть показана ни на одном из основных видов без искажения формы и размеров, то применяют *дополнительные виды*, получаемые на плоскостях, не параллельных основ-

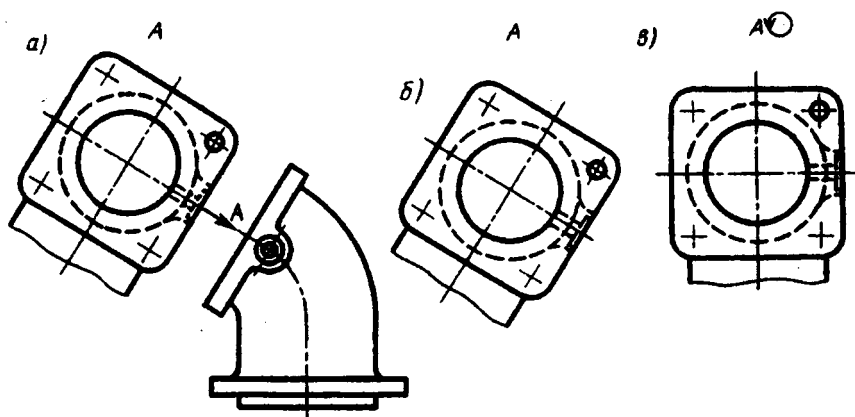


Рис. 5.5

ным плоскостям проекции. Дополнительный вид также отмечают стрелкой и надписью (рис. 5.5, а, б). Допускается поворачивать дополнительный вид, при этом к надписи добавляют знак «повернуто» (рис. 5.5, в). При необходимости указывают угол поворота после знака «повернуто». Если дополнительный вид расположен, как показано на рис. 5.6, надпись не делают.

Изображение ограниченного места поверхности предмета называют: *местным* (частичным) *видом*. Он может быть ограничен линией обрыва (Вид А, рис. 5.7) или не ограничен. Местный вид отмечают на чертеже подобно дополнительному виду.

На рис. 5.8, а приведены размеры стрелки, указывающей направление

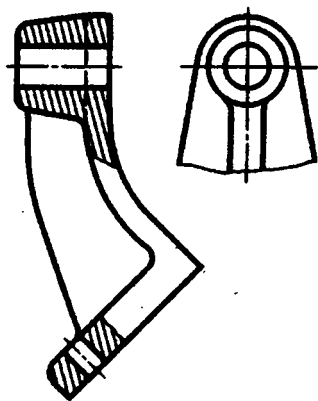


Рис. 5.6

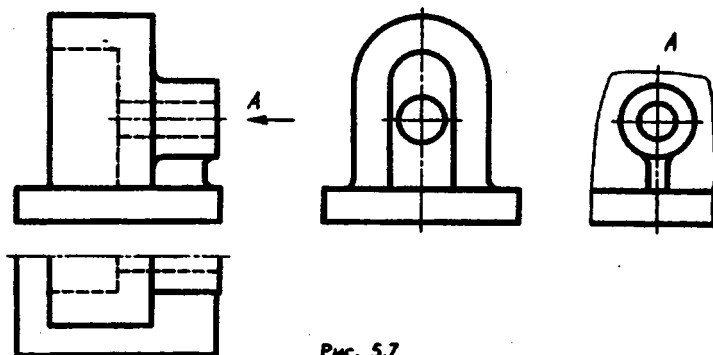


Рис. 5.7

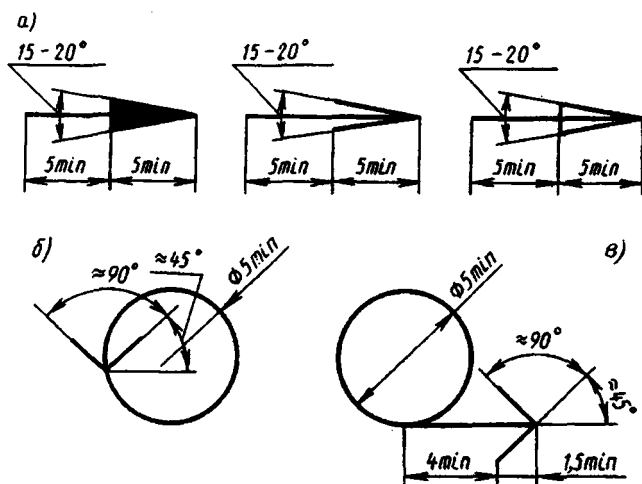


Рис. 5.8

проецирования (три варианта), и знаков, заменяющих слова «повернуто» (рис. 5.8, б) и «развернуто» (рис. 5.8, в). Примеры применения этих знаков см. на рис. 4.26, 5.13, 5.19, 5.39 и др.

5.3. Разрезы. Разрез — изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (рис. 5.9). Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета (рис. 5.10).

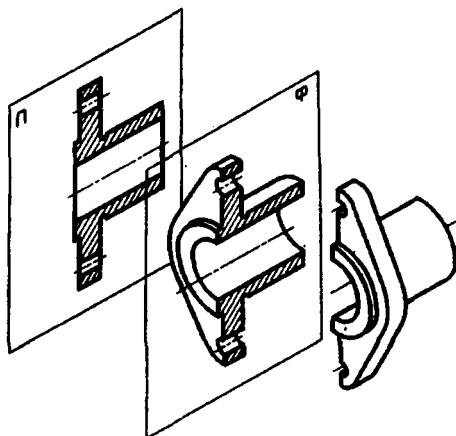


Рис. 5.9

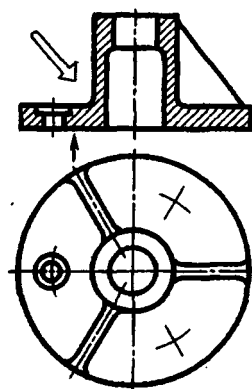


Рис. 5.10

Разрезы могут быть:
горизонтальные — секущая
(рис. 5.11);

плоскость

горизонтальна

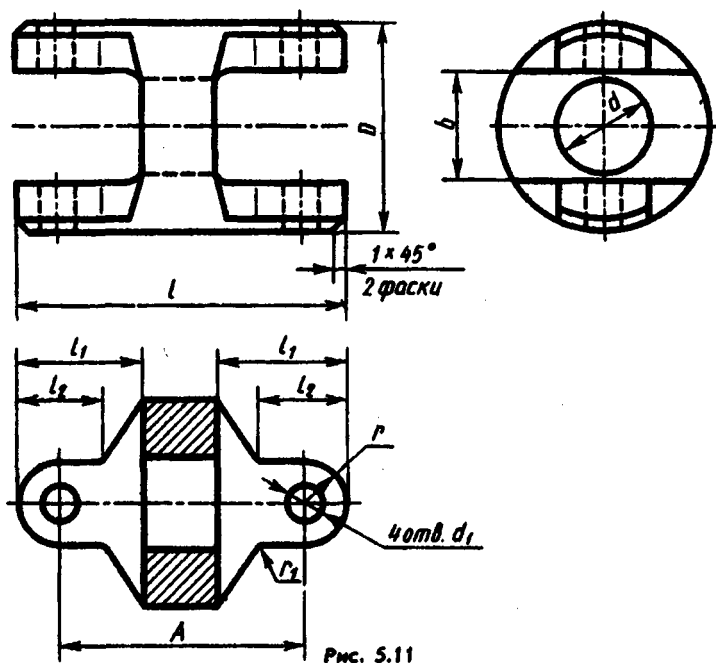


Рис. 5.11

вертикальные — секущая плоскость вертикальна. Вертикальный разрез называют **фронтальным** (см. рис. 5.9 и 5.10), если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекции, и **профильным**, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (рис. 5.12);

наклонные — секущая плоскость наклонена к горизонтальной плоскости проекций (рис. 5.13, а). Наклонный разрез допускает-

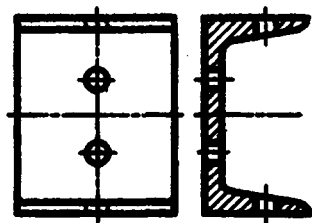


Рис. 5.12

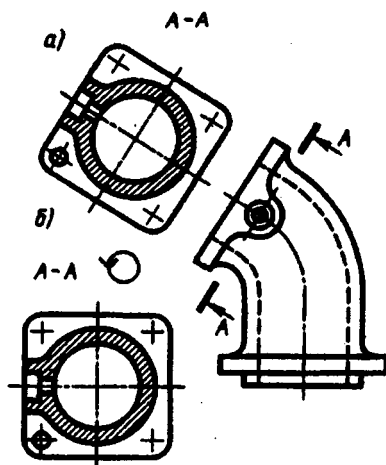


Рис. 5.13

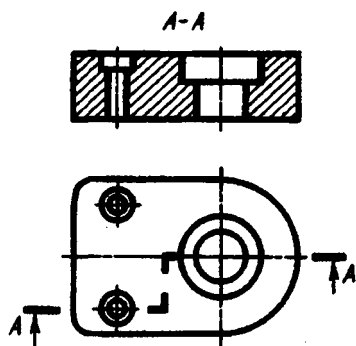


Рис. 5.14

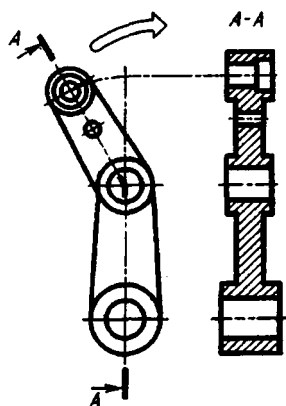


Рис. 5.15

ся изображать с поворотом. В этом случае к его обозначению добавляют тот же знак, что у повернутых видов (рис. 5.13, б).

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяют на *простые* — при одной секущей плоскости, и *сложные* — при двух и более секущих плоскостях.

Сложный разрез называют *ступенчатым*, если секущие плоскости параллельны (рис. 5.14), и *ломаным*, если секущие плоскости пересекаются под углом, большим 90° (рис. 5.15). Допускается применять сложные разрезы, подобные разрезу А—А на рис. 5.16, и ломаные — на рис. 5.17, когда направление проецирования не соответствует направлению поворота.

При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные за ней, вычерчивают так, как они проецируются на

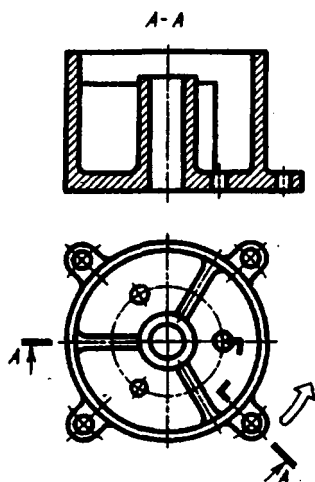


Рис. 5.16

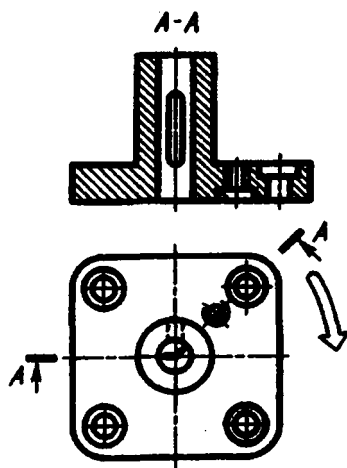


Рис. 5.17

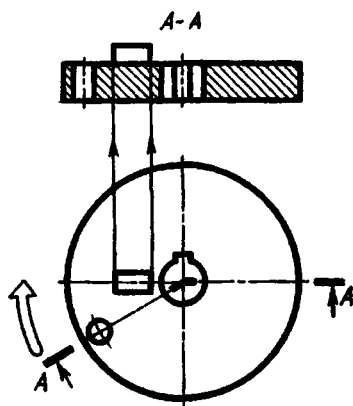


Рис. 5.18

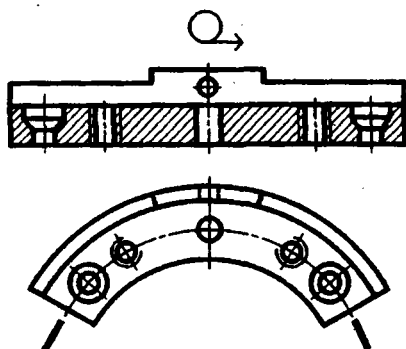


Рис. 5.19

соответствующую плоскость, до которой производится совмещение (шпоночная канавка и призматический выступ на рис. 5.18).

При необходимости (рис. 5.19) допускается применять *развернутые разрезы*. В этом случае над изображениями помещают знак по рис. 5.8, в.

Разрез, служащий для выяснения устройства детали лишь в отдельном ограниченном месте, называют *местным* (частичным).

Его ограничивают на виде или волнистой линией, или линией с изломами (рис. 5.20). Концы ломаной линии должны выступать за контур изображения на 2...4 мм (рис. 5.20). Эти линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

Допускается соединять часть вида и часть соответствующего разреза, разделяя их ломаной (рис. 5.21) или волнистой линией

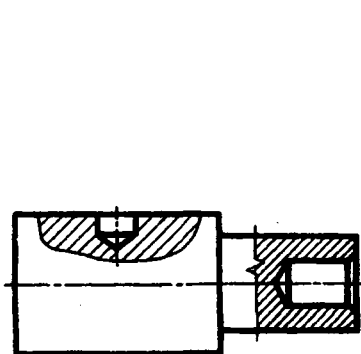


Рис. 5.20

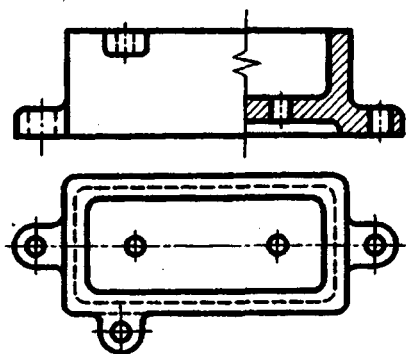


Рис. 5.21

(рис. 5.23). Если соединяют половину вида и половину разреза, каждый из которых — симметричная фигура, то разделяющей линией служит ось симметрии (рис. 5.22 и рис. 5.23, разрез A—A).

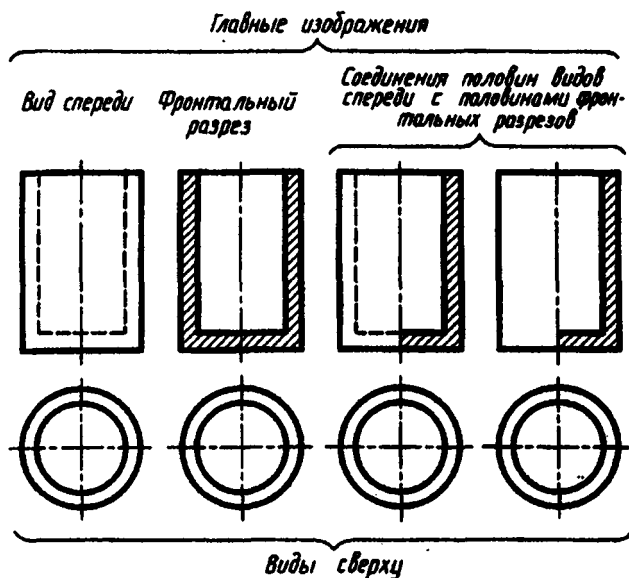


Рис. 5.22

за исключением случаев, когда на ось симметрии проецируется линия контура (рис. 5.23). При этом, как правило, разрезы располагают справа от вертикальной или вниз от горизонтальной оси симметрии. Допускается разделение разреза и вида осевой линией в случаях, аналогичных показанному на рис. 5.24.

В общем случае обозначение разреза содержит указание положения секущей плоскости линией сечения (штрихами разомкнутой линии), указание направления проецирования (стрелками на начальном и конечном штрихах) и обозначение секущей

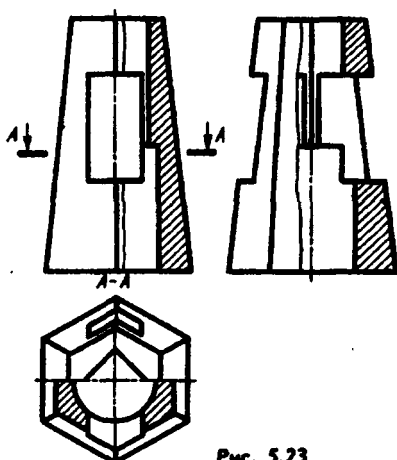


Рис. 5.23

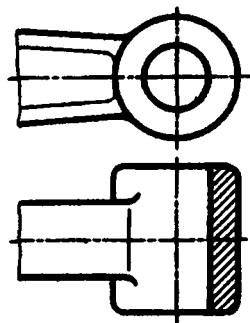


Рис. 5.24

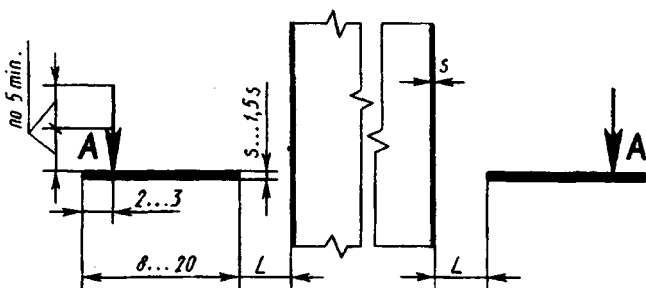


Рис. 5.25

плоскости и разреза одной и той же прописной буквой кириллицы, начиная с *А*, без пропусков и повторений (см. рис. 5.39). Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур изображения. Буквы наносят около стрелок (при необходимости и в местах перегиба) с внешней стороны угла. Размер шрифта — в 1,5...2 раза больший, чем принятый для цифр размерных чисел. Величина L — по обстановке, желательно не менее 3 мм (рис. 5.25).

При необходимости начальный и конечный штрихи могут быть расположены внутри контура (рис. 5.26).

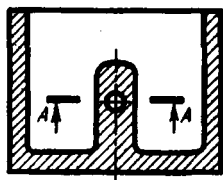


Рис. 5.26

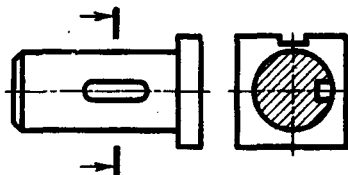


Рис. 5.27

Не указывают положение секущей плоскости, направление проецирования и не наносят буквенные обозначения, если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета и параллельна одной из основных плоскостей проекций (верти-

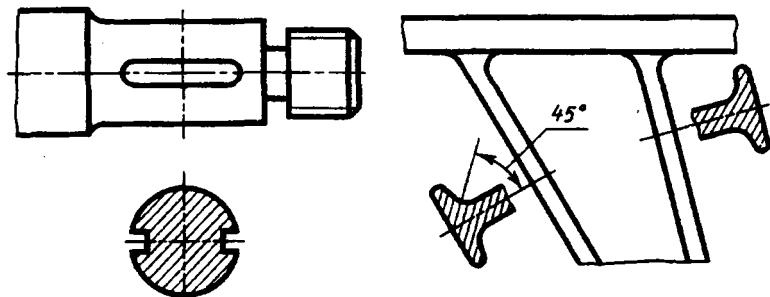


Рис. 5.28

кальные разрезы на рис. 5.10 и 5.23 и горизонтальный на рис. 5.11).

Допускается указывать положение секущей плоскости и направление проецирования без буквенных обозначений по рис. 5.27.

Непременные условия для всех этих трех случаев — выполнение изображений по методу Е и расположение в непосредственной проекционной связи, обеспечивающие однозначное понимание чертежа.

5.4. Сечения. Сечение — изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывают только то, что получается непосредственно в секущей плоскости (рис. 5.28). При необходимости можно применять в качестве секущей цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость (см. рис. 5.19).

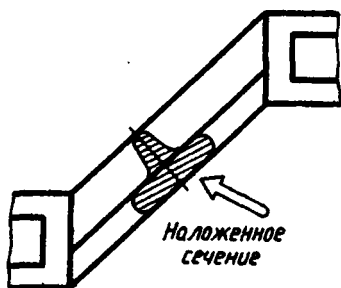


Рис. 5.29

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на *вынесенные* (рис. 5.28) и *наложенные* (рис. 5.29). Вынесенные сечения предпочтительны; допускается располагать их в разрыве между частями вида (рис. 5.30).

Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, контур наложенного — сплошными тонкими,

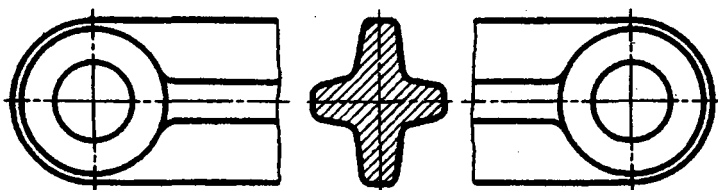


Рис. 5.30

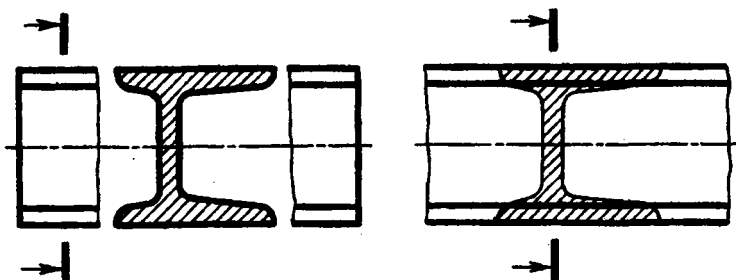


Рис. 5.31

причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают (см. рис. 5.29).

Ось симметрии наложенного или вынесенного сечения указывают штрихпунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят.

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве или наложенных, линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают (рис. 5.31).

В общем случае положение секущей плоскости и надпись над сечением на чертежах указывают так же, как и для разрезов (рис. 5.32, а).

Допускается располагать сечение в любом месте поля чертежа, а также с поворотом с добавлением знака «повернуто» (рис. 5.32, б).

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью. (Сопоставьте сечение А—А с сечением Б—Б на рис. 5.33.)

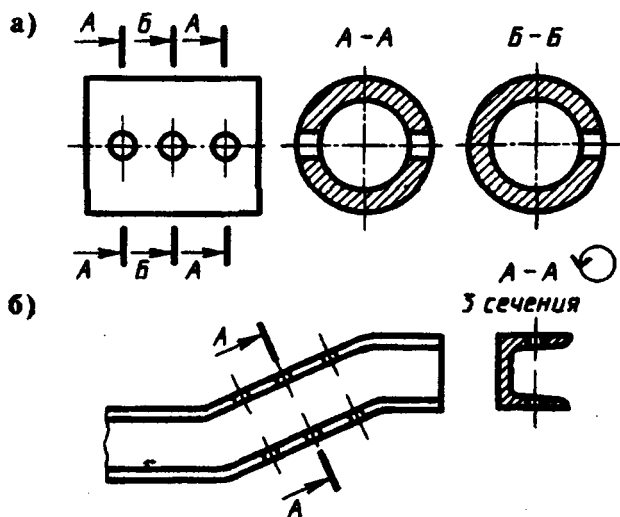


Рис. 5.32

Если сечение получается состоящим из отдельных частей, то следует применить разрез (рис. 5.34).

5.5. Выносные элементы. Выносной элемент — изображение в более крупном масштабе какой-либо части предмета, содержащее подробности, не указанные на соответствующем изображении; он может отличаться от основного изображения по содержанию (например, изображение может быть видом, а выносной элемент — разрезом). Пример обозначения выносного элемента (рис. 5.35, а) — пояснение формы канавки для выхода шлифовального круга.

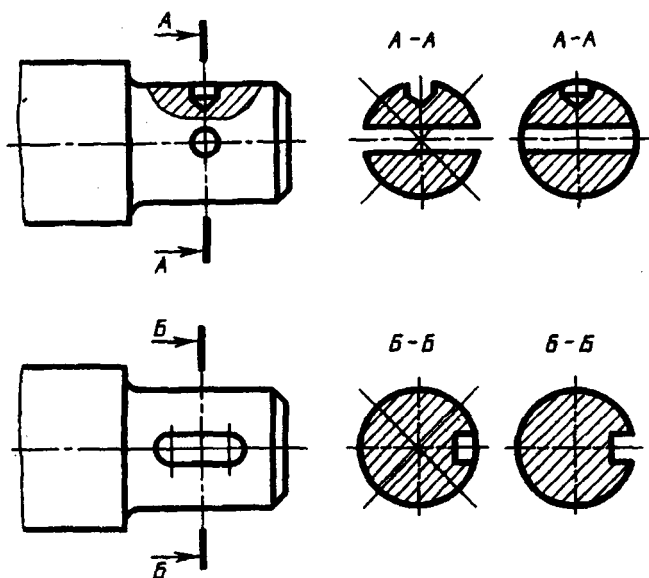


Рис. 5.33

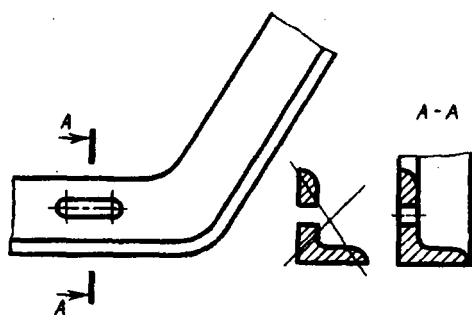


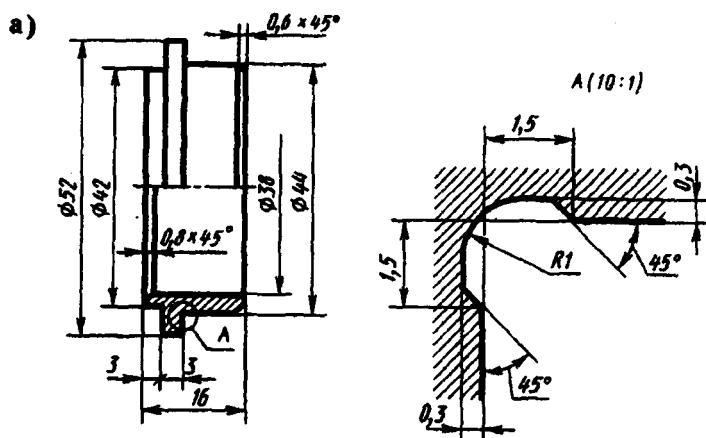
Рис. 5.34

Исключены из условных надписей над изображениями (видами, разрезами, выносными элементами) слова «Лист», «Зона». Так, например, обозначение выносного элемента 1, выполненного в М 5:1 и расположенного на листе 2 в зоне 7С, теперь будет обозначаться так: А (5:1) (2) (7С) (рис. 5.35, б).

5.6. Условности и упрощения. Если вид, разрез или сечение — симметричная фигура, допускается вычерчивать половину или немного более половины изображения (рис. 5.36).

Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов (отверстий, зубьев, пазов, спиц и т. д.), то на его изображении показывают один-два таких элемента, а остальные — упрощенно или условно (рис. 5.37, см. также отверстия, отмеченные только центровыми линиями на рис. 5.5, 5.13 и др.), с указанием их количества.

Допускается упрощенно изображать линии пересечения поверхностей, если по условиям производства не требуется их точного построения. Например, вместо лекальных кривых можно проводить дуги окружности и прямые (см. рис. 5.36).



б) $\frac{I}{M5:1}$ Лист 2 Зона 7С

$A(5:1)(2)(7C)$

Рис. 5.35

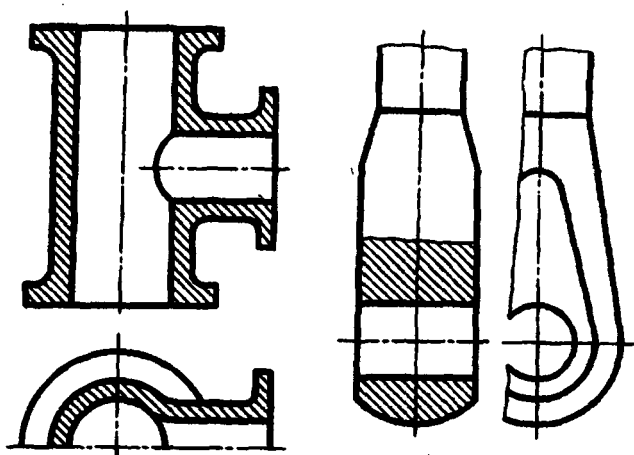


Рис. 5.36

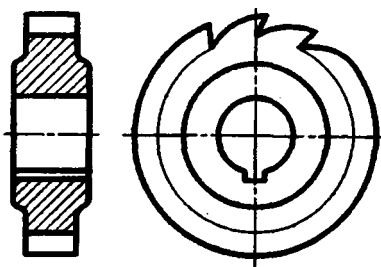


Рис. 5.37

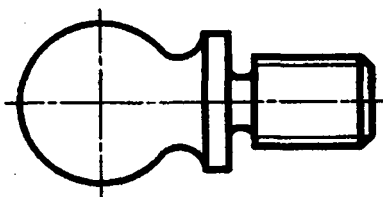


Рис. 5.38

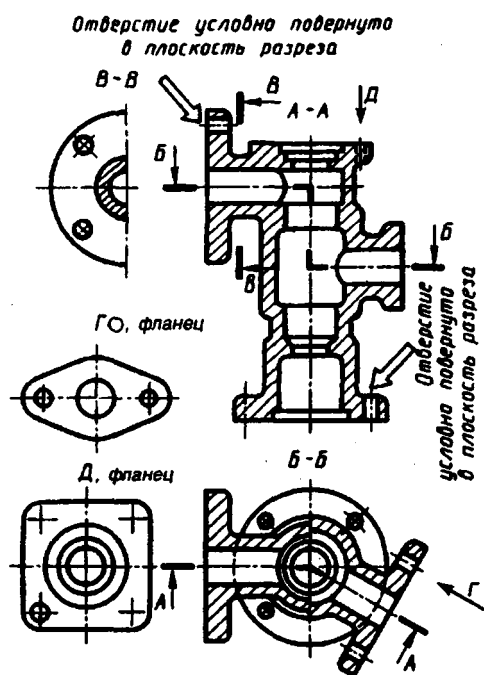


Рис. 5.39

Плавный переход поверхности в другую показывают условно тонкой линией (см. рис. 2.8) или совсем не показывают (рис. 5.38).

Отверстия, расположенные на круглом фланце, изображают в разрезе и в случаях, когда они не попадают в секущую плоскость (рис. 5.39).

Болты, винты, шпильки, шпонки и другие непустотелые детали, зубья зубчатых колес, непустотелые валы, оси, рукоятки и аналогичные части деталей в продольном разрезе (а шарики всегда) показывают нерассеченными (рис. 5.40 и 5.41).

Спицы зубчатых колес, тонкие стенки и т. п., если секущая плоскость направлена вдоль их оси

или длинной стороны элемента, показывают разрезанными, но незаштрихованными (рис. 5.42, а — правильно, б — нерационально). Если в подобных элементах детали имеется углубление, то применяют местный разрез (рис. 5.43).

Допускается изображать с разрывами детали, аналогичные показанным на рис. 5.30 и 5.31.

Плоские участки поверхности детали допускается выделять диагоналями, проводимыми тонкими линиями (рис. 5.44).

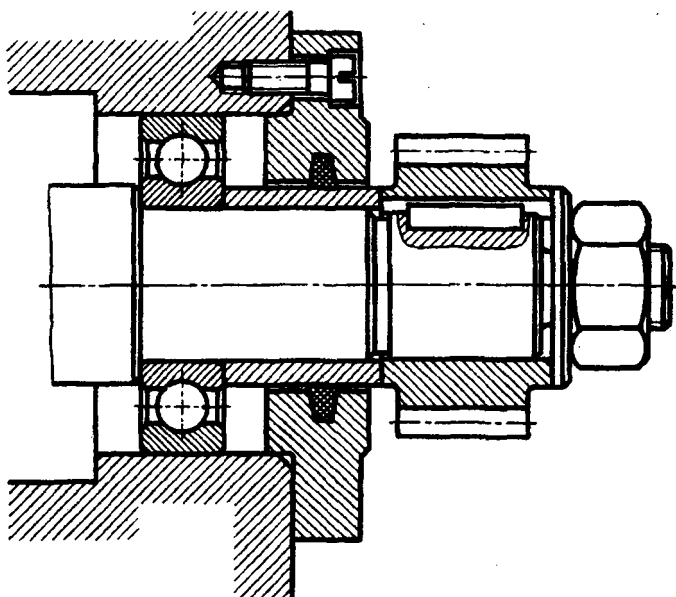


Рис. 5.40

Сетки, орнаменты, рифления
едует изображать упрощенно
ис. 5.45 и 5.46), используя ус-
вности типов, показанных на
с. 5.47.

Упрощение изображений со-
ощает непронзводительное вре-

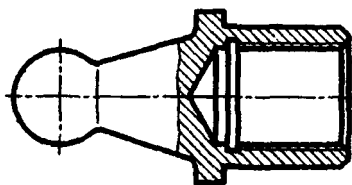
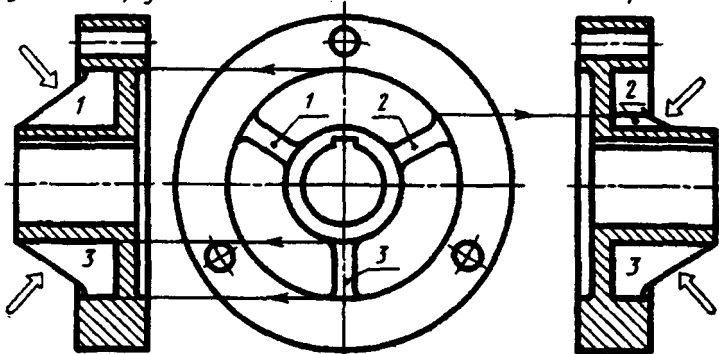


Рис. 5.41

а)
*Ребро 1
условно повернуто*

б)
*Ребро 2 спроецировано
без поворота*



Ребра 1 и 3 разрезаны, но не заштрихованы

Рис. 5.42

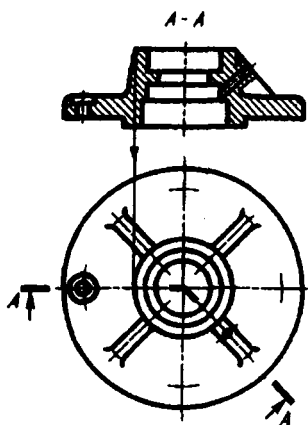


Рис. 5.43

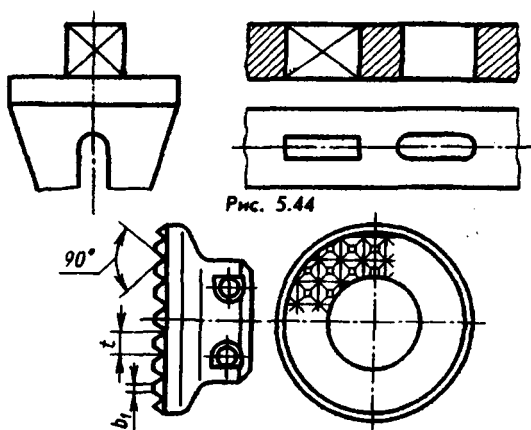


Рис. 5.44

Пясть по ГОСТ 21930-76

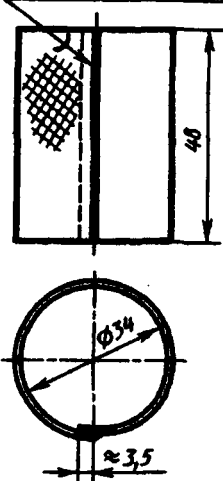


Рис. 5.46

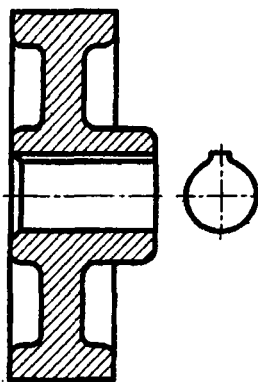


Рис. 5.47

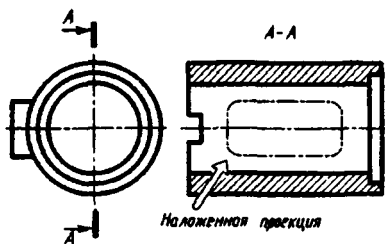


Рис. 5.48

мя на выполнение технической работы, ведет к сокращению сроков проектирования, повышению его качества.

Однако из-за упрощений чертеж не должен терять ясность. Определять, что необходимо и что излишне, должен сам исполнитель чертежа. В частности, пользоваться на-

ложенными проекциями надо с осторожностью (рис. 5.48).

Вопрос. На рис. 5.49 и 5.50 приведены чертежи начала XIX в. и середины XX в. Что можно в них упростить, учитывая, изложенные правила? Какие правила изменились?

5.7. Графические обозначения материалов в сечениях. Материал, из которого должно быть изготовлено изделие, указывают соответствующим обозначением в основной надписи чертежа (см. п. 7.9). Однако для удобства пользования чертежом в сечениях (в том числе и входящих в состав разрезов) наносят установленные ГОСТ 2.306—68* (СТ СЭВ 860—78) графические обозначения материалов, характеризующие материал только в общих чертах. Некоторые из них, наиболее часто встречающиеся на чертежах в машиностроении, приведены на рис. 5.51. Параллельные линии штриховок проводят под углом 45° к линии рамки чертежа (рис. 5.52) или к оси вынесенного (см. рис. 5.28) или наложенного (см. рис. 5.29) сечения. Расстояние между линиями выбирается в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений (для учебных чертежей рекомендуется — 2...3 мм). Оно должно быть одинаковым для всех сечений данной детали, выполняемых в одном и том же масштабе, и с наклоном в одну и ту же сторону (см. рис. 5.23).

При совпадении направления линий штриховки с контурными или осевыми линиями вместо угла наклона 45° применяют угол 30° или 60° (рис. 5.53).

Штриховку смежных сечений наносят для одного сечения вправо, для другого — влево или изменяют расстояние между линиями (рис. 5.54, а), кроме того, применяют сдвиги линий штриховки (рис. 5.54, б). При штриховке «в клетку» расстояние между линиями штриховки в каждом сечении должно быть разным (рис. 5.55).

Большие площади рекомендуется заштриховывать только у контурных линий (см. рис. 5.40).

Узкие площади сечений, шириной на чертеже менее 2 мм, допускается зачернять, оставляя просвет между смежными сечениями (рис. 5.56). Узкие и длинные площади сечений реко-

Чертеж ядра

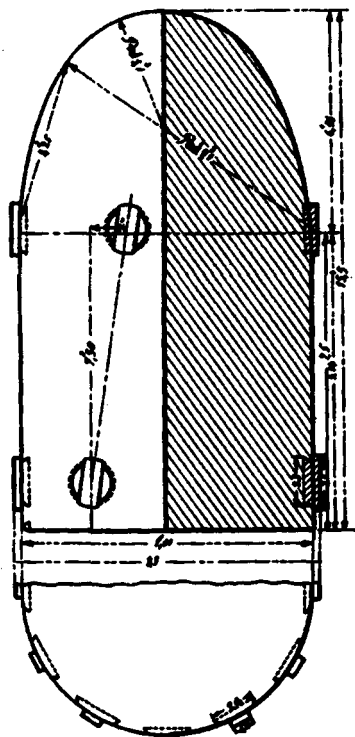


Рис. 5.49

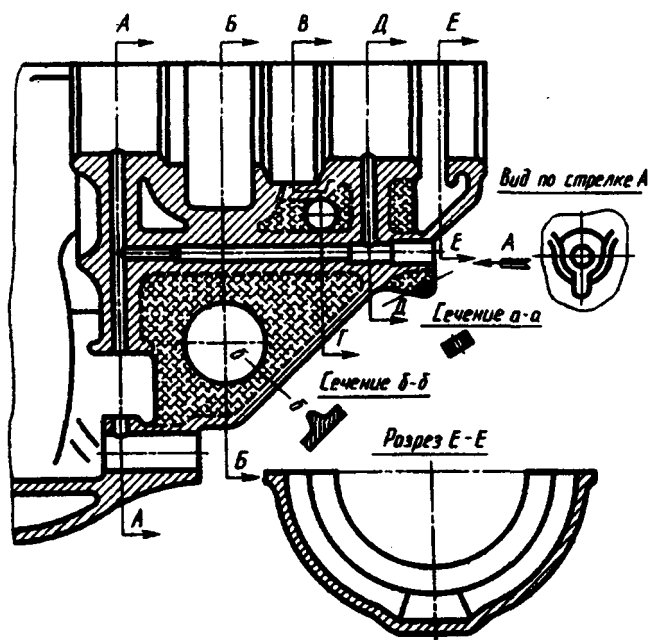


Рис. 5.50

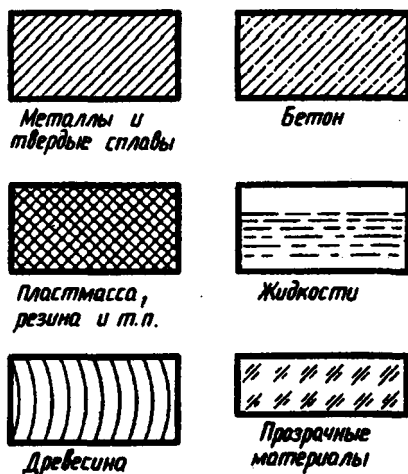


Рис. 5.51

мендуется штриховать участками, как показано на рис. 5.57.

Соприкасающиеся сечения одной и той же детали штрихуют в одну сторону без изменения шага штриховки (рис. 5.58).

5.8. Наглядные аксонометрические изображения. Общие сведения. Существуют три разновидности наглядных изображений:

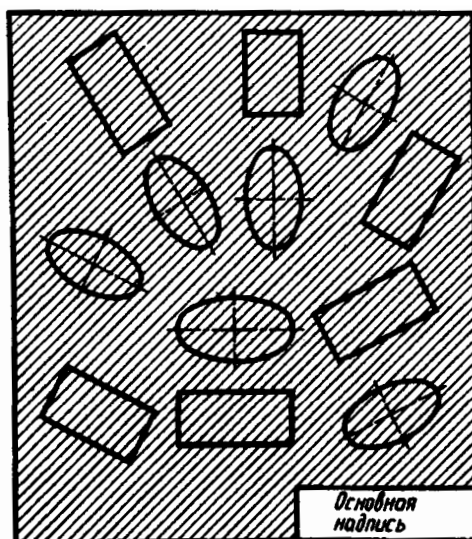


Рис. 5.52

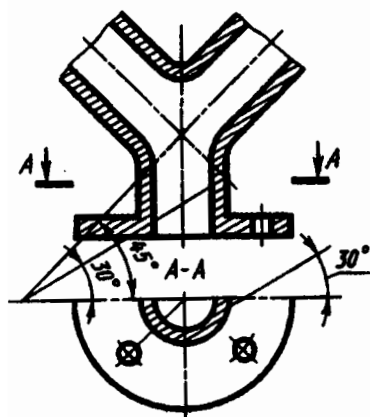


Рис. 5.53

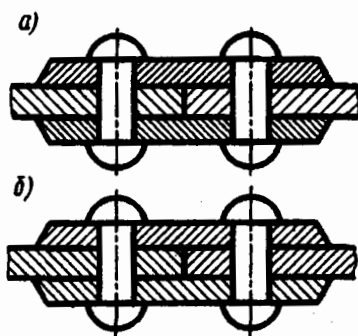


Рис. 5.54

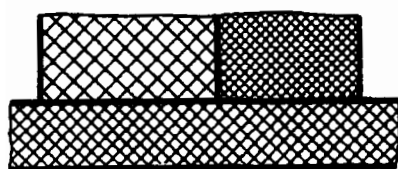


Рис. 5.55

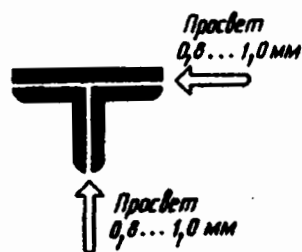


Рис. 5.56

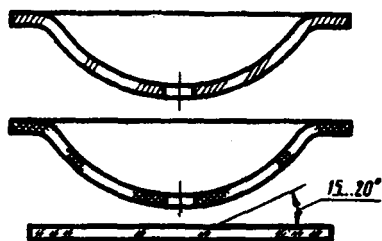


Рис. 5.57

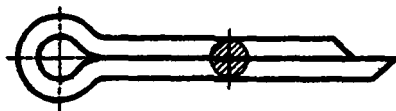


Рис. 5.58

перспектива, параллельная и центральная аксонометрии. Первую применяют для изображения объектов больших размеров (зданий, плотин, самолетов, крупных станков и т. д.), когда надо показать, как они будут выглядеть с определенных точек зрения после их создания. Перспектива как бы заменяет фотографии объектов, пока существующих только в представлении проектировщиков. Однако значительно проще, чем перспектива, строится параллельная аксонометрия (обычно объектов небольших размеров), которую широко используют в различных отраслях техни-

ки, в частности в машиностроении. Теорию аксонометрии излагают в курсе начертательной геометрии, практику применения — в курсе черчения. Центральная аксонометрия представляет больше научный интерес и в практике используется редко.

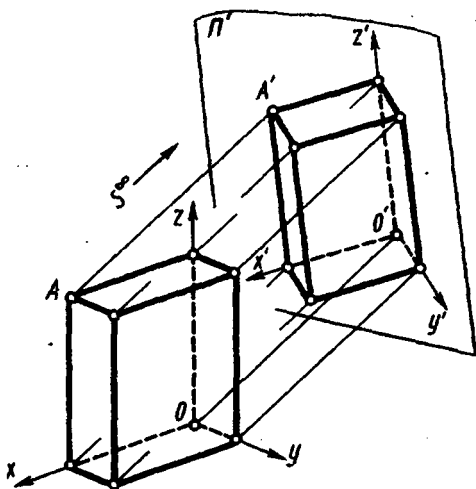


Рис. 5.59

Напомним сущность метода аксонометрии: объект относят к прямоугольной декартовой системе координат (рис. 5.59) и проецируют его вместе с осями координат пучком параллельных лучей на некоторую плоскость проекций, называемую аксонометрической.

Полученное на ней изображение называют аксонометрическим (или просто аксонометрией), а проекции координат осей — аксонометрическими осями координат.

Очевидно, проекции прямых, параллельных в натуре натуральным осям координат, параллельны соответствующим аксонометрическим. Именно в использовании этого свойства параллельных проекций и заключается простота построения параллельной аксонометрии. Это легко проследить по рис. 5.59.

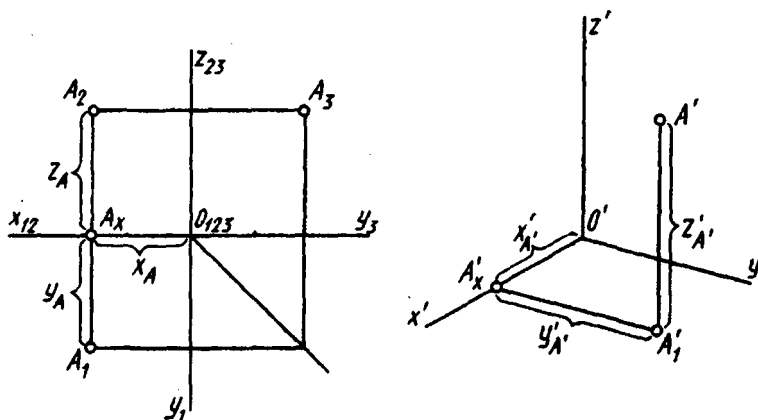


Рис. 5.60

Здесь возможны три случая: когда все три оси координат составляют с аксонометрической плоскостью проекций некоторые острые углы (равные или неравные) и когда одна или две оси ей параллельны.

В первом случае применяется только прямоугольное проектирование (прямоугольная или ортогональная аксонометрия), во втором и третьем — только косоугольное проектирование (косоугольная аксонометрия).

На рис. 5.60 положение точки A в системе $Oxyz$ определяют три координаты — x_A , y_A , z_A , полученные путем измерения звеньев натуральной координатной ломаной OA_xA_1A . На аксонометрическом чертеже звенья аксонометрической ломаной $O'A'_xA'_1A'$ в общем случае не равны соответствующим звеньям натуральной. Отношения их длин к длинам последней называют *показателями* (коэффициентами) *искажений*:

$$u = \frac{|O'A'_x|}{|OA_x|}; \quad v = \frac{|A'_xA'_1|}{|A_xA_1|}; \quad w = \frac{|A'_1A'|}{|A_1A|}$$

В ортогональной аксонометрии эти показатели равны косинусам углов наклона натуральных осей координат к аксонометрической плоскости, а следовательно, они всегда меньше единицы. Их связывает формула

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

В косоугольной аксонометрии показатели искажения связаны с формулой

$$u^2 + v^2 + w^2 = 2 + \text{ctg}^2 \alpha, \quad (2)$$

т. е. любой из них может быть меньше, равен или больше единицы (здесь α — угол наклона направления проектирования к аксонометрической плоскости). Углы наклона натуральных осей координат к аксонометрической плоскости проекций и направ-

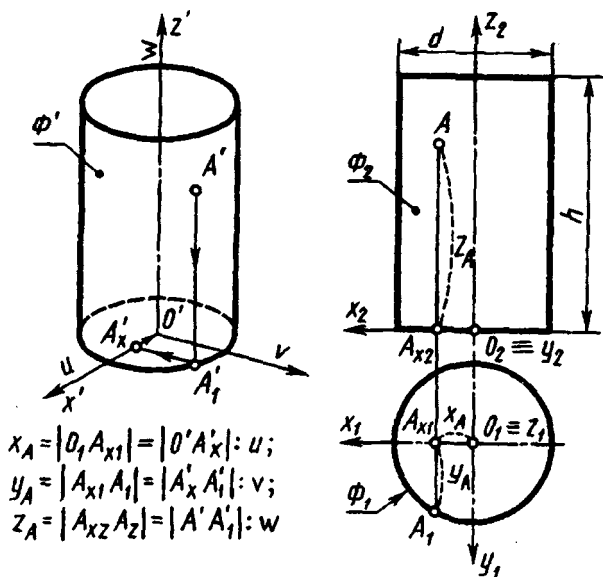


Рис. 5.61

ление проецирования могут быть выбраны произвольно. Следовательно, возможно существование бесчисленного множества видов ортогональной и косоугольных аксонометрий. Их подразделяют на три группы:

- 1) все три показателя искажения равны ($u=v=w$). Этот вид аксонометрии называют изометрической (или *изометрией*);
- 2) два каких-либо показателя равны (например, $u=v \neq w$). Этот вид аксонометрии называют диметрической (или *диметрией*);
- 3) все три показателя различны ($u \neq v \neq w \neq u$). Этот вид аксонометрии называют триметрической (или *триметрией*).

В практике применяют несколько видов как прямоугольной, так и косоугольной аксонометрии с наиболее простыми соотношениями между показателями искажений (см. п. 5.9).

Обратимость аксонометрического чертежа (возможность определения натуральных размеров изображенного объекта) обеспечивается указанием на нем показателей искажения (или наличием условий для их определения) и возможности построения аксонометрической координатной ломаной любой точки поверхности, принадлежащей изображенному объекту (рис. 5.61 и 5.62).

Упражнение. Определите натуральные размеры объекта, изображенного на рис. 5.63.

Координатными ломаными пользуются, если нельзя применить какой-либо частный прием (например, как на рис. 5.64) при построении аксонометрии кривых линий: длины звеньев, парал-

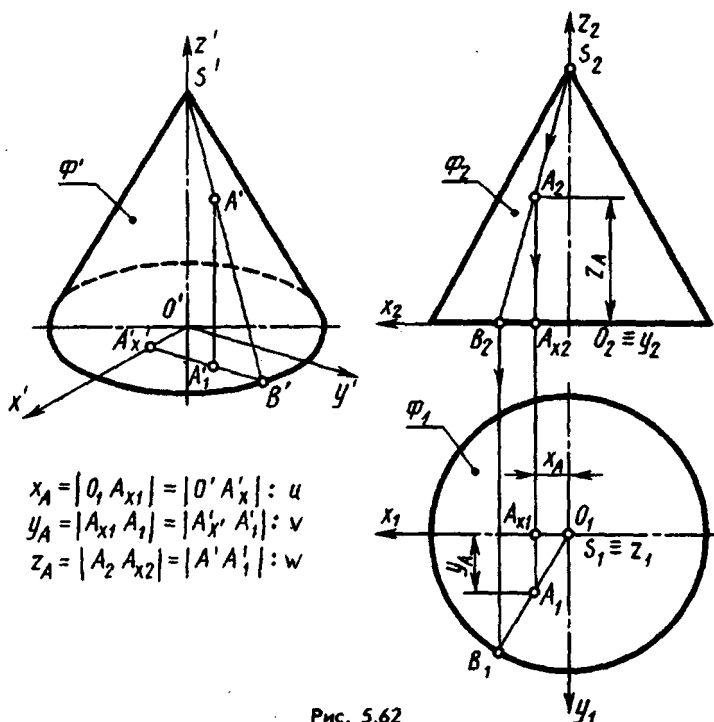


Рис. 5.62

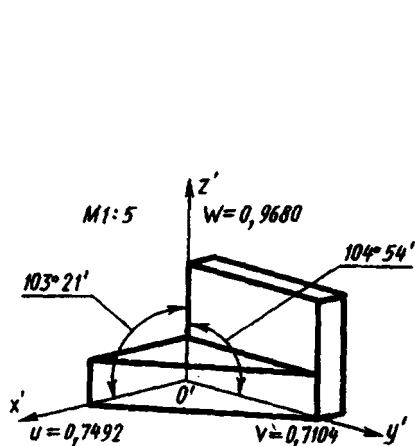


Рис. 5.63

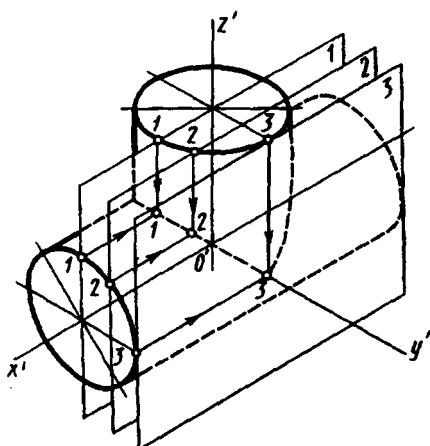


Рис. 5.64

лельных оси x , умножают на показатель искажения u ; параллельных оси y — на показатель искажения v ; параллельных оси z — на показатель w . Так, на рис. 5.65 натуральная координатная ломаная 1—2—3 точки A линии перехода на аксоно-

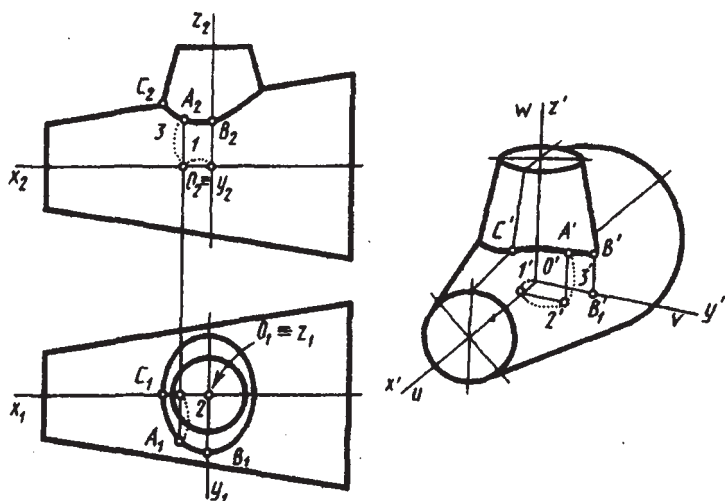


Рис. 5.65

метрическую плоскость проекций спроецировалась в аксонометрическую координатную ломаную $1'-2'-3'$, определяющую положение аксонометрии A' точки A , при этом длина звена $1'$ равна длине звена 1 , умноженной на показатель u ; длина звена $2'$ равна длине звена 2 , умноженной на показатель v и т. д. (в зависимости от вида аксонометрии показатели искажения u , v и w могут быть меньшими, равными или большими единицы).

Аксонометрия B' точки B строится по двум аксонометрическим координатам $y \cdot v$ и $z \cdot w$, как лежащая в координатной плоскости yOz ; аналогично, точка C' строится по координатам $x \cdot u$ и $z \cdot w$.

Аксонометрия окружности в общем случае — эллипс. Если

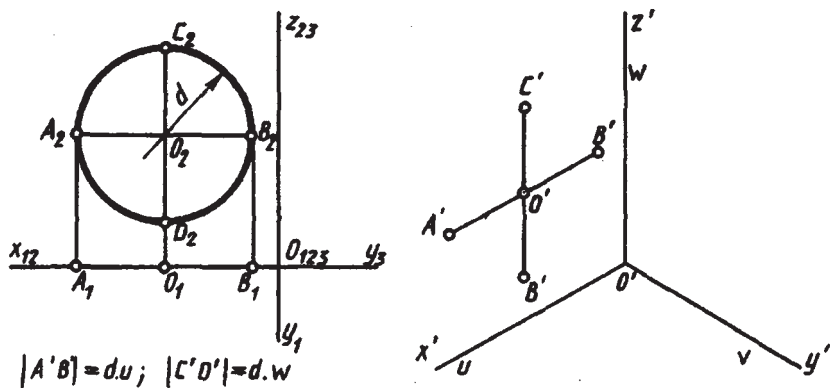


Рис. 5.66

она параллельна одной из координатных плоскостей, то эллипс строят по сопряженным диаметрам (проекциям двух взаимно перпендикулярных диаметров окружности, параллельных соответствующим осям координат, рис. 5.66). В частных случаях аксонометрия окружности — окружность (например, в косоугольной фронтальной аксонометрии) или отрезок прямой. Аксонометрию произвольно расположенной окружности строят, пользуясь специальными приемами [2]. Допускается замена эллипсов овалами (см. рис. 3.81).

На аксонометрическом чертеже могут быть нанесены размеры, обеспечивающие его обратимость. В этом случае отпадает необходимость в указании показателей искажения по осям. При нанесении размеров выносные линии проводят параллельно аксонометрическим осям, размерные — параллельно измеряемому отрезку (рис. 5.67).

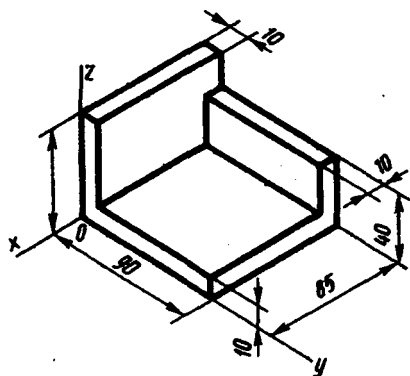


Рис. 5.67

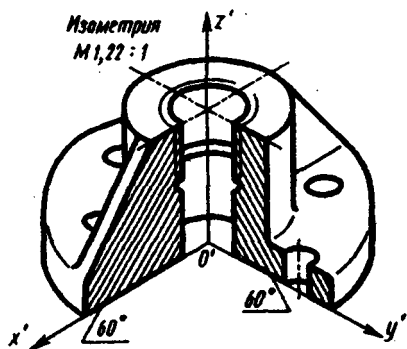


Рис. 5.68

Разрезы на аксонометрических проекциях выполняют, как правило, путем сечения объекта координатными плоскостями. При этом ребра жесткости, спицы колес и другие элементы штрихуют (сопоставьте рис. 5.68 с рис. 5.10).

Линии штриховки сечений наносят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям («спроецированная» штриховка, рис. 5.69). Вариант нанесения штриховок на смежных сечениях дан на рис. 5.70. Места плавных переходов изображают тонкими линиями (см. рис. 5.68).

5.9. Стандартные аксонометрические проекции. ГОСТ 2.317—69* (СТ СЭВ 1979—79) рекомендует к применению на чертежах всех отраслей промышленности и строительства пять видов аксонометрий: две ортогональных (изометрическую и диметрическую) и три косоугольных (фронтальную и горизонтальную изометрические и фронтальную диметрическую). В ма-

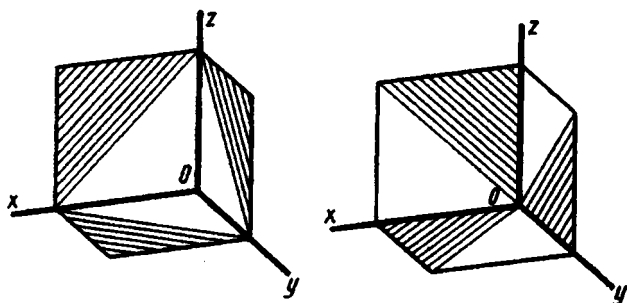


Рис. 5.69

шиностроении в основном применяют ортогональные: изометрическую (она является единственно возможной), $u=v=w \approx 0,82$ (1), и диметрическую — при соотношении $u=w=2v$ (или $v=w=2u$)¹. Из той же формулы: $u=w \approx 0,94$; $v \approx 0,47$.

Дробные показатели искажений усложняют расчет размеров при построении аксонометрии. Для его упрощения пользуются приведенными показателями искажений: в изометрии все три показателя увеличивают в 1,22 раза ($1:0,82 \approx 1,22$), получая $U=V=W=1$, в диметрии — в 1,06 раза ($1:0,94 \approx 1,06$), получая $U=W=1$; $V=0,5$ (или $V=W=1$; $U=0,5$). В первом случае изображение увеличивается в 1,22 раза ($M_A 1,22:1$), во втором — в 1,06 раза ($M_A 1,06:1$).

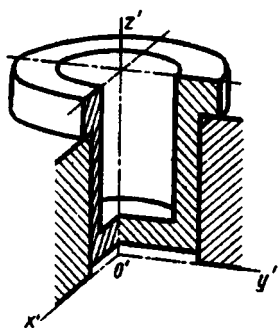


Рис. 5.70

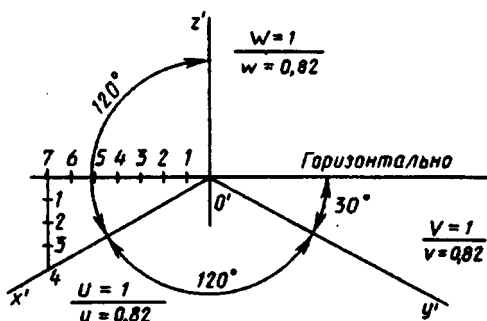


Рис. 5.71

На рис. 5.71 приведено положение аксонометрических осей для изометрии, а на рис. 5.72 — для диметрии (в числителях указаны приведенные показатели искажения по осям, а в знаменателях — натуральные). Углы $7^\circ 10'$ и $41^\circ 25'$ строят с некоторым приближением с помощью транспортира или по их тангенсам (уклонам, см. п. 2.6) $\approx 1:8$ и $7:8$, как это сделано на рис. 5.72, б.

Если изометрию выполняют в $M_A 1,22:1$, то большие оси эллипсов равны $1,22 d$, а малые — $0,71 d$; если изометрию выпол-

¹ Здесь возможно бесчисленное множество соотношений между u , v , w .

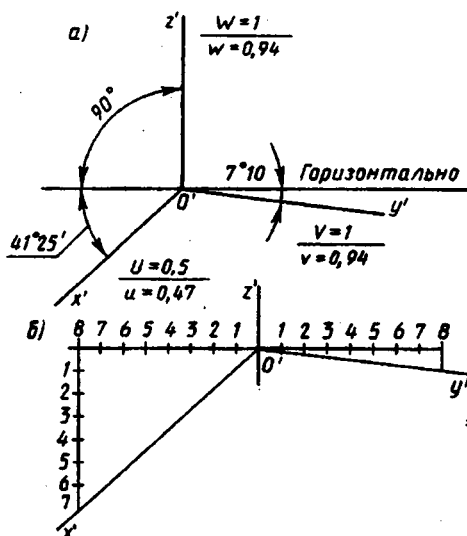


Рис. 5.72

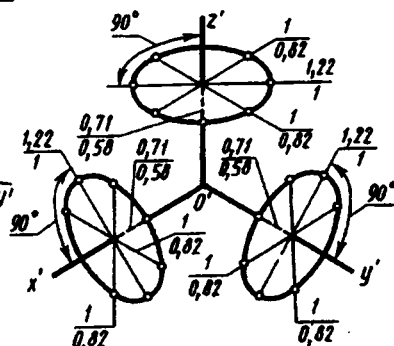


Рис. 5.73

няют с искажением по осям $\approx 0,82$, т. е. в $M_A 1:1$, то большие оси эллипсов равны диаметру d окружности, а малые — $0,58 d$ (рис. 5.73).

Для сопоставления на рис. 5.74 изображены три пересекающихся цилиндра в $M_A 1,22:1$ и $M_A 1:1$.

Диметрию, как правило, выполняют без искажений по осям y и z (или x и z); тогда большие оси всех трех эллипсов (a, b, c) равны $1,06$ диаметра окружности, а малые — у эллипса a (или b) — $0,95 d$, у эллипсов b и c (или a и c) — $0,35 d$ (рис. 5.75).

У всех эллипсов на рис. 5.73...5.75 большие оси перпендикулярны соответствующим аксонометрическим осям (докажите это), а малые — им параллельны. Это правило можно сформули-

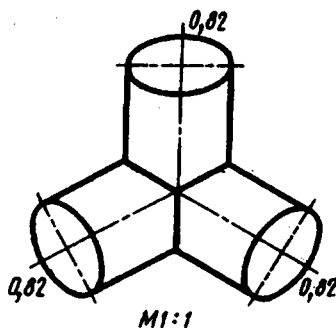
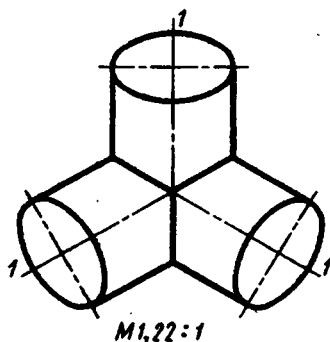


Рис. 5.74

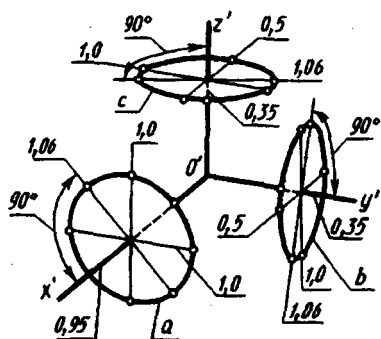


Рис. 5.75

ровать так: большие оси эллипсов, являющихся проекциями окружностей, лежащих в плоскостях, параллельных координатным, перпендикулярны третьей «свободной» оси.

На рис. 5.68 дан пример выполнения учебного задания на построение изометрии детали, а на рис. 5.76 — диметрии. Указание на них вида аксонометрии и масштаба придает им обратимость, т. е. пользуясь ими, при необходимости можно определить натуральные размеры деталей.

В обоих примерах построение аксонометрии было начато с нанесения на комплексном чертеже проекций осей координат, к которым отнесен изображаемый предмет (непременное условие).

Примечание. Согласно ГОСТ 2.605—68*, изображение на учебно-технических плакатах, а также сложные схемы (например, кинематические, см. рис. 11.36) рекомендуется выполнять в аксонометрических проекциях.

Широко используют аксонометрию и в стандартах на различные изделия (рис. 5.77) (тара-оборудование для хлебобулочных изделий в ГОСТ 24831—81).

5.10. Техническое рисование. Инженеру, технику, мастеру, рабочему-изобретателю весьма часто в своей практической деятельности приходится делать рисунки деталей машин, частей сооружения, механизмов и пр.

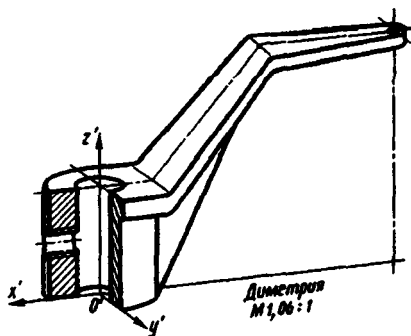


Рис. 5.76

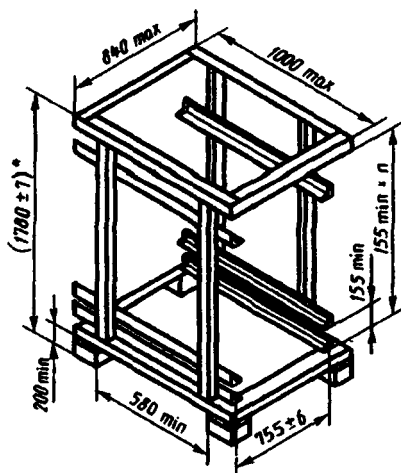


Рис. 5.77

Выполняются такие рисунки карандашом, от руки, без применения чертежных инструментов, причем при их составлении преследуется главным образом одна цель: *быстро и наглядно изобразить на бумаге предмет или группу предметов для решения определенной технической задачи.*

Поэтому рисунки, применяемые на производстве с чисто практической целью, в отличие от обычных, «художественных», называются **техническими**.

Научиться выполнять технические рисунки могут не только лица, обладающие способностью к рисованию.

Для того чтобы научиться рисовать, нужно выполнить ряд подготовительных упражнений.

Технические рисунки могут делаться или с существующих предметов — с натуры — или с задуманных, еще не существующих, а также с чертежа или эскиза, например для пояснения рабочему формы детали, которую он затрудняется понять из чертежа.

Рисунок может быть выполнен либо в центральной проекции (перспективный рисунок), либо в аксонометрической (аксонометрический рисунок).

Перспективные рисунки применяются главным образом при изображении местности или крупных сооружений, причем для их выполнения необходимо быть знакомым, хотя бы вкратце, с теорией перспективы. Такие изображения представляются нам естественными, привычными, так как в силу устройства нашего глаза *мы видим окружающие нас предметы в центральной проекции* (рис. 5.78). (Перспектива цеха Екатеринбургского завода по обработке мраморных плит. Середина XVIII в.)

Приемы построения аксонометрических рисунков основываются на теории аксонометрических проекций. Зная правила построения аксонометрического чертежа, легко, разлив у себя необходимый глазомер, научиться выполнять и аксонометрические рисунки. Пример аксонометрического рисунка — рельсового скрепления приведен на рис. 5.79. На нем линии, параллельные в натуре, сохраняют свою параллельность и на изображении, причем сохраняют свои длины, сколь бы они ни удалялись от зрителя в глубь картины.

Из сопоставления этих двух рисунков можно сделать следующие выводы.

На перспективных рисунках мы всегда имеем изображение **видимой** формы предмета.

На аксонометрических рисунках мы получаем **условное** изображение предмета, т. е. увидеть предмет таким, каким мы его изображаем, строго говоря, нельзя.

Однако для предметов сравнительно небольших размеров, как, например, на рис. 5.80, отступления от законов перспективы не столь заметны, а так как аксонометрические рисунки выполнять проще, чем перспективные, то в указанных случаях и принято пользоваться первыми.

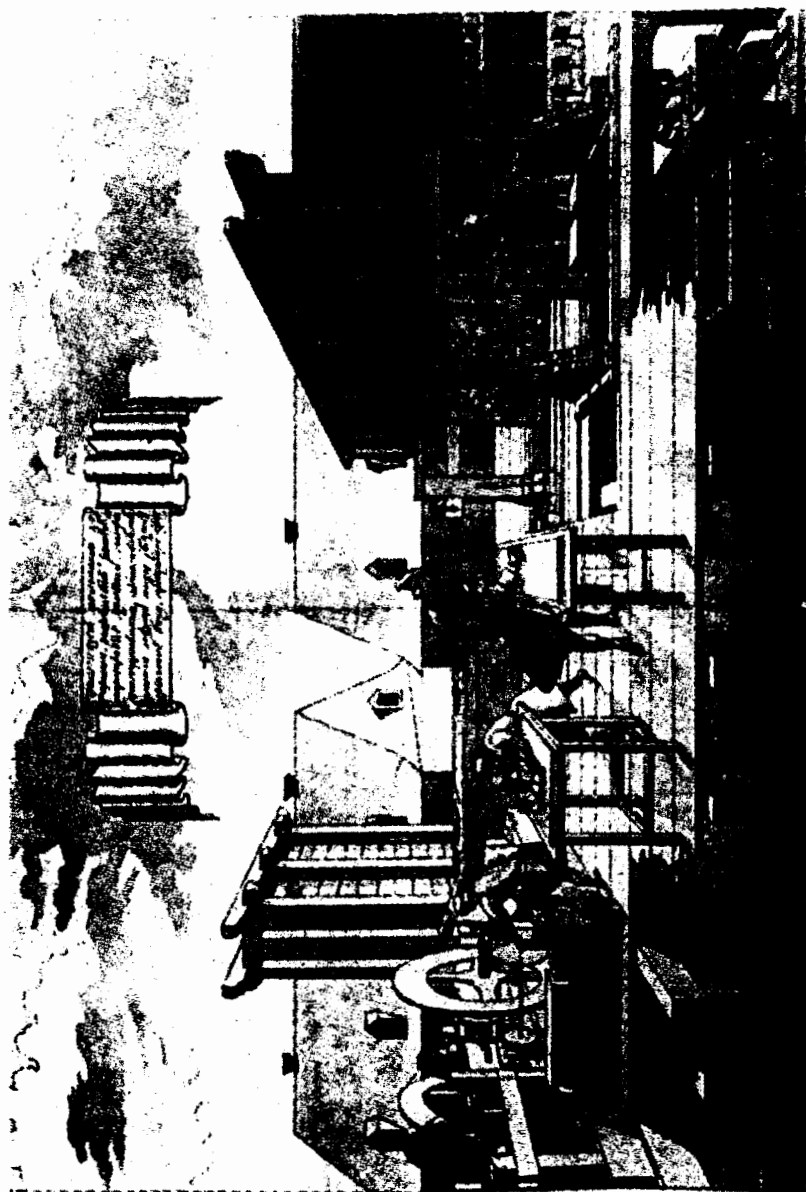


Рис. 5.78

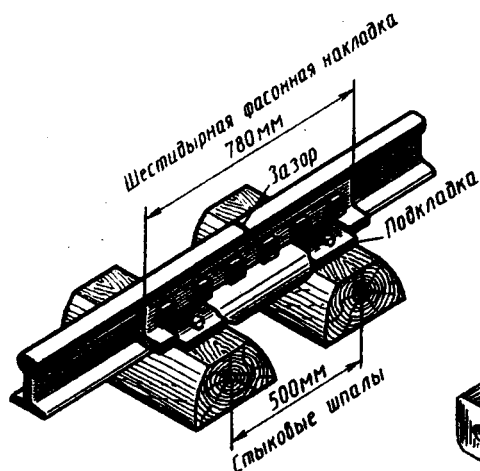


Рис. 5.79

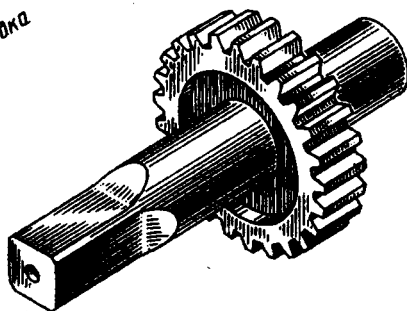


Рис. 5.80

Для рисования требуется весьма несложный и недорогой набор принадлежностей и материалов, а именно: мягкий карандаш № 2 или № 1, мягкая резинка (не чернильная), рисовальная бумага и небольшая, примерно 300×500 мм, рисовальная доска.

При рисовании по воображению и с чертежей рисовальную доску располагают на столе горизонтально или с небольшим наклоном, бумагу на доску кладут свободно, не укрепляя кнопками.

При рисовании с натуры доску удобнее поставить на колени, оперев ее на стол или спинку стула; лист бумаги прикрепляется к доске кнопками. Доска должна находиться от рисующего на расстоянии слегка согнутой руки.

Элементами всякого рисунка являются линии — прямые и кривые. Поэтому, прежде чем приступить к рисованию предметов, надо научиться свободно, без напряжения проводить от руки на листе бумаги разные линии в любых направлениях.

При выполнении рисунка принято вначале его делать тонкими линиями. Убедившись в правильности их нанесения, обводят уже с более или менее сильным нажимом карандаша на бумагу, отчего рисунок приобретает необходимую выразительность.

В дальнейшем всегда будет подразумеваться, что любой рисунок предварительно выполняется тонкими линиями и после проверки его правильности обводится чистовыми линиями.

При проведении тонких линий карандаш следует держать ближе к неочиненному его концу, при проведении чистовых линий — ближе к очиненному концу.

Линии следует проводить сразу, одним движением, не отрывая острия карандаша от бумаги. При проведении линии надо смотреть не на острие карандаша, а в том направлении, в кото-

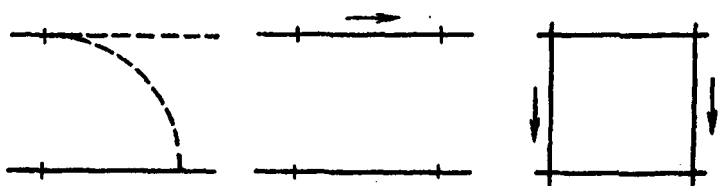


Рис. 5.81

ром проводится линия, или на ту точку, к которой она должна прийти.

Рисовать надо длинным и хорошо очиненным карандашом.

Горизонтальные линии проводят слева направо, вертикальные — сверху вниз. При проведении прямых вместе с карандашом должна перемещаться вся рука, а не кисть.

Весьма важно научиться проводить на глаз прямые под углом 30° и 45° к горизонтали, делить отрезок прямой пополам, а также проводить параллельные прямые.

На рис. 5.81 показаны приемы рисования квадрата. Как видно из рисунка, вначале на горизонтальной прямой намечается сторона квадрата, затем, на расстоянии, примерно равном этой стороне, проводится параллельная прямая; на ней отмечаются точки, расположенные над отметками на нижней прямой, после чего проводятся боковые стороны квадрата сверху вниз. Аналогично рисуется и прямоугольник.

На рис. 5.82 показан другой прием рисования квадрата, требующий, однако, хорошо развитого глазомера.

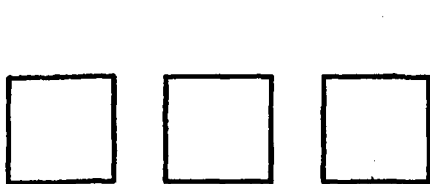


Рис. 5.82

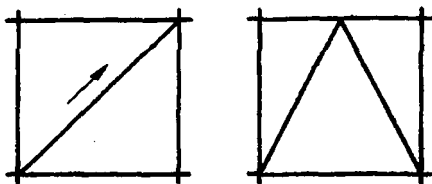


Рис. 5.83

Если провести в квадрате или в прямоугольнике диагональ, то получатся прямоугольные треугольники, разделив же верхнюю сторону квадрата или прямоугольника пополам (разумеется, на глаз) и соединив полученную точку с крайними нижними, получим равнобедренный треугольник. Эти построения треугольников показаны на рис. 5.83.

При помощи вспомогательных квадратов и прямоугольников можно нарисовать различные плоские фигуры — шестиугольники, восьмиугольники и др., поэтому этот прием широко используется в рисовании.

Приемы рисования кривых линий примерно такие же, как прямых. Пусть, например, надо нарисовать кривую, показанную

на рис. 5.84, а. Легкими штрихами намечают форму кривой (рис. 5.84, б), сличают ее со срисовываемой и после исправлений проводят через штрихи плавную кривую (рис. 5.84, в).

Несколько труднее рисовать окружности. Поэтому при их выполнении часто пользуются приемом, показанным на рис. 5.85: проводят две взаимно перпендикулярные линии (осевые) и от точки их пересечения — центра окружности — откладывают на осях величину радиуса при помощи полоски бумаги 1, затем, при помощи той же полоски отмечают штрихами промежуточные «точки» окружности 2, после чего проводят через них плавную кривую 3. На последнем рисунке стрелками показаны направления обводки окружности.

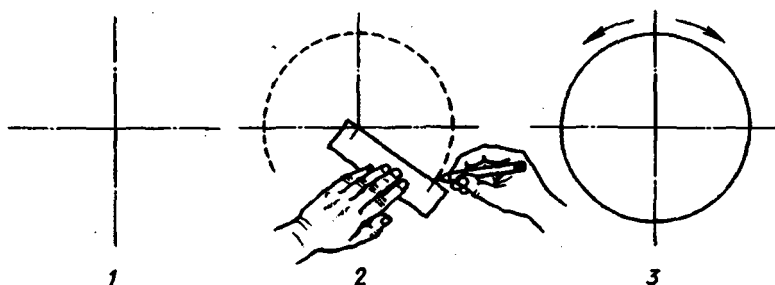


Рис. 5.85

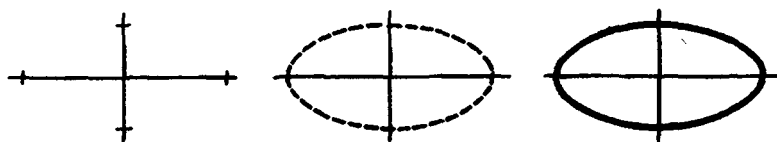


Рис. 5.86

Рисование эллипса показано на рис. 5.86, прием понятен из рисунков и пояснений не требует.

Упражнения. 1. Выполнить рис. 5.87. Масштаб и формат произвольные.

2. На листе формата А4 нарисовать: 1) ромб; 2) квадрат; 3) шестиугольник; 4) три концентрические окружности и эллипс с соотношением осей 1:3.

Овладев в достаточной мере приемами рисования плоских фигур, можно перейти к рисункам объемов.

Рассмотрим приемы выполнения рисунков основных геометри-

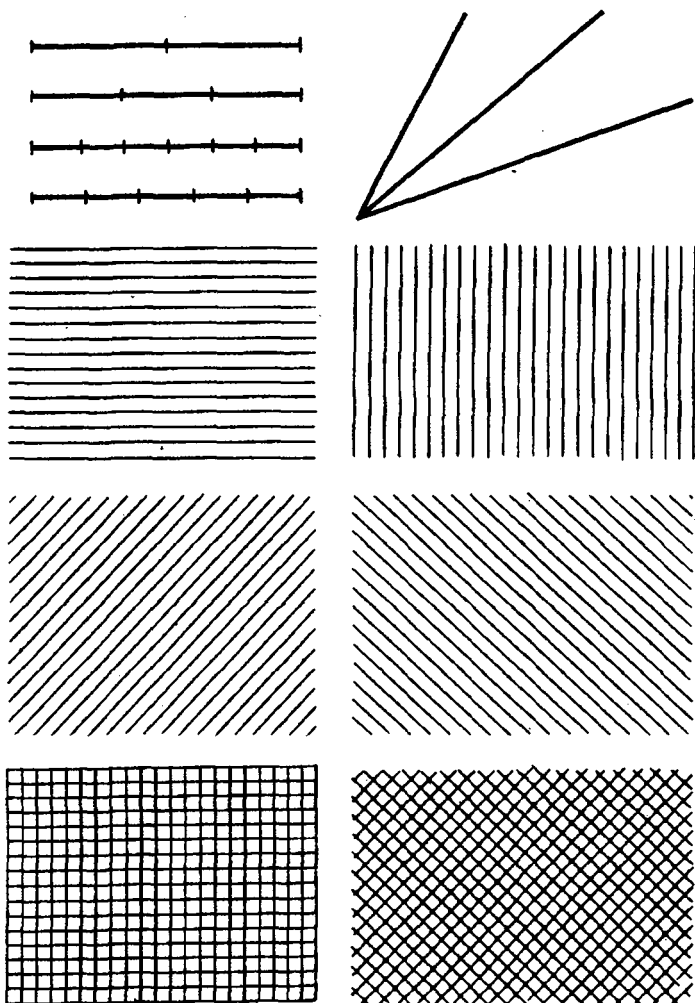


Рис. 5.87

ческих тел, из комбинаций которых обычно состоят различные технические предметы (детали).

Пусть требуется нарисовать призму с прямоугольным основанием. Стороны основания призмы относятся, как $1:2$, а высота призмы в три раза больше большей стороны основания. Призму надо изобразить в вертикальном положении.

В данном случае выполняем рисунок по воображению, задавшись указанными соотношениями размеров. При рисовании с чертежа эти соотношения определяются (разумеется, округленно, без большой точности) из размеров, данных на чертеже. Если призма рисуется с натуры, то соотношения размеров определя-

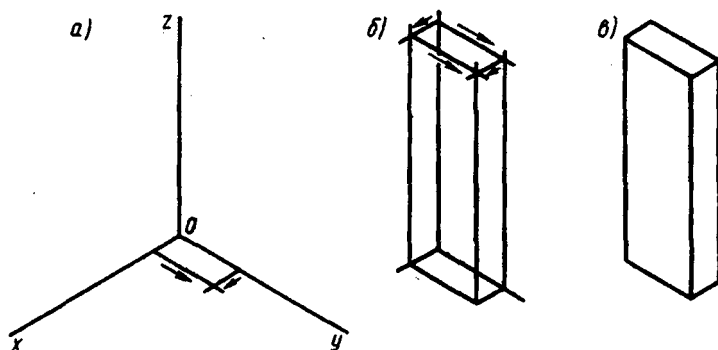


Рис. 5.88

ются грубой «прикидкой» при помощи карандаша или линейки. Определять в этом случае точные размеры призмы нет необходимости.

Последовательность выполнения рисунка (независимо от вида проекции) такова:

Намечаем в призме три взаимно перпендикулярные оси. Пусть ось z пройдет через одно из боковых ребер призмы (т. е. параллельно высоте), ось x — через меньшую сторону основания (нижнего) призмы и ось y — через большую сторону того же основания.

Рисуем аксонометрические оси¹. (Лучше изометрические рис. 5.88, пользуясь изложенными выше приемами.)

Рисуем нижнее основание призмы. Для этого откладываем на оси y вправо от точки O какой-либо отрезок, изображающий большую сторону основания, а на оси x , от той же точки O , откладываем отрезок, вдвое меньший (на глаз) (рис. 5.88, а).

Через концы отрезков проводим соответствующие параллели, получая четвертую вершину прямоугольника основания.

Рисуем боковые ребра призмы. Для этого через все вершины основания проводим прямые, параллельные оси z . На одном из ребер откладываем, согласно условию, отрезок, в три раза больший отложенного ранее отрезка на оси y (рис. 5.88, б), и рисуем верхнее основание призмы.

Обводим толстыми линиями видимые ребра призмы и удаляем резинкой все вспомогательные линии (линии невидимого контура на технических рисунках обычно не показывают) (рис. 5.88, в).

Рассмотрим выполнение изометрического рисунка правильной шестигранной пирамиды, высота которой в $1...1\frac{1}{2}$ раза больше

¹ Аксонометрические оси на технических рисунках, как правило, не наносят (они обязательны на аксонометрическом чертеже, обеспечивающее его обратимость). Однако на начальной стадии овладения приемами выполнения технических рисунков нанесение осей полезно. Углы между осями изображаются на глаз, без каких-либо измерений. По мере овладения навыками выполнения технических рисунков геометрических тел от нанесения осей отказываются.

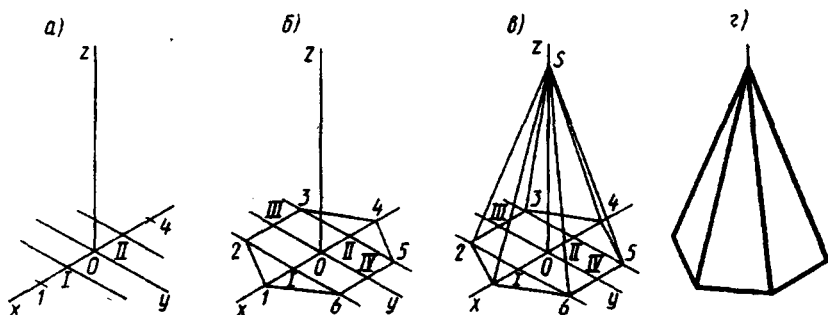


Рис. 5.89

диаметра круга, описанного вокруг шестиугольника основания.

Поступая по предыдущему, рисуем изометрические оси; на оси x (можно на y) откладываем в обе стороны от точки O отрезки $O-1$ и $O-4$, принимаемые за радиусы окружности, описанной вокруг основания пирамиды, делим их пополам и проводим через точки I и II (рис. 5.89, а) прямые, параллельные оси y .

Затем откладываем на оси y также в обе стороны от точки O отрезки, немного меньше радиуса (примерно на $1/7$), и проводим через точки III и IV прямые, параллельные оси x , пересечения которых с ранее проведенными прямыми дадут вершины 2, 3, 5 и 6 шестиугольника основания (рис. 5.89, б).

При правильном выполнении рисунка противоположные стороны основания, например 1—2 и 4—5, должны быть равными и параллельными.

Далее, от точки O вверх по оси z откладываем отрезок Os , согласно условию, в $1\frac{1}{2}$ раза больший диаметра описанной окружности, т. е. отрезка 1—4. Точка s изобразит вершину пирамиды.

Соединяем вершину s пирамиды с вершинами основания

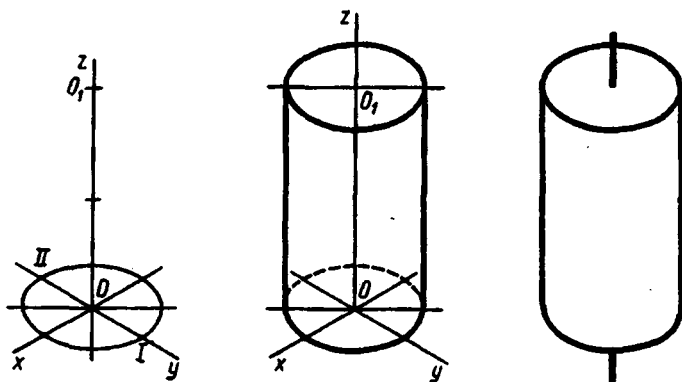


Рис. 5.90

1—2—3—4—5—6. Прямые $s-1$, $s-2$ и т. д. изобразят боковые ребра пирамиды (рис. 5.89, а).

Обводим толстыми линиями видимый контур пирамиды и удаляем линии невидимого контура и построения (рис. 5.89, з).

В такой же последовательности выполняют рисунки цилиндров (рис. 5.90) и конусов (рис. 5.91). При этом приходится

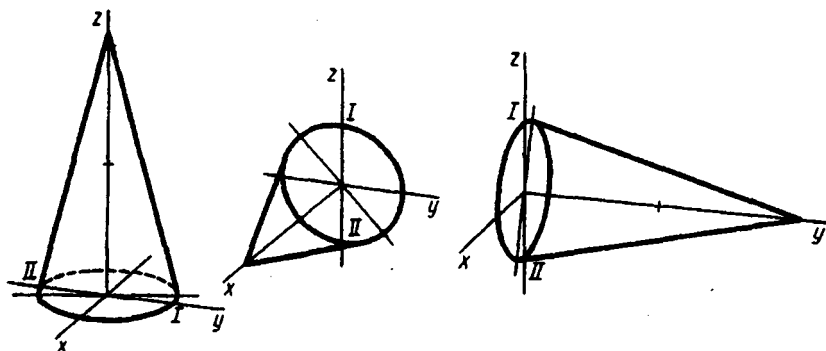


Рис. 5.91

рисовать эллипсы, в виде которых обычно проецируются окружности.

Если рисуется усеченный конус, то удобнее сначала нарисовать полный конус, а потом добавить верхнее основание, как это показано на рис. 5.92.

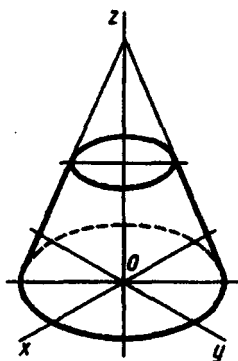


Рис. 5.92

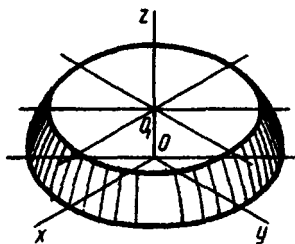


Рис. 5.93

На рис. 5.93 — рисунок шарового сегмента. В прямоугольной изометрической и диметрической проекциях шар изображается окружностью, диаметр которой равен диаметру шара, а плоские сечения шара, всегда имеющие в натуре форму круга, изображаются эллипсами. В данном примере оба сечения сделаны горизонтальными плоскостями, причем нижнее проведено через центр шара. Отношение осей эллипсов равно 3:5.

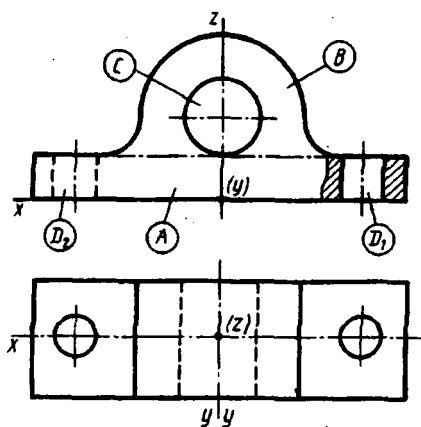


Рис. 5.94

При рисовании технического предмета сложной формы последнюю мысленно расчленяют на составляющие ее простые геометрические тела и намечают главные оси предмета и оси отдельных его элементов.

В качестве примера рассмотрим выполнение рисунка простого подшипника, чертеж которого дан на рис. 5.94. Подшипник состоит из основания (плиты) *A*, имеющего форму прямоугольной призмы, полуцилиндра *B*, опирающегося на призму, цилиндрического отверстия *C* для вала и двух цилиндрических отверстий *D*₁ и

*D*₂, сквозь которые пропускаются крепящие подшипник болты. Главные оси подшипника на чертеже обозначены *x*, *y* и *z*.

Последовательность выполнения рисунка такова. Проводят оси и рисуют плиту *A* (рис. 5.95, а); проводят параллельно *y* ось отверстия *y*₁, намечают на ней центры оснований цилиндра *C* и рисуют соответствующие эллипсы, большие оси которых располагают перпендикулярно оси *y*₁, а отношение осей равно 3:5 (рис. 5.95). На оси *x* намечают точки, через которые пойдут оси отверстий, и проводят их параллельно оси *z*. Намечают цент-

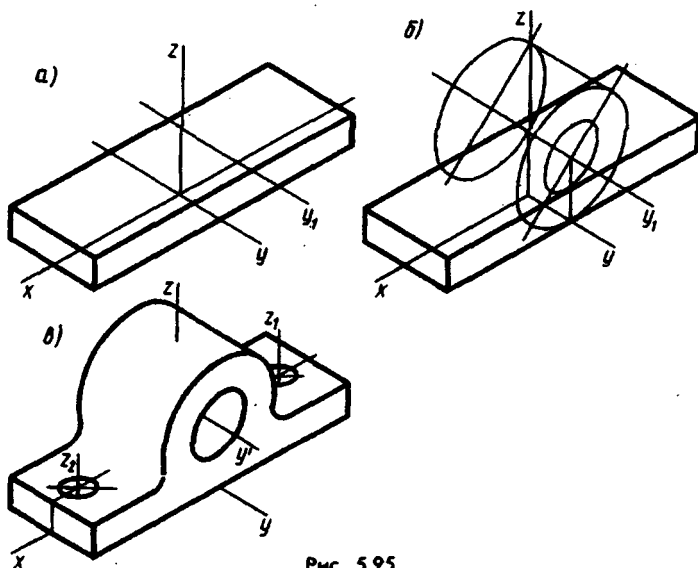


Рис. 5.95

ры эллипсов и строят их соответственно; отношения осей равны 3:5 (рис. 5.95, в).

Длину, ширину и толщину плиты, диаметры отверстий и другие размеры при построении рисунка откладывают на глаз, сохраняя приблизительную пропорциональность между отдельными элементами детали.

При составлении чертежей для выявления внутреннего устройства предмета применяются разрезы. Применяются разрезы и на рисунках, причем правила их выполнения остаются теми же, что и для аксонометрических чертежей. Пример дан на рис. 5.96.

При выполнении рисунков сравнительно сложных деталей и устройств трудно сразу наметить правильную пропорциональность между их отдельными элементами (как в данном примере). Поэтому обычно делается предварительный набросок небольшого размера и без излишних подробностей. На рис. 5.99, вверху слева, показан такой набросок.

Для повышения наглядности применяют отделку рисунка. В условиях производства, когда требуется быстро дать хотя бы беглый рисунок предмета, отделку не делают; в других случаях, например при выполнении рисунков в качестве иллюстраций к докладу, технической статье и т. п., отделка рисунка имеет существенное значение.

В техническом рисовании применяются разнообразные способы отделки — от весьма примитивных до сложных, требующих хороших навыков рисования и некоторых теоретических сведений. Однако все способы сводятся к нанесению на рисунок условных теней.

Оттеняют рисунок или путем обводки контура предмета линиями различной толщины, или нанесением различных штриховок.

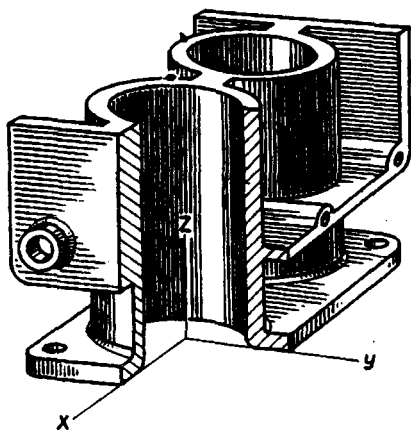


Рис. 5.96

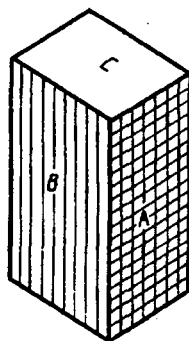


Рис. 5.97

В техническом рисовании принимают, что лучи света идут как бы из глубины картины на зрителя, слева направо, и падают на горизонтальную плоскость под углом, примерно равным 45° .

При таком направлении светового потока освещенной явится верхняя часть поверхности предмета, неосвещенной — правая сторона и полусвещенной — левая сторона предмета.

На рис. 5.97 правая боковая грань *A* призмы находится в тени и поэтому покрыта штриховкой. Левая боковая грань *B* является полусвещенной (лучи света как бы скользят по ней), и штриховка на ней сделана более редкой и более тонкими линиями, чем на грани *A*. Грань *C* является освещенной. Отметим, что тень на грани *A* называется собственной.

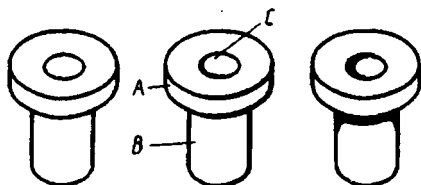


Рис. 5.98

На рис. 5.98 первый рисунок дан без оттенения, второй рисунок отделан путем утолщения линий контура в теневых местах (поэтому у цилиндров *A* и *B* оттенены правые стороны, а у отверстия *C* — левая сторона), и на третьем рисунке добавлена тень, падающая от цилиндра *A* на цилиндр *B* (эта тень называется падающей).

Теневые части, расположенные ближе к зрителю, покрываются более темными тонами (штриховками) по сравнению с теневыми частями предмета, расположенными от зрителя дальше (рис. 5.99).

На этом рисунке грань *A*, находящаяся в тени, расположена

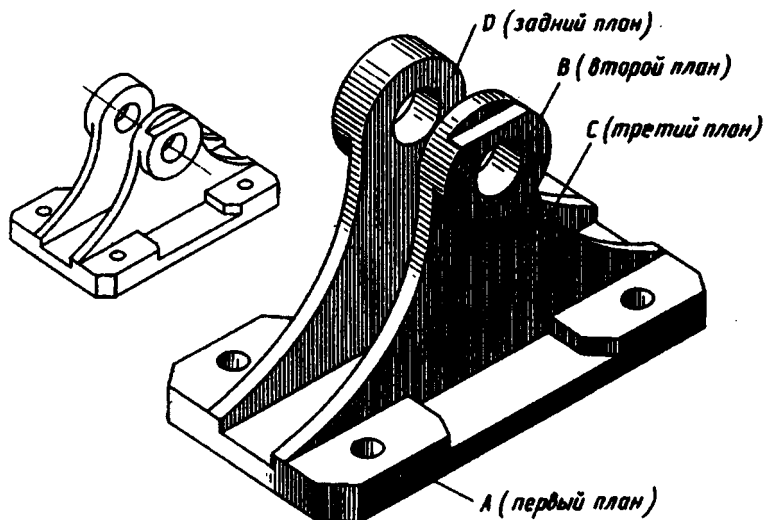


Рис. 5.99

к зрителю ближе (на «первом плане»), чем теневые грани *В*, *С* и *Д* (второй, третий и задний «планы»). Поэтому грань *А* покрыта более густой штриховкой¹, чем грани *В*, *С* и *Д*, на которых штриховка по мере удаления «плана» от зрителя делается все более редкой.

Более «художественная отделка» требует знакомства с такими понятиями (применительно к рисунку), как контраст, рефлекс и световые блики (последние называют также блестящими точками и линиями). Поясним эти понятия на примерах.

На рис. 5.100 изображена композиция из четырех геометрических тел. Правые части, обращенные к зрителю, находятся в тени. Однако на рисунке тень, приближаясь к правому краю, как бы сходит на нет, становится светлее, усиливается уже у самого края (контура) предмета.

Оказывается (установлено наблюдением), теневые стороны предмета в некоторой степени освещаются светом, отраженным от других, окружающих его предметов, и создают указанное явление, называемое рефлексом (отражением).

На круглых предметах можно наблюдать световые блики в виде блестящих полос (на цилиндрах, конусах) и точек (на сферах), особо заметных на предметах, изготовленных из металла, стекла и т. п. материала.

Если рассматривать две смежные грани — освещенную и теневую, то место на теневой грани, которым она примыкает к освещенной, будет казаться более темным, чем места, удаленные от освещенной грани. Наоборот, наиболее светлым местом на

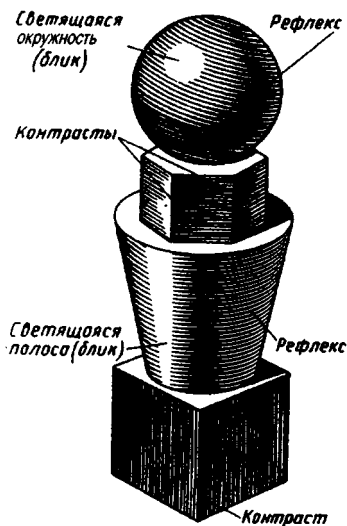


Рис. 5.100

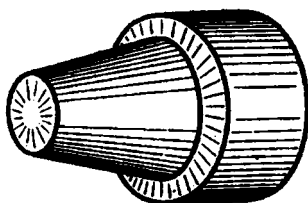


Рис. 5.101

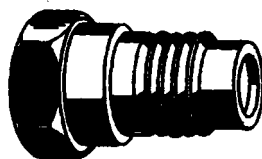


Рис. 5.102

¹ Примененную штриховку отверстий называют шрафировкой.

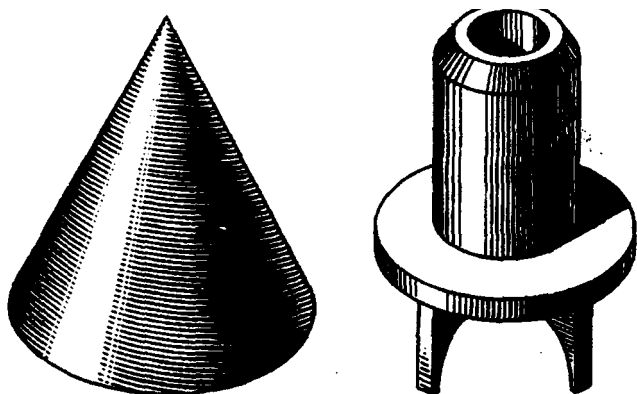


Рис. 5.103

освещенной (или полусвещенной) грани будет то, которое расположено близ грани, находящейся в тени. Это явление называется контрастом.

На рис. 5.100 указаны места контрастов, рефлексов и световых бликов.

На рис. 5.101 и 5.102 даны примеры «вольного» оттенения, не связанного с какими-либо правилами освещенности. Такого

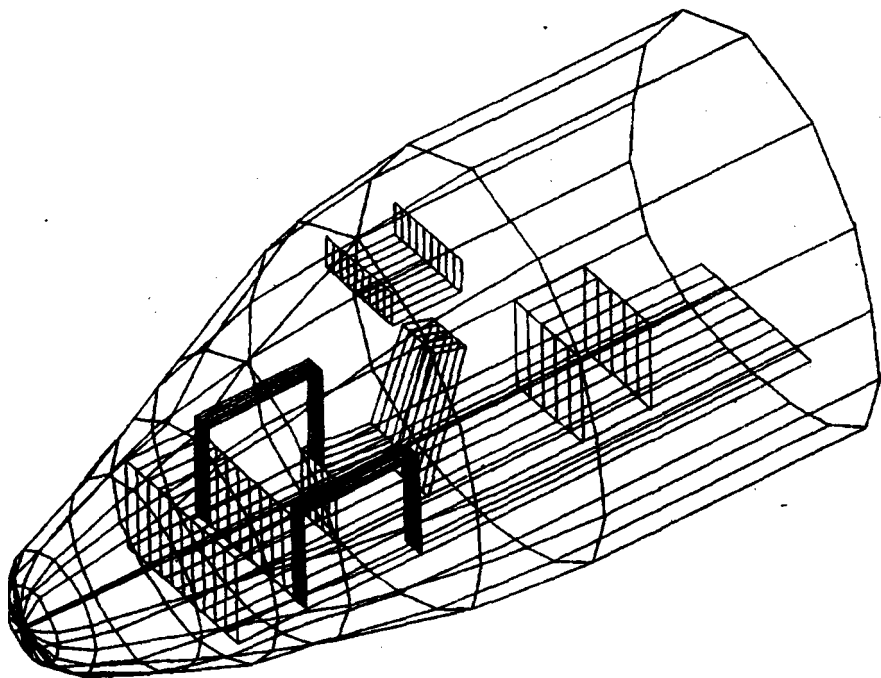


Рис. 5.104

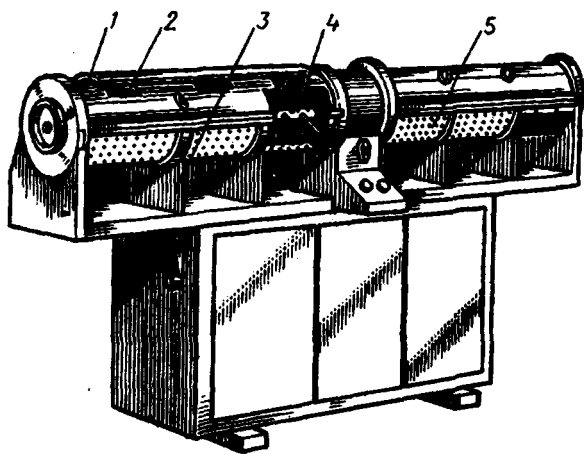


Рис. 5.105

рода оттенения широко применяются на технических рисунках. Отметим, что на «торцевых» поверхностях цилиндров, конусов и т. п. штрихи наносят радиально, а на боковых поверхностях — вдоль образующих. Такого рода рисунки часто применяются в качестве иллюстраций на диаграммах, графиках и т. п.

Иллюстрациями изложенного могут служить приводимые ниже рисунки (рис. 5.103).

Пример рисунка, выполненного на графопостроителе по заданной программе, дан на рис. 5.104. Этот способ получает в последнее время все большее распространение.

Представляет большой интерес высказывание Дидро (18в): «Страна, в которой учили бы рисовать так же, как учат читать и писать, превзошла бы вскоре все остальные страны во всех искусствах, науках и мастерствах».

Оно не потеряло свое значение и в наше время.

Технические рисунки также широко используются в Государственных стандартах. Так, на рис. 5.105 изображен анализатор длины асбеста (ГОСТ 25984.2—83).

Те, кто увлекается практикой, не имея знаний, подобны морякам, вступающим на корабль без руля и компаса и никогда не знающим твердо, куда они плывут.

Леонардо да Винчи

6. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗДЕЛИЯХ И ИХ СОСТАВНЫХ ЧАСТЯХ

6.1. Виды изделий. Изделием называют единицу промышленной продукции, количество которой может быть исчислено в штуках или экземплярах, ГОСТ 15895—77* (СТ СЭВ 547—84)¹. Различают *изделия основного производства* и *изделия вспомогательного производства*. К первым относят изделия, предназначенные для поставки (реализации), ко вторым — изделия, предназначенные для собственных нужд предприятия.

ГОСТ 2.101—68* (СТ СЭВ 364—76) установил следующие виды изделий: *детали, сборочные единицы, комплексы, комплекты*.

Изделия, в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей, делят на: а) *неспецифицированные* (детали), не имеющие составных частей; б) *специфицированные* (сборочные единицы, комплексы, комплекты) — состоящие из двух или более составных частей (рис. 6.1).

Деталью называют изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций, например: валик из одного куска металла; трубка, опаянная или сварная из одного куска листового материала; коробка, склеенная из одного куска картона.

В зависимости от принадлежности различают детали: *взаимосвязанные*, являющиеся составными частями других изделий (например, гайка, шестерня), и *самостоятельные*, не входящие в состав других изделий (например, лом, ложка).

Кроме того, детали подразделяют на *оригинальные*, оригинальные, но содержащие *стандартизованные элементы*, и *стандартные*. Изделия, не изготавливаемые на данном предприятии, а получаемые в готовом виде, называют *покупными*².

Сборочной единицей называют изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой, пайкой, опрессовкой, развальцовкой,

¹ Имеются и другие определения этого понятия, но все они, по сути, равнозначны (см. ГОСТ 2.101—68*).

² К ним не относятся изделия, получаемые в порядке кооперирования.



Рис. 6.1

склеиванием, сшивкой, укладкой и т. п.), например: автомобиль, станок, сварной корпус, маховичок из пластмассы с металлической арматурой.

Комплексом называют два или более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например поточная линия станков, автоматическая телефонная станция.

Комплектом называют два или более изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющие набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например: комплект запасных частей, комплект инструмента и принадлежностей, комплект упаковочной тары и т. п.

6.2. Виды и комплектность конструкторских документов, ГОСТ 2.102—68* (СТ СЭВ 4768—84). Конструкторские документы (КД) подразделяют на *графические* (чертежи, схемы, графики) и *текстовые* (спецификации, технические условия, различные ведомости).

В зависимости от содержания КД подразделяют на:

чертеж детали — изображение детали и других данных, необходимых для ее изготовления и контроля;

чертеж сборочный (код СБ¹) — изображение сборочной единицы и других данных, необходимых для ее сборки (изготовления) и контроля;

чертеж общего вида (код ВО) — поясняющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и прин-

¹ Код указывают в конце обозначения (номера) КД. Чертеж детали и спецификация, являющиеся основными конструкторскими документами, кодов не имеют.

цип работы изделия (составляется, как правило, при разработке эскизного и технического проектов);

теоретический чертеж (ТЧ) — геометрическая форма (обводы) изделия и координаты расположения составных частей;

габаритный чертеж (ГЧ) — контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами;

схему — в виде условных изображений или обозначений составных частей изделия и связи между ними (код схемы выбирают по ГОСТ 2.701—84 (СТ СЭВ 651—77);

спецификацию — определяющую состав сборочных единиц, комплексов и комплектов;

ведомости, например, спецификаций (ВС), покупных изделий (ВП) и др.; пояснительные (ПЗ) и расчетные (РЗ) записки, электромонтажный (МЭ) и упаковочный (УЧ) чертежи, инструкции (И) и др. Их определения см. в ГОСТ 2.102—68.

В курсе черчения студенты изучают основные правила выполнения чертежей деталей, сборочных чертежей и спецификаций, а также некоторых видов схем.

В зависимости от способа исполнения и характера использования КД подразделяют на:

оригиналы — выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников;

подлинники — чертежи, выполненные на любом материале, позволяющем многократное воспроизведение с них копий, и оформленные подлинными установленными подписями;

копии — выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником (или дубликатом), и предназначенные для непосредственного использования при разработке, в производстве, эксплуатации и ремонте изделий.

Конструкторские документы, предназначенные для разового использования в производстве, допускается выполнять в виде *эскизных документов*. В зависимости от способа выполнения и характера использования их также подразделяют на оригиналы, подлинники и копии. Об эскизах, выполняемых в курсе черчения, см. п. 10.0.

Виды конструкторской документации весьма разнообразны. Нельзя составлять чертеж, не зная, для какой цели он предназначен. В каждом конкретном случае чертеж должен точно и исчерпывающе отвечать на определенный круг вопросов. Лишние сведения на чертеже вызывают непроизводительные затраты времени, делают его, как правило, более трудным для понимания, а также снижают степень его «самостоятельности». (Изменение в одном чертеже обычно требует изменений и в других, связанных с ним.) В равной мере изложенное относится и к учебным чертежам.

При определении комплектности КД различают *основной конструкторский документ* (чертеж детали, спецификация), *основной комплект конструкторской документации*, объединяющий КД,

относящуюся ко всему изделию (в курсе черчения он обычно включает схему деления изделия на составные части, сборочный чертеж и спецификацию, см. п. 10.1), *полный комплект конструкторской документации*, состоящий из основного комплекта КД на данное изделие и основных и неосновных КД на все его составные части (в курсе черчения он обычно включает основной комплект КД и эскизы всех составных частей изделия, см. п. 11.6).

6.3. Стадии разработки КД. Согласно ГОСТ 2.103—68* (СТ СЭВ 208—75), КД подразделяют на *проектную* (техническое предложение, эскизный проект, технический проект) и *рабочую* (чертежи деталей, сборочные чертежи, спецификации и др.).

Проектная организация (конструкторское бюро), получив техническое задание на проектирование¹ и изучив его, разрабатывает *техническое предложение* (документы литеры «П»)². Оно должно состоять из чертежа общего вида (ГОСТ 2.118—73*), содержащего: изображения вариантов изделия; пояснительную записку — характеристику области и условий применения изделия и его основные технические характеристики; расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкций, и др.

На основе одобренного «заказчиком» технического предложения разрабатывается *эскизный проект* (документы литеры «Э»), содержащий необходимые чертежи, схемы, расчетно-пояснительную записку, технико-экономический анализ изделия и другие материалы, позволяющие, в частности, изготовить макет (ГОСТ 2.119—73*).

Эскизный проект служит основанием для разработки технического проекта (или непосредственно рабочей конструкторской документации, если ее разработка ведется на основе уточненного эскизного проекта).

Технический проект (документы литеры «Т») разрабатывают при необходимости с целью выявления окончательных технических решений, дающих полное представление о конструкции изделия, когда это целесообразно сделать до разработки рабочей документации. Содержание технического проекта установлено ГОСТ 2.120—73*.

Разработка рабочей КД, как правило, подразделяется на ряд стадий: разработка документации (без литеры) для изготовления опытного образца (или опытной партии); корректировка документации по результатам испытания опытного образца с присвоением ей литеры «О»; корректировка документации по результатам повторного (при необходимости) испытания опытного об-

¹ Техническое задание на проектирование в стадии разработки КД не входит. Оформляется по ГОСТ 15.001—73*.

² Литера характеризует степень отработки КД изделия, а также степень отработки и оснащения технологического процесса его изготовления.

разца с присвоением ей литеры «О₁»; корректировка документации по результатам изготовления и испытаний установочной серии (первой промышленной партии) изделия с присвоением ей литеры «А».

Допускается не присваивать литеру эскизной конструкторской документации. Литерой полного комплекта КД изделия считают низшую из литер, указанных в документах, входящих в комплект. Литеру указывают в графе 4 основной надписи.

Практическая работа над совершенствованием выпускаемого изделия не прекращается в течение всего периода его выпуска, что, естественно, требует внесения соответствующих корректировок в рабочие чертежи до тех пор, пока изделие не будет снято с производства, как морально устаревшее.

На учебных чертежах обычно применяют литеру «У».

6.4. Обозначение изделий и конструкторской документации. Обозначение изделия является одновременно обозначением его *основного КД* (чертежа детали или спецификации). Система обозначения для производства имеет большое значение. Быстро разыскать в техническом архиве нужный чертеж, правильно распределить чертежи по исполнителям изделия, внести изменения в чертеж или заменить его и многое другое — все это требует хорошо продуманной системы обозначения КД.

До недавнего времени применяли две системы обозначения изделий и КД — *обезличенную* и *предметную*.

С 1992 г. вводится (ГОСТ 2.201—80) единая обезличенная классификационная система обозначения изделий основного и вспомогательного производства и КД всех отраслей промышленности на всех стадиях разработки. Установлена следующая структура обозначения основного конструкторского документа: четырехзначный буквенный код организации-разработчика; шестизначный код классификационной характеристики; порядковый регистрационный номер от 001 до 999.

Код классификационной характеристики состоит из указания класса (два знака), подкласса, группы, подгруппы и вида. Пример обозначения: АВГБ.061341.021.

При обозначении неосновного КД к обозначению основного добавляют соответствующий код, установленный ГОСТ 2.102—68, например для сборочного чертежа изделия: АВГБ.061341.021СБ 1341.021СБ.

Для эскизных КД рекомендована упрощенная структура обозначения (рис. 6.2).

При выполнении чертежа на нескольких листах всем

листам одного чертежа присваивают одно и то же обозначение и наименование.

6.5. Классификация деталей. Геометрические формы деталей чрезвычайно разнообразны. И их классификация — проблема

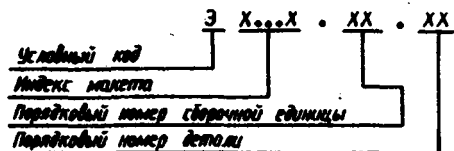


Рис. 6.2

достаточно сложная. Ее решение имеет большое значение для разработки единого информационного языка для автоматизации систем управления; поиска КД с целью предотвращения ее повторной разработки на то или иное изделие; при решении задач технологической подготовки производства; возможности использования КД, разработанной другими организациями, без ее переформления и т. д.

В СССР разработан «Общий классификатор продукции» (ОКП), содержащий шестизначные коды классификационных характеристик (КХ) всех изделий промышленности и сельского хозяйства, разделенных на классы (от 00 до 99) по принципу их принадлежности к определенной отрасли промышленности или сельского хозяйства. Классы подразделяют на подклассы (от 0 до 9), подклассы — на группы (от 0 до 9), группы — на подгруппы (от 0 до 9) и подгруппы — на виды (от 1 до 9).

Классификационную характеристику стандартизованных изделий указывают в титульной части стандарта. Примеры: ОКП 12 8800 (Штифты) — класс (12), подкласс (8), группа (8); ОКП 42 6510 (Приборы чертежные) — класс (42), подкласс (6), группа (5), подгруппа (1); ОКП 39 4253 (Нутромер индикаторный с ценой деления 0,01 мм) — класс (39), подкласс (4), группа (2), подгруппа (5), вид (3), т. е. в последнем примере КХ относится к уже определенному виду изделия. После обозначения класса (по ОКП) оставляют пробел шириной в один знак.

Составной частью ОКП является «Классификатор изделий и КД машиностроения и приборостроения» (классификатор ЕСКД), содержащий, в частности, КХ деталей классов 71—76:

71 — тел вращения типа дисков, втулок, шкивов, валов, осей и т. п.;

72 — тел вращения с элементами зубчатого зацепления, труб, корпусных, емкостных, подшипников и др.;

73 — не тел вращения: корпусных, опорных, емкостных;

74 — не тел вращения: плоскостных, изогнутых из листов, полос, лент, профильных и т. п.;

75 — типа кулачков, арматуры санитарно-технической, пружинных, уплотнительных, крепежных и т. п.;

76 — технологической оснастки, инструмента.

Примеры: АБВГ.721133.084 — тело вращения с элементами зубчатого зацепления (класс 72), зубчатое колесо цилиндрическое (подкласс 1), с наружными прямыми зубьями (группа 1), одновенцовое (подгруппа 3), модуль св. 1,0 мм (вид 3). АБВГ — код организации-разработчика чертежа этого зубчатого колеса, 084 — регистрационный номер;

«Классификатор ЕСКД» дополняют «Алфавитно-предметным указателем наименований деталей» и «Определителем наименований деталей классов 71—76», облегчающих соответствующие поиски.

В наименованиях деталей используют следующие отличительные признаки: функциональность, т. е. указывается основная

функция, выполняемая деталью, например кольцо стопорное; *служебное назначение*, например, лопатка турбинная; *геометрическая форма*, например шпонка клиновья; *принцип действия*, например шайба пружинная.

Примеры обозначения чертежей по классификатору ЕСКД.

На рис. 3.79, б (учебный чертеж) классификационная характеристика 751161 расшифровывается так:

75 — класс (детали тела вращения и не тела вращения, кулачковые, карданные и т. д.), 1 — подкласс (с осями параллельными), 1 — группа (кулачки радиальные), 6 — подгруппа (с открытым рабочим профилем, с внутренней некруглой базой), 1 — вид (с одним рабочим участком профиля):

Ф — 101 — коды факультета и первого курса, 008 — номер индивидуального задания.

На рис. 3.81 — обозначение учебного чертежа «Кулачок» К904.751163.110-05 расшифровывается в соответствии с ГОСТ 2.201—80 и К.ЕСКД так:

К904 — код организации разработчика — кафедра 904,

75116 — класс, подкласс, группа, подгруппа — см. выше для рис. 3.79, б,

3 — вид — с двумя и более участками профиля. (Профиль этого кулачка описывается параболой ($f = 0,5$), двумя дугами $R1$, дугами $R2$, $R3$, $R5$, касательной к дугам $R3$, $R5$ и дугой R_{x9}),

110 — порядковый регистрационный номер — номер (код группы) студента, выполнившего чертеж,

05 — порядковый номер исполнения — номер студента в списке группы.

В Классификационной характеристике 715311 (рис. 7.5):

71 — класс (детали — тела вращения), 5 — подкласс (с наружной цилиндрической поверхностью, с L большей $2D$), 3 — группа (поверхность ступенчатая односторонняя), 1 — подгруппа (без центрального отверстия), 1 — вид (без пазов и шлицев).

В Классификационной характеристике 745242 (рис. 7.82):

74 — класс (детали не тела вращения, плоскостные, изогнутые из листов, полос и лент), 5 — подкласс (с незамкнутым контуром сечения), 2 — группа (с одной прямой осью изгиба), 4 — подгруппа (с угловым изгибом под непрямым углом, с прямым контуром полка), 2 — вид (с отверстиями). В обоих последних примерах АБВГ — место знаков, обозначающих код организации-разработчика, последние три знака — (072 и 267) — регистрационные номера.

Практика показывает совершенно на деле то, о чем мы, теорией доходя, понятие уже получили. Она производит в машинах движение и опытом самым теоретическую правду удостоверяет.

А. К. Нартов. Театрум махиначум...
1755 г.

7. ЧЕРТЕЖИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ПРИБОРОВ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ. СХЕМЫ

7.1. Содержание рабочего чертежа детали. Современный рабочий чертеж детали обычно содержит высокие требования, строгое выполнение которых обеспечивает выполнение изготовленной деталью предназначенных ей функций, длительность ее работоспособности.

Эти требования излагают в виде изображений, условных знаков и текстовых записей на поле чертежа.

Изображения (виды, разрезы, сечения, выносные элементы) должны определять геометрическую форму детали с исчерпывающей полнотой. Их число по возможности должно быть наименьшим. Соответствующие рекомендации приведены в п. 7.13.

Элементы детали после изготовления могут оказаться несколько смещенными относительно друг друга, а их геометрическая форма отклоняться от заданной теоретической. Поэтому на чертеже указывают допустимые отклонения формы и расположения поверхностей (см. п. 7.3).

Большое значение для работоспособности детали имеет микрогеометрия ее поверхностей. Поэтому на чертеже дают указания о допустимых микронеровностях (шероховатости) на поверхностях, ограничивающих деталь (см. п. 7.4).

Способы формообразования детали могут влиять на содержание требований чертежа. Однако на рабочих чертежах не допускается помещать технологические указания, которые могут затруднить использование чертежей при передаче их с одного предприятия на другое (за исключением случаев совместной обработки, притирки, доводки, развальцовки и т. п., приемов и способов обработки и сборки, обеспечивающих требуемое качество изделия). Краткие сведения об основных технологических операциях приведены в п. 7.4.

Задаются размеры всех элементов детали (*параметры формы*) и их взаимного положения (*параметры положения*). Общие правила нанесения размеров, подлежавшие изучению студентами при выполнении первых заданий по черчению (планиметри-

ческие и проекционные основы технического чертежа), были изложены в гл. 2. В п. 7.5 даны дополнительные сведения.

Действительные размеры изготовленной детали всегда отличаются от заданных *номинальных*, определенных расчетом или некоторыми условиями, на небольшую величину. Поэтому на чертеже указывают допустимые пределы этих отклонений (допуски). Краткие сведения о допусках и посадках даны в п. 7.8.

Указывается материал, из которого должна быть изготовлена деталь (в графе 3 основной надписи). Краткие сведения о материалах и их обозначениях даны в п. 7.9. Свойства материала при необходимости могут быть значительно улучшены термообработкой. О форме записей на чертеже этих сведений сказано в п. 7.10.

Внешняя среда, в которой работает деталь, может оказывать разрушающее воздействие на поверхность детали. С целью противодействия (а также для защиты от изнашивания или придания материалу специальных свойств) поверхность детали покрывают специальными материалами. Об указании на чертежах защитных, декоративных (требования технической эстетики) и защитно-декоративных покрытий см. в п. 7.10.

Чертеж детали кроме указанных может содержать еще различные требования, например, к способу испытания изготовленной детали, к ее транспортировке и хранению.

Деталь изображают с теми размерами, обозначениями шероховатости поверхности и другими параметрами, какие она должна иметь перед сборкой. Форма, размеры и шероховатости поверхности элементов деталей, получаемые в результате обработки при сборке, указывают на сборочном чертеже.

Изготовленную деталь подвергают тщательному контролю ОТК. Если деталь изготовлена в полном соответствии с содержащимися в чертеже требованиями, ОТК накладывает на нее клеймо, удостоверяющее качество, а при необходимости и знаки (марку), характеризующие изделие. Место и способ клеймения и нанесения марки также могут быть указаны на чертеже (см. п. 7.11).

Все эти указания должны выполняться со строгим соблюдением соответствующих стандартов и занимать на поле чертежа определенные места. Некоторые правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц, а также рекомендации по компоновке чертежа изложены в п. 7.12.

Примечание. На учебных чертежах допуски формы и расположения поверхностей, предельные отклонения размеров, покрытия, термообработку и условия клеймения и маркирования обычно не указывают.

7.2. Элементы деталей. Наиболее распространены: фаски, галтели, проточки, пазы, буртики, лыски, различные отверстия — центровые, под винты и т. д. (рис. 7.1), рифления (см. рис. 7.19), бобышки (см. рис. 7.20) и др.

Ф а с к и — конические или плоские узкие срезы (притупле-

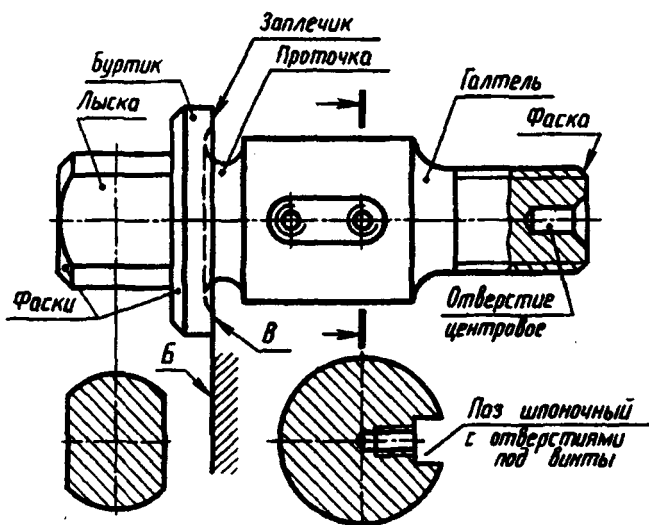


Рис. 7.1

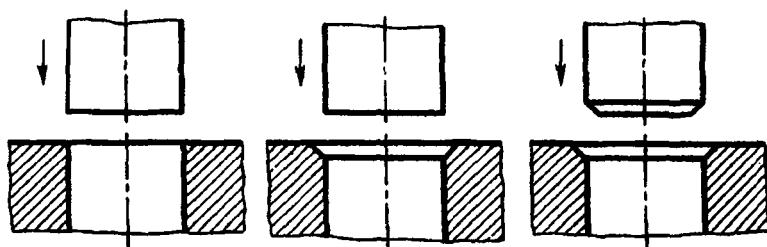
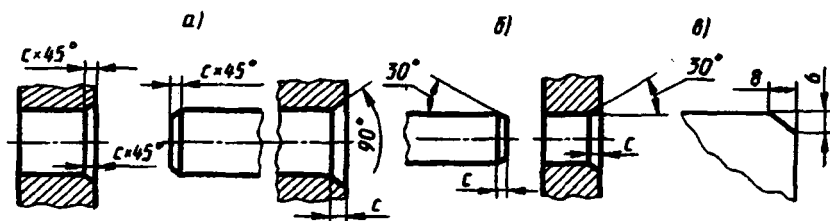


Рис. 7.2

ния) острых кромок деталей — применяют для облегчения процесса сборки (рис. 7.2), предохранения рук от порезов острыми кромками (требования техники безопасности), придания изделиям более красивого вида (требования технической эстетики) и в других случаях.

Размеры фасок и правила их указания на чертежах стандартизованы. Согласно ГОСТ 2.307—68* (СТ СЭВ 1976—79 и 2180—80), размеры фасок под углом 45° наносят, как показано на рис. 7.3, а.



Размер катета C выбирают, согласно ГОСТ 10948—64* (СТ СЭВ 2814—80) из следующего ряда чисел: 0,10; (0,12); 0,16; (0,20); 0,25; (0,30); 0,40; (0,50); 0,60; (0,80); 1,0; (1,2); 1,6; (2,0); 2,5; (3,0); 4,0; (5,0); 6,0; (8,0); 10; (12); 16 (20) и т. д. до 250 мм. Размеры без скобок предпочтительны.

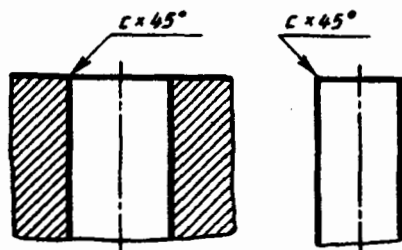


Рис. 7.4

Размеры фасок под другими углами (обычно 15, 30 и 60°) указывают по общим правилам — линейным и угловым размерами (см. рис. 7.3, б) или двумя линейными размерами (см. рис. 7.3, в). Допускается указывать размеры не изображенной на чертеже фаски под углом 45°, размер которой в масштабе чертежа 1 мм и менее, на полке линии-выноски, как показано на рис. 7.4. Размеры одинаковых фасок наносят один раз с указанием их количества (рис. 7.5).

но на рис. 7.4. Размеры одинаковых фасок наносят один раз с указанием их количества (рис. 7.5).

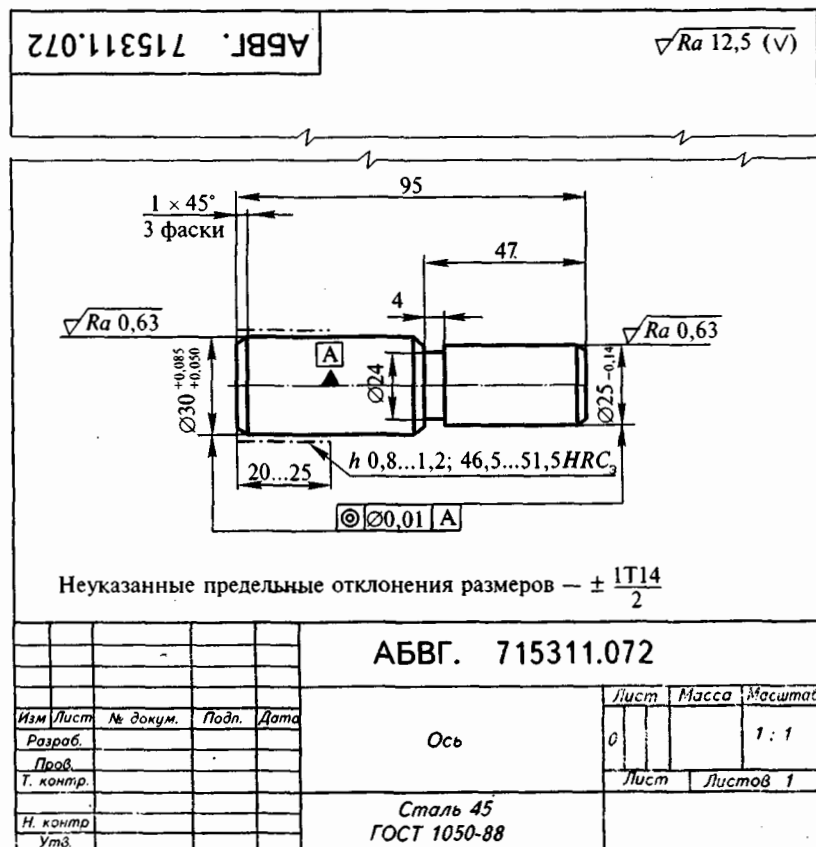
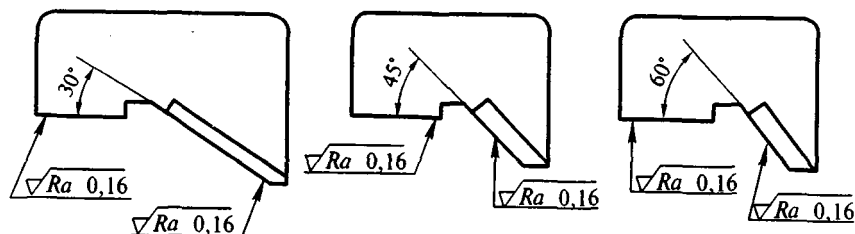


Рис. 7.5



На рис. 7.6 изображены шаблоны для проверки: размеров фасок. Если на чертеже нет никаких указаний о форме кромок, то они должны быть притуплены (без контроля величины притупления). Если притупление недопустимо, то делают соответствующую запись (рис. 7.7).

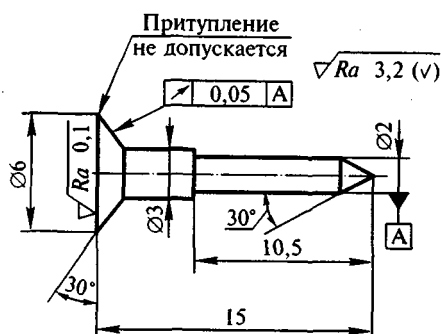


Рис. 7.7

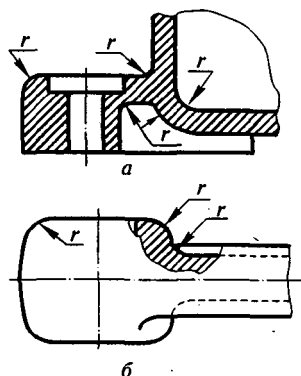


Рис. 7.8

Галтели — скругления внешних и внутренних углов на деталях машин — широко применяют для облегчения изготовления деталей литьем, штамповкой, ковкой (рис. 7.8, а, б), повышения прочностных свойств валов, осей и других деталей в местах перехода от одного диаметра к другому. На рис. 7.9 буквой А отмечено место концентрации напряжений, могущей вызвать трещину или излом детали. Применение галтели устраняет эту опасность.

Размеры галтелей берут из того же ряда чисел, что и для величины C фаски (За исключением специальных случаев,

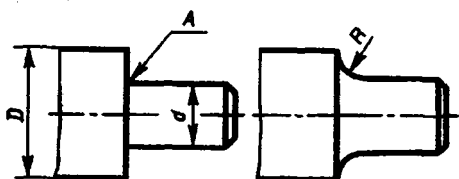


Рис. 7.9

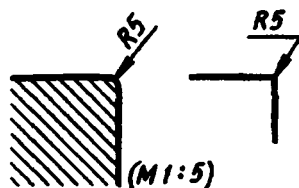


Рис. 7.10

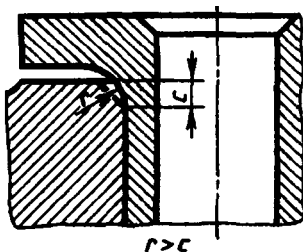


Рис. 7.11

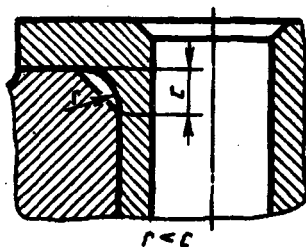


Рис. 7.12

в частности радиусовгиба для деталей, изготавливаемых из листового металла, установки шарикоподшипников и др.)

Радиусы скругления, размер которых в масштабе чертежа 1 мм и меньше, не изображают и размеры их наносят, как показано на рис. 7.10. На рис. 7.11 показан неправильный, а на рис. 7.12 правильный выбор размеров фаски и галтели.

Проточки (канавки) применяют в основном для установки в них стопорящих деталей (рис. 7.13), уплотняющих прокладок (рис. 7.14), для «выхода» режущих инструментов, например

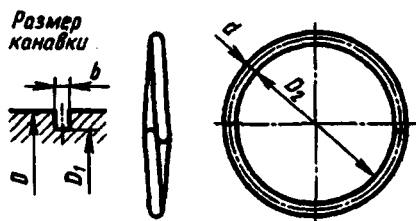


Рис. 7.13

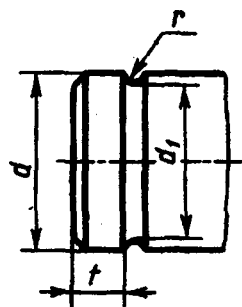


Рис. 7.14

при нарезании резьбы (рис. 7.15), зубьев зубчатого колеса (рис. 7.16), шпоночного паза (рис. 7.17); для обеспечения плот-

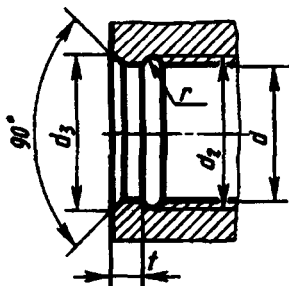


Рис. 7.15

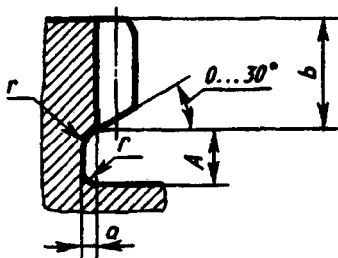


Рис. 7.16

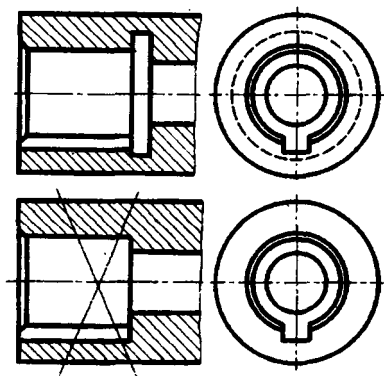


Рис. 7.17

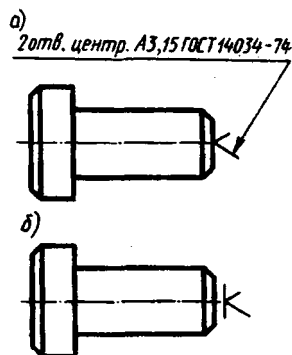


Рис. 7.18

ного прилегания торцовых поверхностей сопрягаемых деталей, например торцов *Б* и *В* на рис. 7.1.

На основном изображении проточки, как правило, дают с упрощениями, а их действительные формы и размеры выявляют выносными элементами (см. рис. 5.35), пользуясь соответствующими стандартами.

Столь же разнообразно применение пазов, буртиков и лысок (плоских срезов на поверхности вращения, ограничивающих детали).

На рис. 7.1 лыски служат для удержания оправки от вращения при наворачивании гайки на другой ее конец. Для придания чертежу большей наглядности лыски могут быть отмечены диагоналями, наносимыми тонкими сплошными линиями (см. рис. 5.44).

На торцах оправки имеются центровые отверстия. Если их наличие безразлично, то соответствующие указания на чертеже отсутствуют и деталь может быть изготовлена как с центровыми отверстиями, так и без них (решает технолог). Если в изготовленной детали требуется наличие центровых отверстий, то их отмечают условным знаком по рис. 7.18, *а*, с указанием на полке обозначения по ГОСТ 14034—74. Если центровые отверстия в готовом изделии недопустимы, то наносят знак по рис. 7.18, *б*¹.

Назначение *буртика* на оправке пояснений не требует. Пример применения *ребер жесткости* был дан на рис. 5.42. Их назначение очевидно.

Р и ф л е н и я предотвращают проскальзывание пальцев руки при завинчивании детали. На чертеже указывают, согласно ГОСТ 21474—75, тип рифления (прямое или сетчатое) и его шаг

¹ На учебных чертежах центровые отверстия, даже если они имеются на детали, обычно не изображают и не оговаривают.

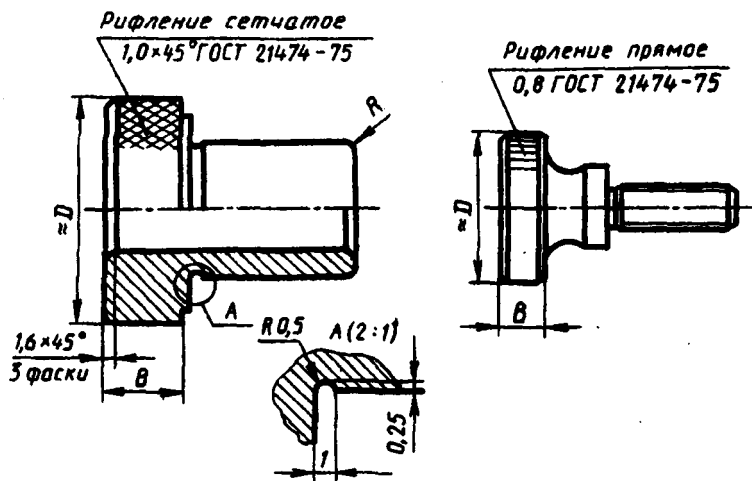


Рис. 7.19

(рис. 7.19), выбираемый из ряда: 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0 (последний только для сетчатого). Угол рифления, отличный от 45°, указывается на изображении.

Шаг зависит от ширины и диаметра накатываемой поверхности и (для сетчатого рифления) материала детали.

Бобышки (приливы) у литых деталей облегчают обработку опорных поверхностей под головки болтов, гайки и т. д., а также в случае, показанном на рис. 7.20. На рис. 7.21 дан при-

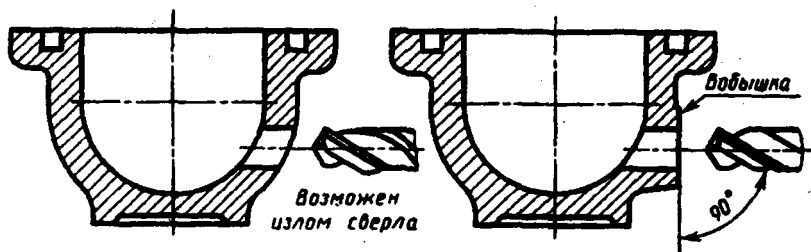


Рис. 7.20

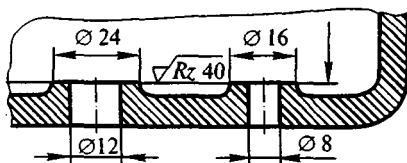


Рис. 7.21

мер рационального их выполнения (опорные поверхности лежат в одной плоскости, что упрощает обработку).

7.3. Указание на чертеже допусков формы и расположения поверхностей¹. Согласно

¹ Термины и определения см. в ГОСТ 24642—81 (СТ СЭВ 301—76) и ГОСТ 28187—89 (СТ СЭВ 6329—88). Отклонения формы и расположения поверхностей. Общие требования к методам измерений.

ГОСТ 2.308—79* (СТ СЭВ 368—76), вид допуска обозначают следующими знаками:

Допуск прямолинейности	—	Допуск перпендикулярности	⊥
» плоскостности	▭	» параллельности	//
» круглости	○	» соосности	⊙
» цилиндричности	⋈	» симметричности	≡

Допуск торцового или радиального биения (суммарный допуск формы и расположения) обозначают стрелкой (см. рис. 7.7).

Соответствующие данные о допуске указывают в прямоугольной рамке, выполняемой тонкими линиями, разделенной на две и более частей, в которых помещают (рис. 7.22): в первой части — знак допуска по таблице, во второй — числовое значение допуска в мм, выбираемое из ГОСТ 24643—81 (СТ СЭВ 636—77), в третьей (и последующих) — буквенное обозначение базы (баз) или поверхности, с которой связан допуск расположения (см. рис. 7.7). Высота цифр, букв и знаков должна быть равна размеру шрифта размерных чисел (желате-



Рис. 7.22

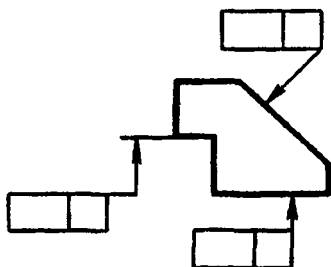


Рис. 7.23

лен шрифт 5 мм типа А). Рамку соединяют с элементом, к которому относится допуск, тонкой линией, заканчивающейся стрелкой. Соединительная линия может быть прямой или ломаной (рис. 7.23). При этом, если допуск относится к поверхности, то соединительная линия не должна быть продолжением размерной линии (рис. 7.24, а), если допуск относится к оси или плоскости симметрии, то соединительная линия должна быть продолжением размерной (рис. 7.24, б, в).

Перед числовым значением допуска ставится: знак диаметра, если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают его диаметром; символ R , если это поле указывают радиусом; символ T , если допуск симметричности, пересечения

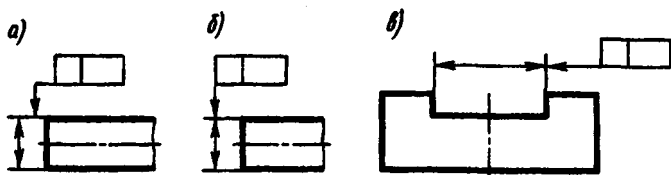


Рис. 7.24

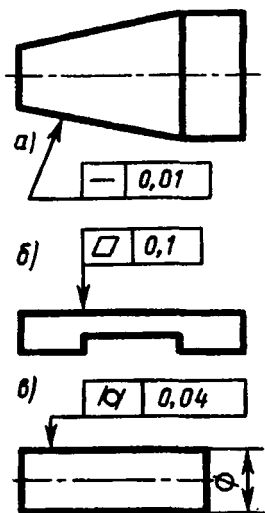


Рис. 7.25

осей, формы заданного профиля и заданной поверхности указывают в диаметральном выражении.

На рис. 7.25 приведены примеры обозначения допусков отклонений от формы: а — допуск прямолинейности образующей конуса 0,01 мм; б — допуск плоскости 0,1 мм; в — допуск цилиндричности 0,04 мм.

Базы обозначают зачерненным равнобедренным треугольником (при выполнении чертежей на графопостроителе их можно не зачернять), основание которого располагают на контурной линии поверхности (или ее продолжении), являющейся базовой. Высота треугольника должна быть равна размеру шрифта размерных чисел (желательно 5 мм).

На рис. 7.26 приведены примеры обозначения допусков отклонений от расположения поверхностей: а — допуск параллельности оси отверстия относительно основания 0,05 мм; б — допуск симметричности паза 0,05 мм. База — плоскость симметрии поверхностей А (сопоставьте с рис. 7.24, в). Пример применения знака отклонения от соосности (допуск соосности) дан на рис. 7.5.

Отклонения допусков геометрической формы деталей и взаимного расположения поверхностей

проверяют соответствующими приборами и калибрами.¹

Если допуски формы и расположения на чертеже не указаны, то возможны любые отклонения формы в пределах поля допуска размера рассматриваемого элемента. Числовые значения неуказанных допусков отклонений от расположения и суммарные выбирают из соответствующих таблиц, помещенных в ГОСТ 25069—81 (СТ СЭВ 1911—79).

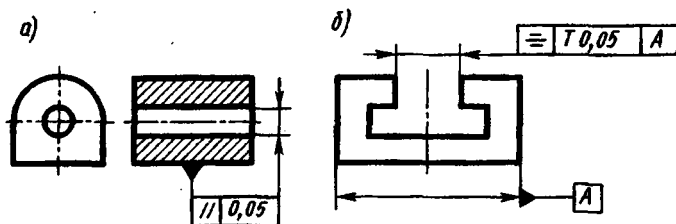


Рис. 7.26

7.4. Шероховатость (микрогеометрия) поверхности. Если рассмотреть в сильную лупу или под микроскопом поверхность какой-либо детали, то даже на хорошо отполированной поверхности будут заметны микронеровности.

На рис. 7.27 изображены два валика, диаметры которых при измерении микрометром оказались практически равными, но шероховатость (высота гребешков) на валике а больше, чем на б.

Если принять, что валики будут работать в одинаковых условиях, то установленный расчетом зазор между валиком и отверстием в случае а нарушится быстрее (из-за истирания поверх-

¹ См., например, ГОСТ 17353—89. Прибыли для измерений отклонений формы и расположения поверхностей вращения.

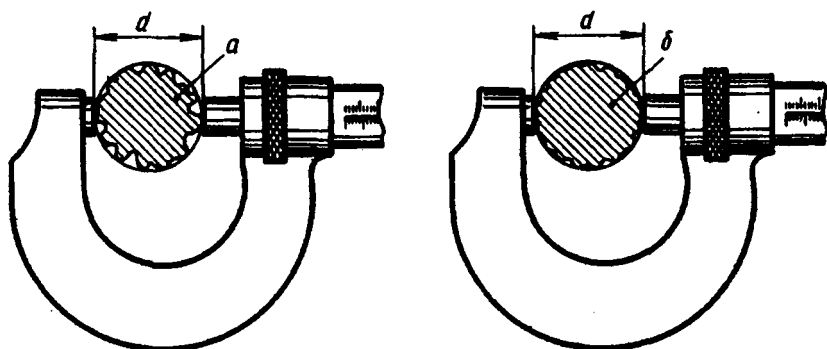


Рис. 7.27

ностей), чем в случае б, и надежность работы механизма уменьшится.

Поэтому, проектируя машины, конструктор задает не только точность, с какой должны быть выдержаны размеры элемента детали, но и допустимую шероховатость его поверхности, обеспечивающую длительную работоспособность детали. При этом конструктор должен учитывать и экономический фактор — чем выше требования к качеству поверхности, тем дороже ее изготовление.

Если нет необходимости в нормировании шероховатости поверхности, то конструктор не выносит в чертеж соответствующие требования и шероховатость этой поверхности не контролируют.

Для оценки качества поверхности ГОСТ 2789—73 (СТ СЭВ

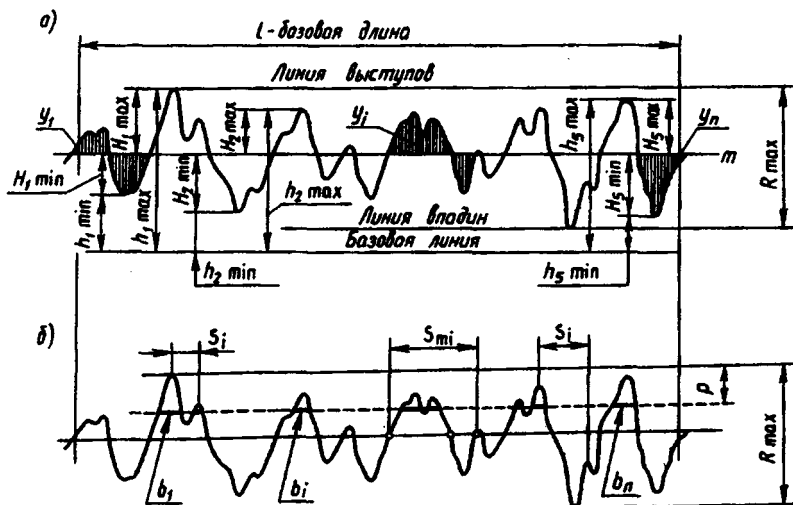


Рис. 7.28

638—77)¹ установил шесть параметров (см. рис. 7.28, на котором показана многократно увеличенная профилограмма неровностей поверхности на некотором ее участке — базовой длине, полученная сечением поверхности нормальной к ней плоскостью):

1) *среднее арифметическое отклонение профиля* (символ — Ra), иначе — среднее арифметическое значение ординат y_i (рис. 7.28, а) некоторого количества точек, выбранных на базовой длине:

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|.$$

Символ Ra в обозначениях шероховатости, наносимых на чертежах, не пишут;

2) *средняя высота неровностей профиля по 10 точкам* (символ Rz), иначе — сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины (рис. 7.28, а):

$$Rz = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |H_{imax}| + \sum_{i=1}^5 |H_{imin}| \right), \text{ или}$$

$$Rz = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 h_{imax} - \sum_{i=1}^5 h_{imin} \right).$$

Параметр Ra предпочтителен;

3) *наибольшая высота профиля* (символ R_{max});

4) *средний шаг неровностей* (символ Sm , рис. 7.28, б);

5) *средний шаг неровностей по вершинам* (символ S);

6) *относительная опорная длина профиля* (символ t_p), определяемая как отношение опорной длины профиля η_p к базовой длине:

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} 100 \%,$$

где η_p — опорная длина профиля, определяемая как сумма длин отрезков в пределах базовой длины, отсекаемых на заданном уровне в материале выступов профиля линией, эквидистантной средней линии:

$$\eta_p = (b_1 + b_2 + \dots + b_{n-1} + b_n) < l,$$

p — уровень сечения профиля (рис. 7.28, б), определяемый как расстояние между линией выступов профиля и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов профиля.

Этот параметр наиболее полно характеризует высотные свойства профиля с точки зрения стабильности заданных зазоров.

Профилограмма теоретически может иметь одинаковые числовые значения предыдущих параметров (как условно показано на рис. 7.29), но различное t_p на одном и том же уровне сечения профиля от R_{max} . Так, на рис. 7.29, а t_{30} (т. е. на уровне 30 %) равно 25 % от базовой длины, а на рис. 7.29, б t_{30} — 50 % и, следовательно, в большей степени неровности будут сопротивляться износу.

Требования к шероховатости поверхности могут нормироваться одним параметром (например, высотным — Ra , Rz или R_{max} , либо шаговым — Sm или S ,

¹ Стандарт не распространяется на шероховатость ворсистых и т. п. поверхностей, например фетра.

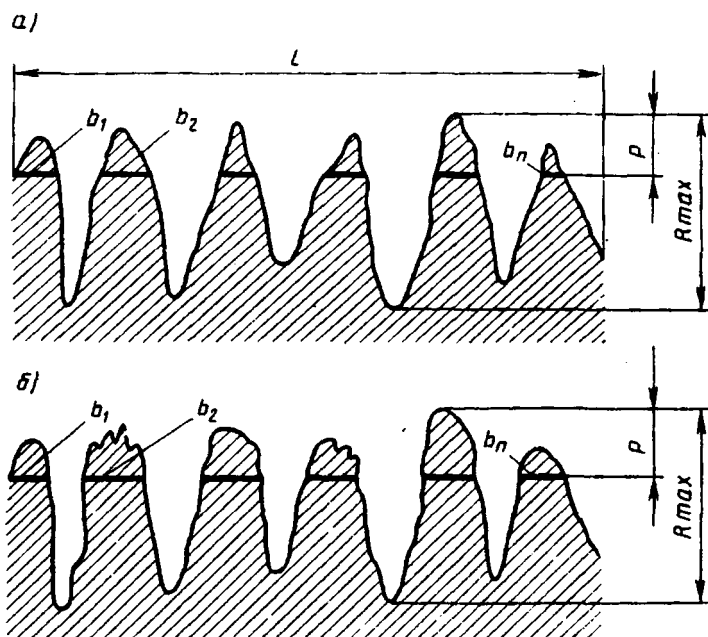


Рис. 7.29

либо относительной опорной длиной профиля (R_p), двумя (например, одним высотным и одним шаговым или одним из них и параметром R_p) или тремя (одним высотным, одним шаговым и R_p), помещенным в указанной последовательности. Кроме того, для каждого из параметров может быть указано его значение с предельными отклонениями или диапазон значений в двух строках, причем в верхней строке приводят значения параметра, соответствующего более грубой шероховатости, например:

$1,00R_z$;	$0,080R_{max}$;	$0,80r$	5050 ;	Sm	$0,063$	и т. д.
$0,63$	$0,032$	$0,32$	70		$0,040$	

Когда в обозначении указано только одно значение параметра, это означает, что указанная характеристика шероховатости является предельной, т. е. шероховатость должна быть не грубее указанной в обозначении.

Дополнительно к параметрам шероховатости при необходимости указывают значение базовой длины l и требования к направлению неровностей поверхности и способу ее получения (обработки).

Все эти сведения располагают согласно структуре обозначения шероховатости (рис. 7.30) по ГОСТ 2.309—73* (СТ СЭВ 1632—79), содержащим правила их нанесения на чертежах для всех отраслей промышленности.

Базовую длину в обозначении шероховатости не указывают, если требования к шероховатости нормируют указанием только параметра R_a или R_z , и параметр определяют в пределах базовой длины, соответствующей значению параметра в таблице ГОСТ 2789—73*, содержащей характеристики шероховатости.

Примечание. В приказе Минвуза этот стандарт отнесен ко второй группе стандартов, содержание которых частично должно изучаться в курсе черчения и в полном объеме в курсах «Детали машин» и «Основы взаимозаменяе-

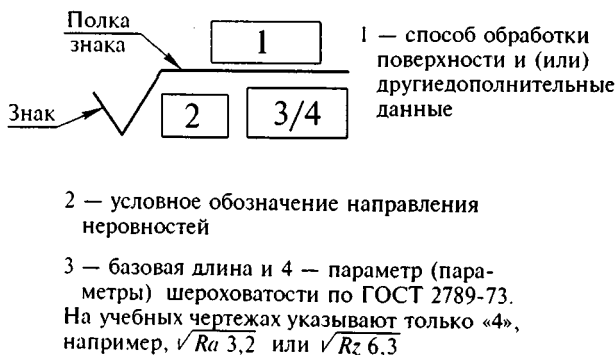


Рис. 7.30

мости». Поэтому на учебных чертежах и эскизах, выполняемых по темам «Эскизы» и «Деталирование» (см. п. 10 и 11), обычно ограничиваются указанием одного из высотных параметров — Ra (предпочтителен) или Rz , выбирая их числовые значения на с. 165.

Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия независимо от методов их образования (механической обработкой, литьем, ковкой, штамповкой, прокатом, волочением и т. д.), кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.

В обозначении шероховатости поверхности применяют следующие знаки (ГОСТ 2.309—73*):

по рис. 7.31, а, когда вид обработки поверхности конструктор не устанавливает;

по рис. 7.31, б, когда поверхность должна быть образована удалением слоя материала, например точением, фрезерованием, сверлением, шлифованием, полированием, травлением и т. п.;

по рис. 7.31, в, когда поверхность должна быть образована без удаления слоя материала, например литьем, ковкой, объемной штамповкой, прокатом, волочением и т. п.

Этим же знаком обозначают поверхности, не обрабатываемые по данному чертежу (сохраняемые в «состоянии поставки»).

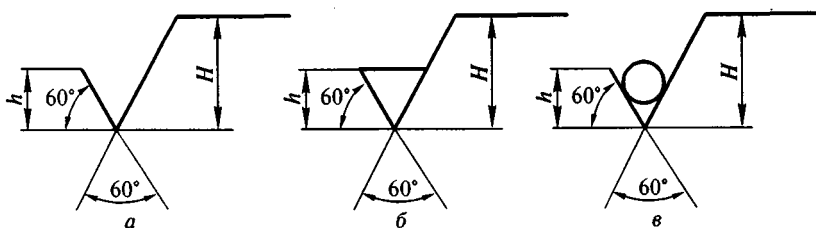


Рис. 7.31

Состояние поверхности, обозначенной по рис. 7.31, в, должно удовлетворять требованиям, установленным соответствующим стандартом или ТУ. Причем на этот документ должна быть дана ссылка в виде указания сортамента материала в графе 3 основной надписи чертежа.

При необходимости к любому из указанных знаков может быть добавлена полка, как на рис. 7.30.

Высота h приблизительно равна применяемой на чертеже высоте цифр размерных чисел, $H \approx (1,5 \dots 3) h$. Толщина линий знаков $\approx 0,5 s$, где s — толщина основной линии, применяемой на чертеже.

Обозначения располагают на линиях видимого контура, выносных линиях или на полках линий-выносок, на тех видах, разрезах и сечениях, на которых проставлены соответствующие размеры, возможно ближе к размерным линиям. При недостатке места допускается располагать их на размерных линиях или на их продолжениях, а также разрывать выносную линию (рис. 7.32).

На линии невидимого контура допускается наносить обозначения шероховатости только в случаях, когда от этой линии нанесен размер.

Для детали, изображенной с разрывом, обозначение шероховатости дают только на одной части, ближе к размеру.

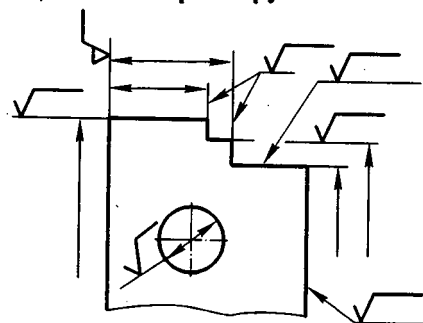


Рис. 7.32

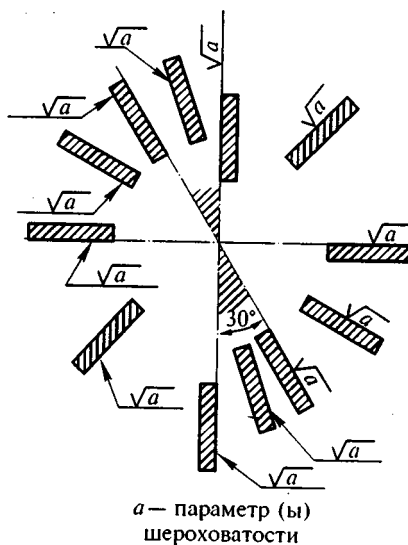


Рис. 7.33

На рис. 7.33 показано, как надо располагать знаки, не имеющие полки, относительно основной надписи чертежа. При расположении вырожденного изображения поверхности или ее производящей в заштрихованной зоне обозначение наносят только на полке линии-выноски.

При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей изделия обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносят (рис. 7.34).

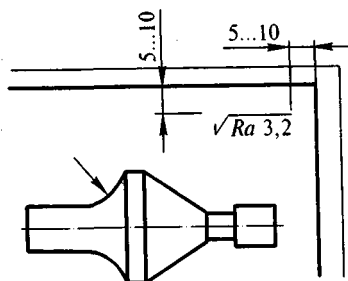


Рис. 7.34

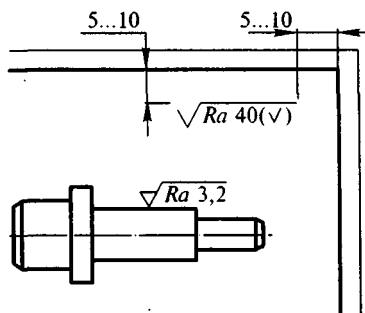


Рис. 7.35

Размеры и толщина линий знака, выносимого в правый верхний угол чертежа, должны быть приблизительно в 1,5 раза больше, чем у размерных чисел, нанесенных на изображении.

При указании одинаковой шероховатости для части поверхностей изделия в правом верхнем углу чертежа помещают обозначение одинаковой шероховатости и знак по рис. 7.31, а, заключенный в скобки. Это означает, что все поверхности на которых не нанесены обозначения или знак при рис. 7.31, в, должны иметь шероховатость, указанную перед знаком в скобках (рис. 7.35). Размеры знака, взятого в скобки и обозначающего слово «остальное», должны быть одинаковы с размерами знаков, нанесенных на изображение.

Когда часть поверхностей не обрабатывают по данному чертежу (сохраняют в состоянии «поставки», например, частично обрабатываемый кусок швеллера), то в правом верхнем углу чертежа перед знаком в скобках помещают знак по рис. 7.31, в (рис. 7.36). Соотношение размеров знаков, как на рис. 7.35.

Примечание. При отсутствии поверхностей, шероховатость которых на чертеже не указана, вынос обозначений в правый верхний угол не допускается, так как при этом возможны ошибки в понимании чертежа.

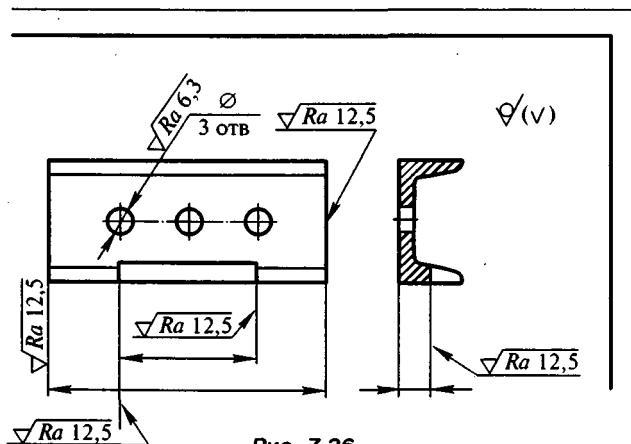


Рис. 7.36

Обозначение шероховатости поверхностей повторяющихся элементов изделия (отверстий, пазов, зубьев и т. п.), количество которых указано на чертеже (рис. 7.36), а также обозначение шероховатости одной и той же поверхности наносят один раз независимо от числа изображений.

П р и м е ч а н и е. К повторяющимся элементам не относят симметрично расположенные поверхности (см. на рис. 7.36 боковые стороны выреза и торцы швеллера).

Если шероховатость поверхностей, образующих контур, должна быть одинаковой, то обозначение шероховатости наносят один раз со знаком, означающим слова «по контуру», как показано на рис. 7.37. Диаметр окружности в знаке — 4...5 мм.

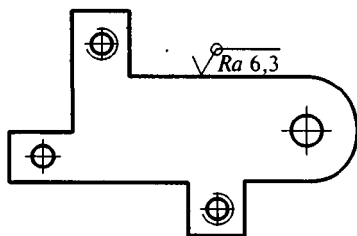


Рис. 7.37

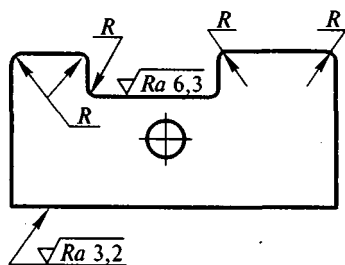


Рис. 7.38

У обозначения одинаковой шероховатости нескольких поверхностей, плавно переходящих одна в другую, знак «по контуру» не наносят (рис. 7.38).

Допускается для поверхностей сложной конфигурации поступать так, как показано на рис. 7.39 записью в ТТ: «Шероховатость поверхности А — ...». Утолщенную штрихпунктирную линию проводят на расстоянии 0,8...1 мм от линии контура.

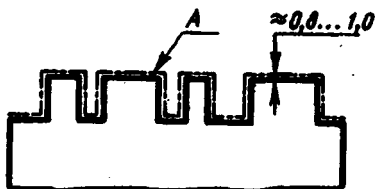


Рис. 7.39

Для обозначения шероховатости поверхностей изделий, изготавливаемых из древесины, применяют высотные и шаговые параметры, установленные ГОСТ 7016—82*. Они аналогичны рассмотренным. Правила нанесения — по ГОСТ 2.309—73.

Параметр Ra может иметь значения от 100 до 0,08 мкм, из них предпочтительны: 100; 50; 12,5; 6,3; 3,2; 1,60; 0,80; 0,40; 0,20; 0,100; 0,050; 0,025; 0,012 мкм.

Параметр Rz может иметь значения от 1600 до 0,025 мкм, предпочтительны: 400; 200; 100; 50; 25; 12,5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,80; 0,40; 0,20; 0,100; 0,050; 0,025 мкм.

Этими значениями и следует пользоваться при выполнении учебных чертежей и эскизов.

Обозначая шероховатость поверхностей детали, необходимо по возможности уяснить условия ее работы в изделии. (Эта задача достаточно легко решается при составлении эскизов деталей сборочной единицы или чертежей деталей при детализовании чертежа общего вида.) Следует сверить (визуально и на ощупь ногтем) шероховатость поверхностей детали с образцами шероховатости, выпускаемыми предприятиями по ГОСТ 9378—75* (СТ СЭВ 849—78). При их отсутствии можно руководствоваться следующими соображениями:

поверхности, работающие в условиях, когда стабильность зазора имеет решающее значение (например, поверхности осей и валов быстроходных двигателей, поверхности шариков и роликов подшипников качения и т. п.) и образуемые путем тонкого шлифования и других доводочных операций, имеют шероховатость по шкале Ra 0,05...0,100 мкм; шероховатость на таких поверхностях можно увидеть только в сильную лупу;

поверхности неподвижных ответственных соединений, испытывающих большие нагрузки (например, соединение зубчатого колеса высокой точности с валом), образуемые путем чистового шлифования, имеют шероховатость 1,60...0,60 мкм. Шероховатость на них можно увидеть только в лупу;

поверхности менее ответственных подвижных (например, обычные соединения зубчатых колес и червяков с валами, трущиеся поверхности клапанов и кранов и т. п.) и неподвижные (например, привалочные поверхности при герметичном соединении без прокладок) имеют шероховатость 3,2...1,6 мкм. Шероховатость едва заметна;

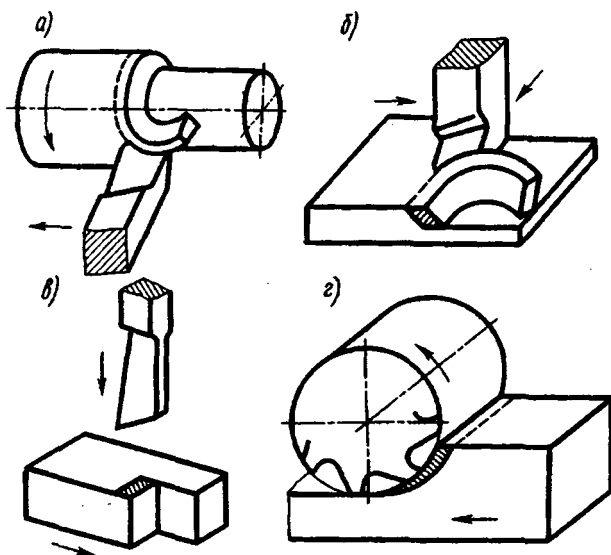


Рис. 7.40

поверхности в малоответственных подвижных и неподвижных соединениях (например, поверхности деталей, прилегающих к другим деталям, поверхности под запрессовку, втулок, вкладышей и т. п.), когда стабильность зазора не имеет большого значения, образуемые чистовым точением, грубой шлифовкой, литьем под давлением и другими операциями, имеют шероховатость 6,3...3,2 мкм. Шероховатости заметны;

поверхности отверстий под болты, винты, шпильки и т. п. (когда зазор предусмотрен для свободного соединения деталей), образуемые вырубанием на штампах, черновым точением, сверлением и другими операциями, имеют шероховатость по шкале Rz 80...20 мкм. Шероховатости ясно заметны и легко обнаруживаются ощупыванием;

поверхности, образованные без снятия слоя материала, например литьем в земляные формы и кокили, и не соприкасающиеся в изделии с другими поверхностями, имеют шероховатость по шкале Rz 80...400 мкм и более. Шероховатости хорошо видны.

Шероховатость поверхностей некоторых видов изделий стандартизована, например поверхности стандартных болтов и гаек класса точности *B* должны иметь шероховатость по шкале Ra 12,5...6,3 мкм и т. д.

Шероховатость поверхности зависит от способа образования поверхности. Так, при обработке резанием шероховатость может иметь следующие значения:

при точении черновом (рис. 7.40, *a*) — Rz 160...40 мкм, чистовом — 5...0,63 мкм¹, алмазном — 0,32...0,08; при строгании черновом (рис. 7.40, *б*) — 320...80 мкм, чистовом — 5...2,5; при обработке долбяком (рис. 7.40, *в*) черновой — 80...40 мкм, чистовой — 5...2,5 мкм; при фрезеровании (рис. 7.40, *г*) черновом — 160...40 мкм, чистовом — 5...1,25, тонком — 2,5...0,63; при шлифовании (рис. 7.41) грубом — 40...10, чистовом — 2,5...0,63,

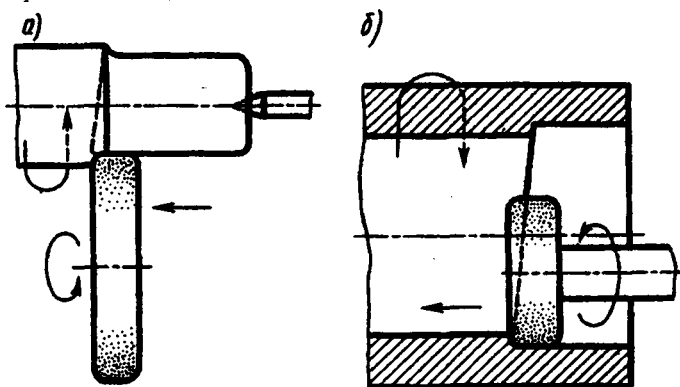


Рис. 7.41

¹ В дальнейшем по шкале Ra .

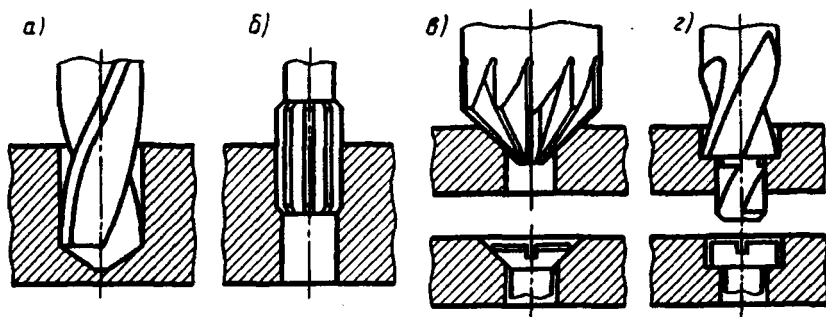


Рис. 7.42

тонком — $0,63...0,16$; притирочные (доводочные) операции — $0,16...0,02$; при сверлении (рис. 7.42, а) — $80...40$; при развертывании (рис. 7.42, б) чистовом — $1,25...0,63$, отделочном — $0,63...0,10$; при зенкеровании цилиндрическом и коническом (рис. 7.42, в, г) — $20...10$ мкм.

Шероховатость поверхности деталей из латуни и бронзы при тех же технологических операциях получается меньшей, чем для стали.

При обработке резанием неизбежно часть металла переходит в стружку (потери металла до 4,5 млн. т в год). Чтобы сократить эти потери, все шире используют новейшие способы литья с заданной точностью размеров и шероховатости поверхности, полностью исключающей последующую механическую обработку или с минимальными припусками на нее. Так, литье под давлением позволяет получать шероховатость поверхностей $Ra\ 2,5...0,63$ мкм, по выплавляемым моделям — $Ra\ 10...2,5$, в оболочковых и металлических формах $Rz\ 80...20$ мкм, в керамических и земляных формах $Rz\ 630...160$ мкм.

Определяют шероховатость приборами (профилометрами, профилографами и др.), с которыми студенты знакомятся в специальных курсах (см. ГОСТ 27964—88 (СТ СЭВ 6134—87 и ИСО 4287/2—84). Измерение параметров шероховатости. Термины и определения).

Упражнение. Рассмотрите все обозначения допусков формы и расположения поверхностей и обозначения шероховатости на чертеже стружколома рубанка по ГОСТ 1183—80* (рис. 7.43).

Вопрос. Почему у паза на рис. 7.44, а обозначена шероховатость всех трех его граней, а у паза на рис. 7.44, б шероховатость указана только один раз?

7.5. Задание размеров. Поверхности, определяющие в своей совокупности геометрическую форму детали, подразделяют на сопрягаемые, привалочные (прилегающие, опорные) и свободные.

Сопрягаемыми называют те поверхности детали, которые, соприкасаясь с поверхностями других деталей изделия, являются *охватывающими* или *охватываемыми*. К ним предъявляют повышенные требования в отношении точности их изготовления и шероховатости. Общие соприкасающиеся поверхности двух

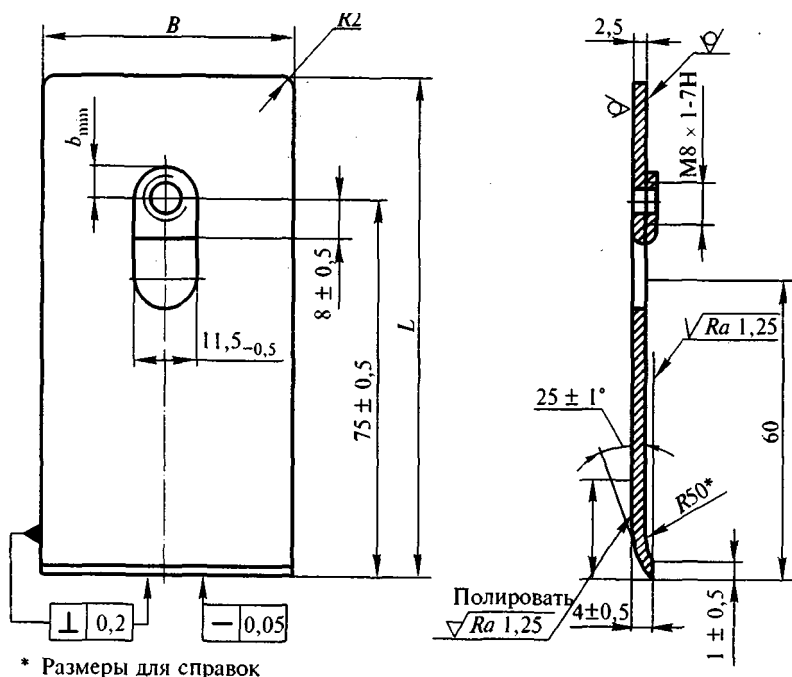


Рис. 7.43

деталей в этих случаях имеют одинаковый номинальный (расчетный) размер

Привалочными называют поверхности, соприкасающиеся с поверхностями других деталей изделия, но не являющиеся охватываемыми или охватывающими. Требования к точности изготовления и шероховатости — менее жесткие. Общие прилегающие поверхности двух деталей одинаковых номинальных размеров обычно не имеют.

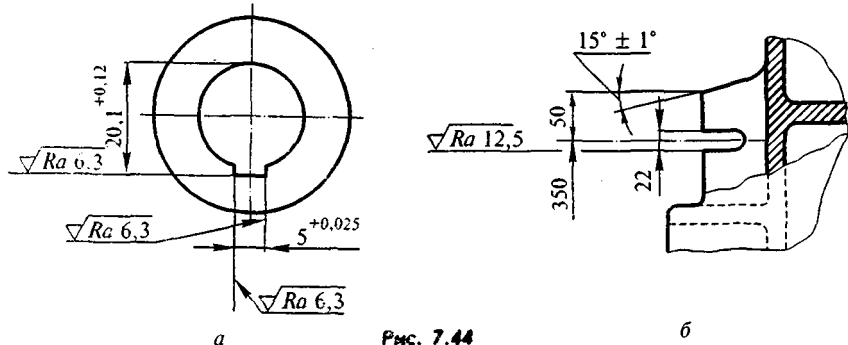


Рис. 7.44

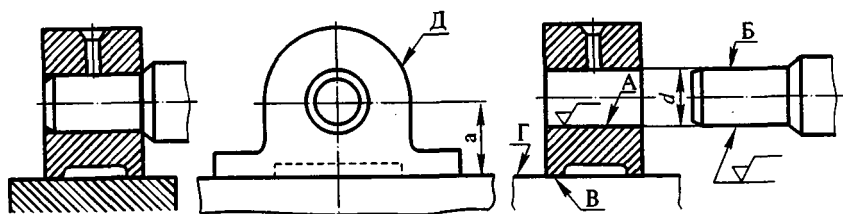


Рис. 7.45

Свободными называют поверхности, не соприкасающиеся с поверхностями других деталей изделия. Требования в отношении точности изготовления (обычно без удаления слоя материала — литьем, ковкой, штамповкой и т. п.) и шероховатости по сравнению с предыдущими — наименьшие (если не требуется их отделки по соображениям технической эстетики).

На рис. 7.45 поверхность *А* отверстия в корпусе подшипника является охватывающей, а поверхность *Б* вала — охватываемой. Эти сопрягаемые поверхности имеют одинаковый номинальный размер d и одинаковую (обычно) шероховатость. Поверхность *Д* — свободная.

Поверхности *В* корпуса и *Г* плиты — привалочные. Они соприкасаются, но не являются охватываемыми или охватывающими; одинаковые номинальные размеры и шероховатость они могут не иметь.

Любая закономерная поверхность (или ее отсек) может быть задана определенным количеством размеров, однозначно определяющих ее форму (*параметрами формы*) и положение в принятой системе координат относительно других поверхностей (или их отсеков), ограничивающих деталь (*параметрами положения*).

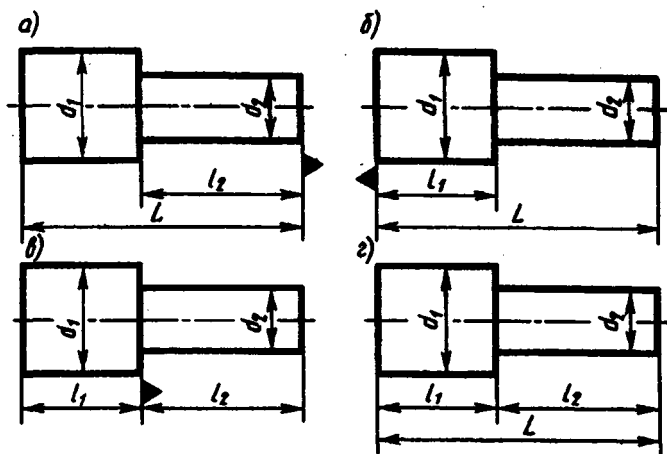


Рис. 7.46

Для любой детали число этих параметров (размеров) есть величина постоянная, которая может быть подсчитана.

На рис. 7.46 показан валик, состоящий из двух соосных цилиндров вращения. Для его изготовления достаточно задать четыре размера. Однако они могут быть заданы различным образом, и от конструктора зависит выбор наиболее целесообразного варианта.

Пятый размер на рис. 7.46, *г* только затрудняет понимание чертежа, так как становится неясным, от какой плоскости надо отсчитывать размеры. Поэтому один из размеров l_1 , l_2 или L может быть указан только как справочный (см. п. 2.5, рис. 2.26).

На рис. 7.47 оси цилиндров скрещиваются, и для изготовления этой детали требуется задать восемь размеров (четыре параметра формы и четыре параметра положения). Как и в

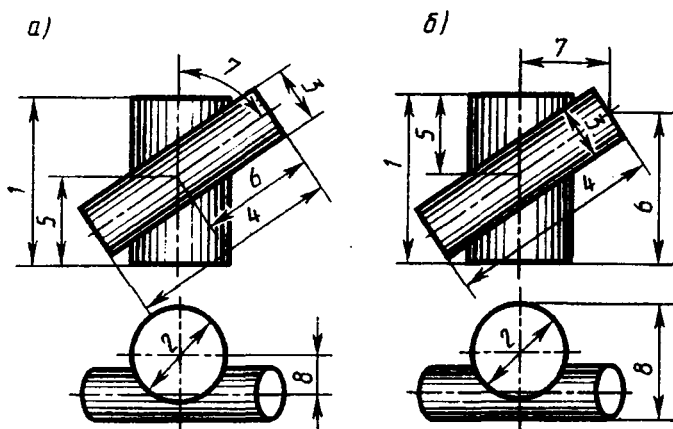


Рис. 7.47

предыдущем случае, размеры можно задать по-разному: например, так, как на рис. 7.47, *б*. Но если расчет произведен правильно, то во всех случаях мы получим восемь размеров.

Однако практика выработала ряд условностей, позволяющих уменьшать количество проставляемых на чертеже размеров. Так, для прокладки (рис. 7.48) требуется задать 13 размеров (11 параметров формы и два положения), фактически же на чертеже проставлено пять размеров, так как очевидно, что все четыре угла прокладки скруглены одним и тем же радиусом, равным 9 мм, и что центр окружности совпадает с центром квадрата.

Согласно ГОСТ 2.307—68*, размеры нескольких одинаковых элементов изделия, как правило, наносят один раз с указанием на полке линии-выноски количества этих элементов (рис. 7.49).

При нанесении размеров элементов, равномерно расположенных по окружности изделия (например, отверстий), вместо угло-

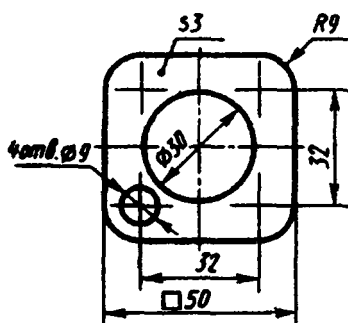


Рис. 7.48

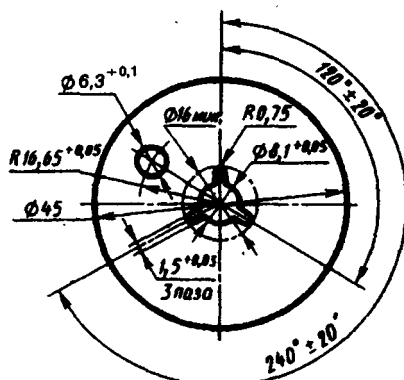


Рис. 7.49

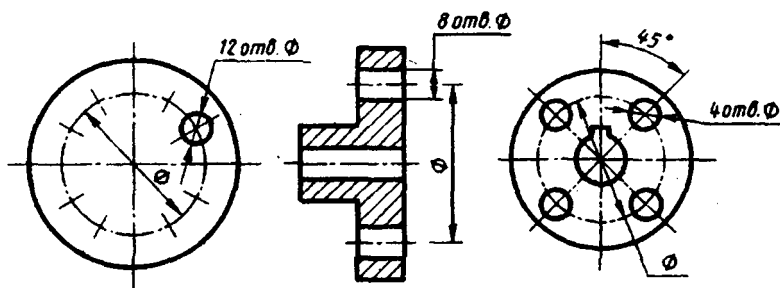


Рис. 7.50

вых размеров, определяющих взаимное расположение элементов, указывают только их количество (рис. 7.50).

Если радиусы скруглений, сгибов на чертеже одинаковы или какой-либо радиус является преобладающим, то вместо нанесения их размеров в технических требованиях (располагаемых над основной надписью) делают запись типа: «Радиусы скруглений 4 мм»; «Неуказанные радиусы 8 мм» и т. п.

7.6. Нормальные линейные и угловые размеры. Разрабатывая изделие, конструктор выбирает числовые значения его параметров (мощность, скорость, грузоподъемность, габариты и т. п.) из ГОСТ 8032—84 (СТ СЭВ 3961—83); *предпочтительные числа*, если только для данного вида изделий они стандартизованы (полностью или частично). Линейные же и угловые размеры составных частей изделия — сборочных единиц и деталей — конструктор, как правило, согласовывает с ГОСТ 6636—69* (СТ СЭВ 514—77) и ГОСТ 8908—81 (СТ СЭВ 178—75 и 513—77) соответственно, округляя при этом в допустимых пределах размеры, установленные расчетом, требованиями технологии и другими соображениями, если для разрабатываемых составных частей изделия — сборочных единиц, деталей и их

элементов — нет стандартов, устанавливающих соответствующие размерные ряды.

ГОСТ 6636—69 устанавливает четыре ряда чисел для выбора линейных размеров в машиностроении в пределах 0,001... 20 000 мм, причем числа первого ряда следует предпочитать числам второго, числа второго ряда — числам третьего и т. д.

Ниже приведены эти значения в пределах 1...600 мм.

Аналогично ГОСТ 8908—81 устанавливает три ряда рекомендуемых (нормальных) углов и уклонов.

Стандарты позволяют на единой основе разрабатывать параметрические (размерные) ряды для самых разнообразных изделий и их составных частей (не только в машиностроении и приборостроении, но и во многих других отраслях народного хозяйства), удовлетворяющие требованиям взаимозаменяемости, заимствованию, стыковки и многим другим.

Поэтому, *размерные числа, определяемые путем обмера деталей* (при выполнении учебных эскизов) или *чертежа общего вида* (при его детализации), *необходимо согласовывать с числами, рекомендуемыми указанными стандартами:*

Первый ряд: 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630.
Второй ряд: 1,2; 2,0; 3,2; 5,0; 8,0; 12; 20; 32; 50; 80; 125; 200; 320; 500. Третий ряд: 1,1; 1,4; 1,8; 2,2; 2,8; 3,6; 4,5; 7,1; 9,0; 11; 14; 18; 22; 28; 36; 45; 56; 71; 90; 110; 140; 180; 220; 280; 360; 450; 570. Четвертый ряд: 1,05; 1,15; 1,3; 1,5; 1,7; 1,9; 2,1; 2,4; 2,6; 3,0; 3,4; 3,8; 4,2; 4,8; 5,3; 6,0; 6,7; 7,5; 8,5; 9,5; 10,5; 11,5; 13; 15; 17; 19; 21; 24; 26; 30; 34; 38; 42; 48; 53; 60; 67; 75; 85; 95; 105; 120; 130; 150; 170; 190; 210; 240; 260; 300; 340; 380; 420; 480; 530; 600.

Первый ряд: 0°, 5°, 15°, 20°, 30°, 45°, 60°, 90°, 120°.

Второй ряд: 0°30', 1°, 2°, 3°, 4°, 6°, 7°, 8°, 10°, 40°, 75°.

Третий ряд: 0°15', 0°45', 1°30', 2°30', 9°, 12°, 18°, 22°, 25°, 35°, 50°, 55°, 65°, 70°, 80°, 85°, 100°, 110°, 135°, 150°, 165°, 180°, 270°, 360°.

Уклоны: 1:10, 1:20, 1:50, 1:100, 1:200, 1:500.

Приведенные данные не распространяются на угловые размеры, связанные расчетными зависимостями с другими принятыми размерами, и на угловые размеры конусов по ГОСТ 8593—81.

7.7. Понятие о базах в машиностроении. На рис. 7.46 зачерченными треугольниками условно отмечены плоскости, от которых должны отсчитываться соответствующие размеры — l_1 , l_2 или L . Эти плоскости (на рис. 7.46, а, б — торцы, на рис. 7.46, в — заплечик) называют **базовыми**.

Правильный выбор баз — необходимое условие создания работоспособного изделия. Согласно ГОСТ 21495—76* базы подразделяют на: **конструкторские** (основные и вспомогательные), **технологические** и **измерительные**.

Проектируя изделие, конструктор выделяет его основную составную часть (например, станину станка, раму велосипеда), устанавливая для нее систему координат (обычно прямоугольную декартову, как более точную и более быструю в исполнении), являющуюся основной для изделия в целом. Затем устанавливает системы координат и для остальных составных частей изделия (также обычно сборочных единиц) с размерами, координ-

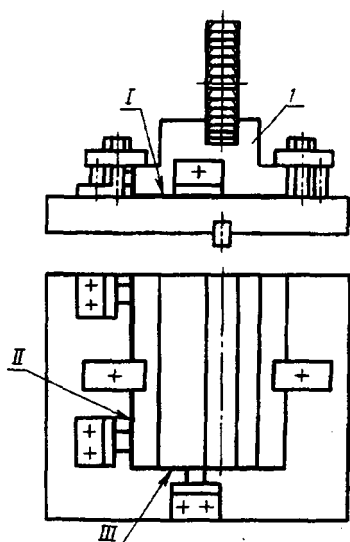


Рис. 7.51

нирующими их положение в основной системе. Наконец, для деталей намечает «местные» системы координат с размерами, определяющими их положение в сборочной единице.

Совокупность систем координат всех трех ступеней позволяет точно определять положение в изделии любой сборочной единицы или детали.

Эти координатные плоскости называют *конструкторскими базами*. (Среди них могут быть скрытые базы в виде воображаемой плоскости, оси или точки.)

Технологическая база определяет положение заготовки или изделия при изготовлении или ремонте, на рис. 7.51 поз. 1 — заготовка, поз. I, II, III — технологические

базы, определяющие положение заготовки в приспособлении.

Измерительная база определяет относительное положение заготовки или изделия и средств измерения (рис. 7.52, измерительная база А детали).

Согласно ГОСТ 2.307—68*, размеры, определяющие положение сопрягаемых поверхностей, проставляют, как правило, от конструкторских баз с учетом возможности выполнения и контроля этих размеров.

На рис. 7.45 размер a проставлен от конструкторской базы — плоскости Г.

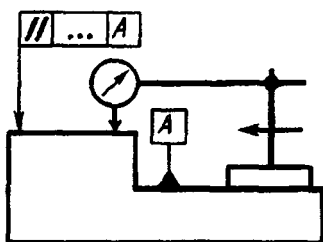


Рис. 7.52

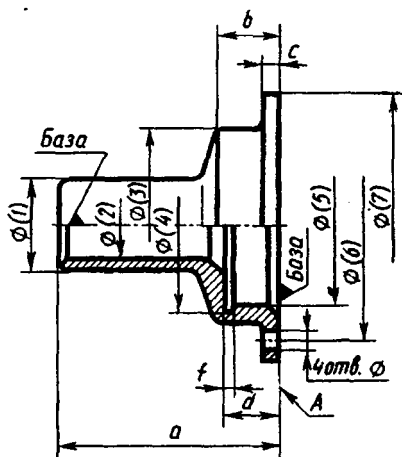


Рис. 7.53

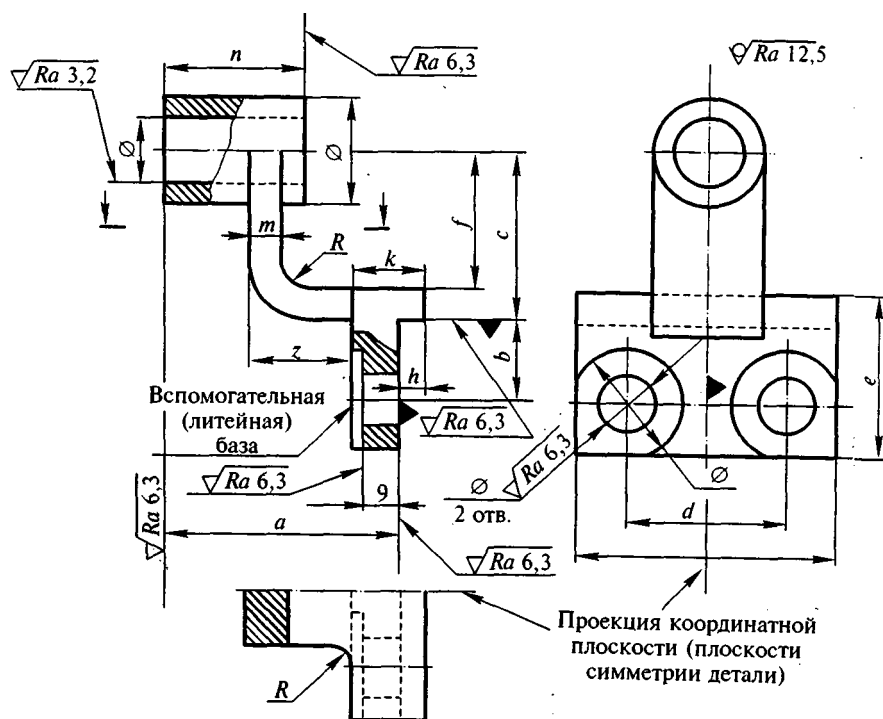


Рис. 7.54

На рис. 7.53 привалочная плоскость A и ось детали — конструкторские базы. От них отсчитывают размеры a , b , c , d , диаметры 1 , 2 и т. д.

На рис. 7.54 — три плоскости и ось, условно отмеченные зачерненными треугольниками, — конструкторские базы. Но на этой детали имеются поверхности, образованные без удаления слоя материала (в данном случае — литьем), и поверхности, образованные путем удаления слоя материала (в данном случае — точением, строганием и сверлением). Поэтому на детали имеется еще одна вспомогательная конструкторская база (литейная), используемая для изготовления литейной модели и приемки (контроле) отливки.

Согласно ГОСТ 2.307—68*, при выполнении рабочих чертежей деталей, изготавливаемых отливкой, штамповкой, ковкой или прокаткой с последующей механической обработкой части поверхности детали, указывают не более одного размера по каждому координатному направлению, связывающего механически обрабатываемые поверхности с поверхностями, не подвергаемыми механической обработке¹.

¹ Реализация этого важного правила возможна только при обозначении на учебном чертеже шероховатости поверхности детал.

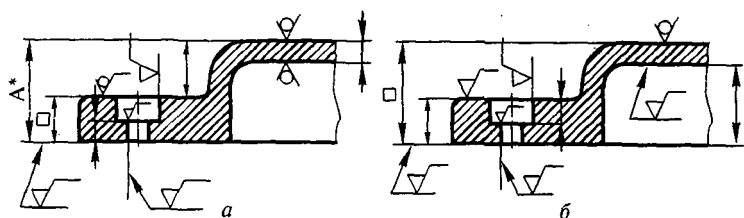


Рис. 7.55

Размеры, определяющие литейную форму детали (отливки), проставляют от необрабатываемых поверхностей — литейных баз, от которых при обработке будут контролировать расстояния до конструкторских баз (размеры k и f на рис. 7.54) и проверять размеры на отливке.

На рис. 7.55, $a, б$ координирующие размеры условно обозначены прямоугольниками.

При необходимости на рис. 7.55, a может быть указан справочный размер A .

На рис. 7.56 конструкторские базы — ось симметрии (ось y) и нижняя кромка плоской детали (ось x).

Размеры, определяющие положение симметрично расположенных поверхностей у симметричных изделий, наносят, как показано на рис. 7.57.

На рис. 7.58 для базирования применена полярная система координат.

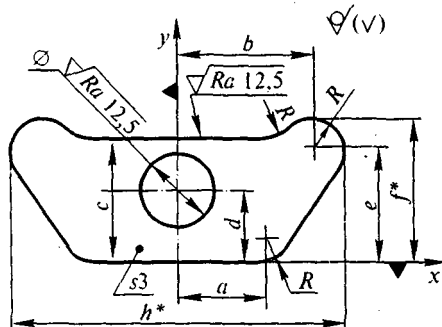
Базы: прямая (ось x) и точка (полюс O).

При расположении элементов предмета (отверстий, пазов, зубьев и т. п.) на одной оси размеры, определяющие их взаимное расположение, наносят следующими способами: от общей базы (поверхности, оси) — по рис. 7.59 (накладка к рельсам); заданием размеров нескольких групп элементов от нескольких баз, заданием размеров между смежными элементами цепочкой — по рис. 7.60.

Во всех приведенных случаях базами являются также общие линии центров окружностей.

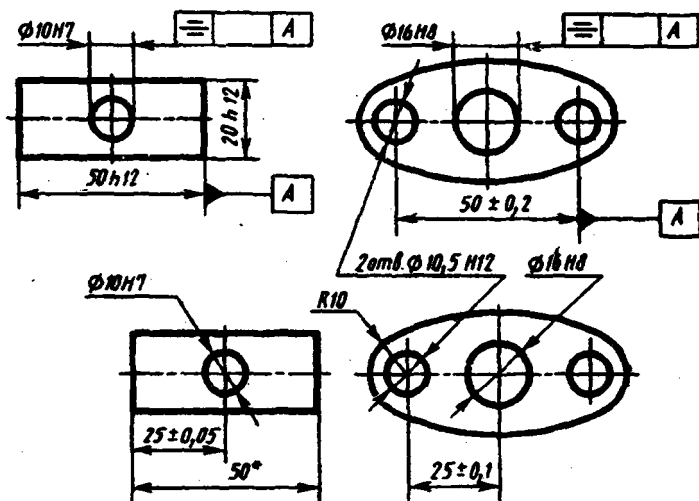
На рис. 7.61 (стойка часового механизма прибора) размеры проставлены цепочкой. С наибольшей точностью здесь должен быть выдержан размер 25, а базовые заплечики должны иметь наименьшую шероховатость. Обе базы — равноценны.

Размеры двух симметрично расположенных элементов детали наносят один раз без указания их количества (кроме одинаковых отверстий, количество которых всегда указывается, см.



*Размеры для справок

Рис. 7.56



* Размеры для справок

Рис. 7.57

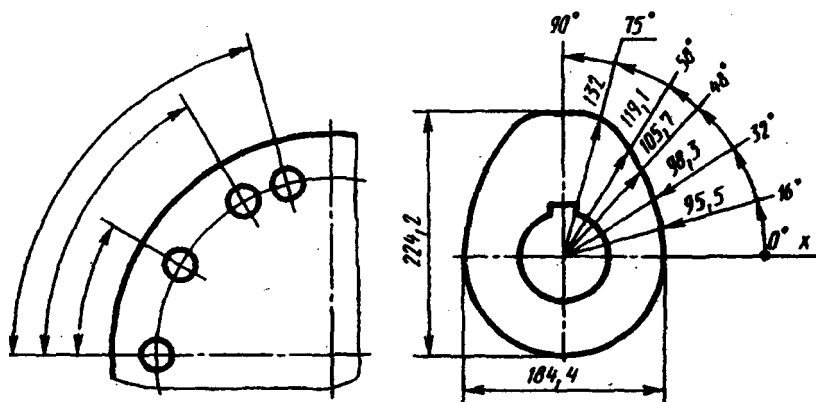


Рис. 7.58

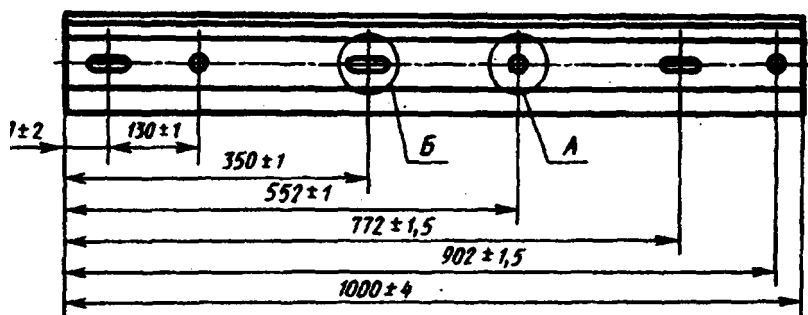


Рис. 7.59

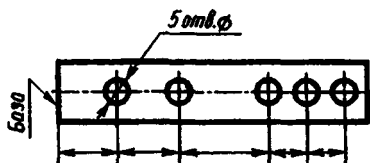


Рис. 7.60

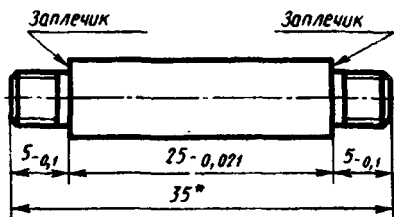


Рис. 7.61

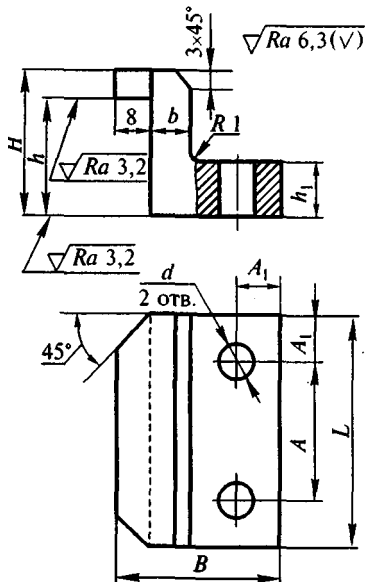


Рис. 7.62

надпись 4 отв. Ø 6), группируя их, как правило, в одном месте (см. рис. 2.44).

В отдельных случаях, где строгое соблюдение симметрии не требуется по конструкции детали, а по технологическим соображениям желательно проставить размеры «от края», допускают нанесение размеров симметрично расположенных элементов как на несимметричной детали (размеры A_1 на рис. 7.62).

Размеры, относящиеся к одному и тому же конструкторскому элементу детали, рекомендуется группировать в одном месте, располагая их на том изображении, на котором геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно (рис. 7.63, а — правильно, б — неправильно).

При большом количестве разме-

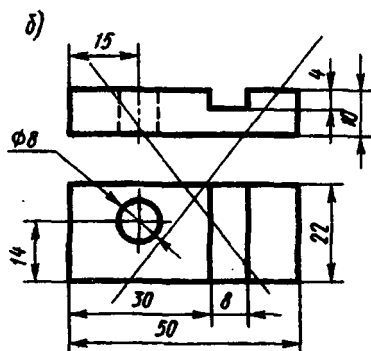
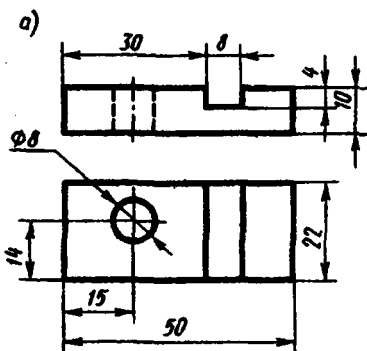


Рис. 7.63

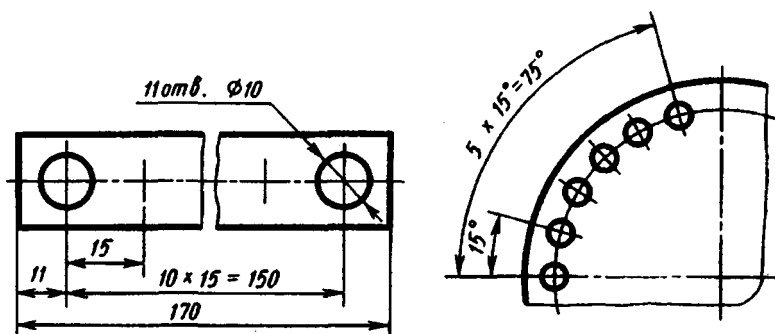


Рис. 7.64

ров, наносимых от общей базы, следует руководствоваться рис. 7.64 — для равномерно расположенных элементов детали, например отверстий, и рис. 7.65 — при неравномерном их расположении.

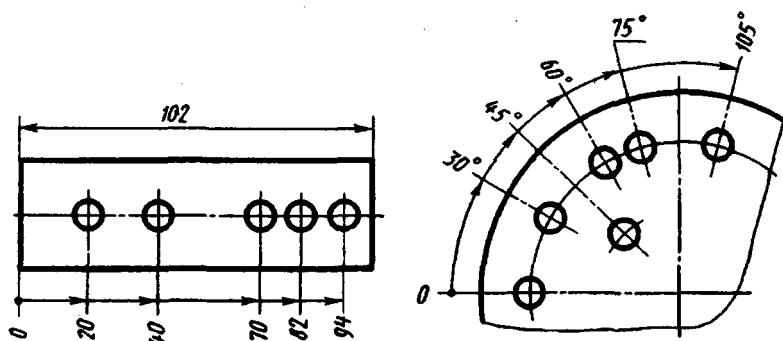


Рис. 7.65

Одинаковые элементы (например, отверстия), расположенные в разных частях детали, рассматривают как один элемент, если между ними нет промежутка или если эти элементы соединены тонкими сплошными линиями (рис. 7.66).

На рис. 7.58 и 7.67 даны варианты задания размеров криволинейного контура в полярной и прямоугольной системах координат.

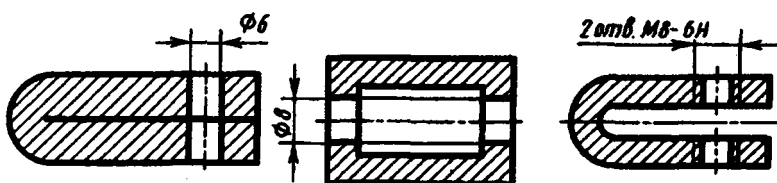


Рис. 7.66

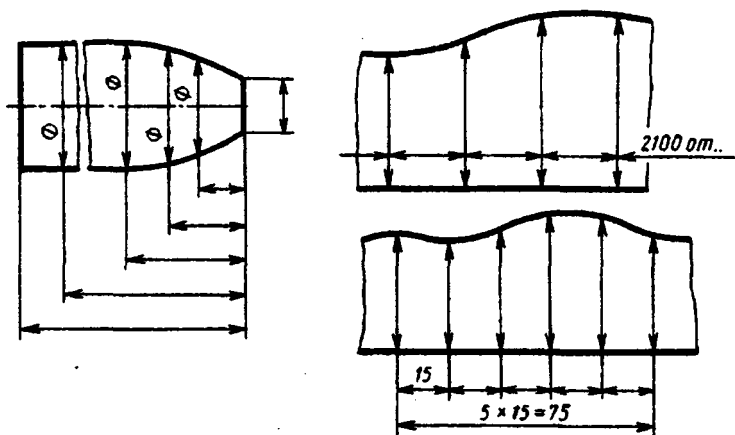
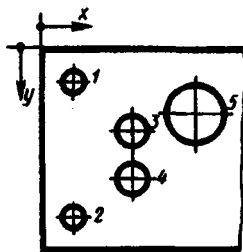


Рис. 7.67

При большом количестве однотипных элементов (например, отверстий), неравномерно расположенных на поверхности, допускается координатный способ задания их расположения с указанием размеров (рис. 7.68). Допускается также применение в соответствующих случаях для отверстий условных знаков типа приведенных на рис. 7.69.



№ отв.	φ	x	y
1	9	20	20
2	9	20	110
3	13	60	50
4	13	60	80
5	25	90	40

Рис. 7.68



Рис. 7.69

Если диаметр отверстия на изображении 2 мм и менее, допускается наносить размеры отверстий упрощенно (рис. 7.70). Подробнее см. ГОСТ 2.318—81*.

Упражнение. На рис. 7.71 приведен чертеж косынки (1953 г.). Запишите отдельно, пользуясь данными на с. 185 (нормальные линейные размеры), размеры, относящиеся к различным рядам — 1, 2, 3 и 4-му, а также не относящиеся к ним.

7.8. Понятие о предельных отклонениях размеров и их нанесении на чертежах. Размеры всех элементов изготовленной детали (действительные размеры) всегда отклоняются от номинальных (расчетных), заданных на рабочем чертеже. Однако эти отклонения должны быть допустимыми. Одни размеры (действительные размеры) могут оказаться несколько большими заданных номинальных, другие — несколько меньшими, но если каждый из них не выходит за допустимые пределы, заранее заданные конструктором (предельные отклонения), — деталь считают годной.

В первом случае предельное отклонение обозначают знаком «+», во втором знаком «-». Пример записи: $50 \pm 0,02$, где +0,02 верхнее предельное от-

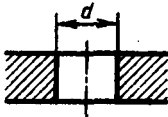
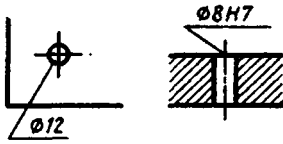
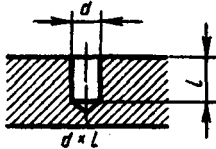
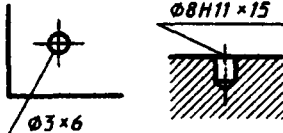
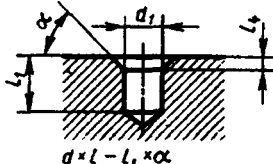
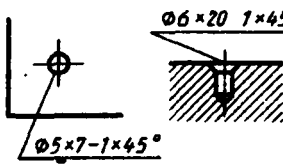
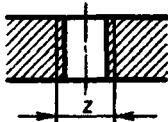
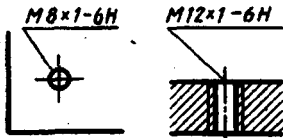
Тип отверстия	Примеры упрощений
	
	
	
	

Рис. 7.70

клонение, а -0.01 — нижнее, т. е. элемент детали считается годным, если его действительный (измеренный) размер будет меньше (или равен) 50.02 мм, но больше (или равен) 49.99 мм.

Верхнее и нижнее предельные отклонения могут быть или только положительными, например $10^{+0.240}_{-0.200}$ или только отрицательными, например $35^{0.032}_{-0.100}$, причем число знаков в верхнем и нижнем отклонениях должно быть одинаково. Так, запись $35^{0.032}_{-0.1}$ неправильна. Отклонения, равные нулю, не записывают, например $60^{+0.2}_{-0.1}$.

Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называют **допуском** ($50.02 - 49.9 = 0.03$), а поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями ($+0.02 \dots -0.1$)¹, — **полем допуска**.

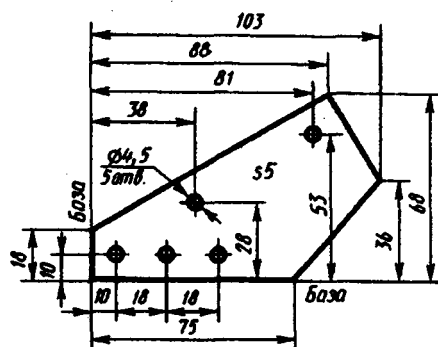


Рис. 7.71

¹ См. ГОСТ 25346—89 (СТ СЭВ 145—75). Единая система допусков и посадок. Общие положения; ГОСТ 7713—62*. Допуски и посадки. Основные определения.

Предельные отклонения, указанные числовыми величинами (как в приведенных примерах), выполняются размером шрифта, принятым для записи номинальных размеров, или на одну ступень меньше, но не менее 2,5 мм (см. рис. 2.18).

Отклонения следует писать возможно ближе друг к другу, но так, чтобы цифры не сливались. Не допускается проводить линию между верхним и нижним отклонениями.

При симметричном расположении поля допуска абсолютное отклонение указывают один раз со знаком «±», причем высота цифр отклонений должна быть равна высоте шрифта номинального размера, например $60 \pm 0,2$.

У п р а ж н е н и е. Какие поправки надо внести в эти записи: допуск $+0,02$
 $-0,01$; предельные отклонения $+0,02$
 $-0,01$; поле допуска $+0,02$
 $-0,01$, чтобы все они оказались правильными?

Предельные отклонения указывают для всех размеров, нанесенных на рабочих чертежах. Допускается их не указывать: для размеров, определяющих зоны различной шероховатости одной и той же поверхности, зоны термообработки, покрытия, отделки, рифления, а также для диаметров рифленых поверхностей (в этих случаях непосредственно у таких размеров наносят знак \approx , см. рис. 7.19); для деталей, изготавливаемых из картона, войлока, миканита и других материалов, легко подвергающихся деформациям; для размеров частей деталей, изготавливаемых из пруткового, листового или других стандартных профилей сортового материала, не подлежащих обработке.

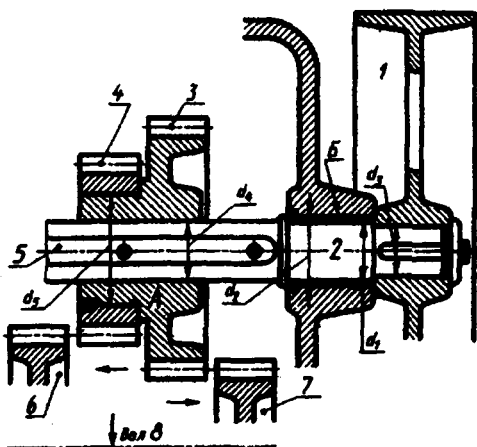


Рис. 7.72

Назначая предельные отклонения, конструктор исходит из условий работы детали и, в частности, типа ее соединения (посадки) с другими составными частями изделия.

На рис. 7.72 изображена схема части механизма коробки передач, позволяющего изменять скорость вращения вала 8 (на рисунке он показан условно), на котором закреплены зубчатые колеса 6 и 7 разных диаметров. Шкив 1 приводит во вращение вал 2 вместе с кареткой А (изображенной на рисунке в нейтральном положении). Перемещая с помощью соответствующего устройства (на рисунке не показано) каретку влево, зубчатое колесо 4 войдет в сцепление с зубчатым колесом 6 и приведет во вращение вал 8, число оборотов

которого будет меньше числа оборотов вала 2 (считая, что диаметр колеса 6 больше диаметра колеса 4).

При перемещении каретки вправо колесо 3 войдет в сцепление с колесом 7 и заставит вращаться вал 8 с числом оборотов больше, чем у вала 2 (считая, что диаметр колеса 7 меньше диаметра колеса 3).

Очевидно, составные части этого механизма соединены различным образом — имеют различные посадки. Так, шкив 1 должен плотно насаживаться на цапфу вала 2, последний свободно вращаться во втулке Б подшипника, каретка А свободно скользить по валу 2 и направляющей шпонке 5, а колесо 4 надежно должно быть насажено на ступицу колеса 3 (прессовая посадка), иначе говоря, посадка характеризует свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению.

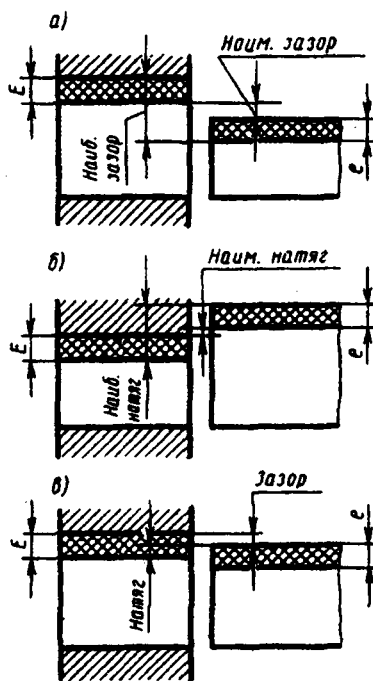


Рис. 7.73

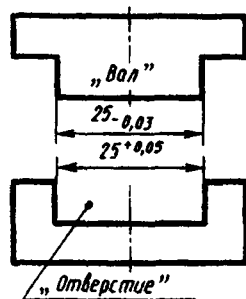


Рис. 7.74

В связи с этим различают:
посадку с зазором — размер отверстия больше размера вала (рис. 7.73, а) (поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала);
посадку с натягом — размер вала больше размера отверстия (рис. 7.73, б) (поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала);
посадку переходную — возможно получение как зазора, так и натяга (поля допусков отверстия и вала перекрываются полностью или частично, рис. 7.73, в).

Во всех трех приведенных схемах номинальные размеры сопрягаемых поверхностей равны: E — поля допусков отверстий, e — поля допусков валов.

Примечание. Термины «вал» и «отверстие» относят не только к цилиндрическим деталям, но и к элементам деталей другой формы (рис. 7.74).

В системе ОСТ¹ посадки подразделяют на неподвижные (с натягом) — горячую (Гр), прессовые (Пр, Пр1, Пр2, Пр3), легкопрессовую (Пл), глухую (Г), тугую (Т), напряженную (Н), плотную (П) и подвижные (с зазором) — скользящую (С), движения (Д), ходовую (Х), легкоходовую (Л), широкоходовую (Ш, Ш1, Ш2), характеризующие соответствующие поля допусков для данного класса точности.

Отклонения линейных размеров для гладких цилиндрических поверхностей и параллельных плоскостей, охватывающих или охватываемых, обозначают буквами, помещаемыми после номинальных размеров, и нижним индексом, обозначающим класс точности, например: $12X_3/45C_8$, где 12 и 45 — номинальные размеры, а индексы «3» и «8» — классы точности. Класс точности 2 как наиболее широко используемый не указывают, например 18H.

В ряде случаев² при указании предельных отклонений кроме букв обязательны и их числовые значения, которые берут из соответствующих стандартов, например $12X_3 \begin{pmatrix} -0,02 \\ -0,07 \end{pmatrix}$.

Сделать точное отверстие труднее, чем точный вал. Для отверстий нужен специальный режущий инструмент — свои оправки и шлифовальные круги, тогда как для обработки вала специальных инструментов не нужно; один и тот же резец или шлифовальный круг применим для валов разных диаметров.

¹ Охватывает ряд Общесоюзных стандартов, а также несколько Государственных стандартов.

² См. ГОСТ 2.307—68 п. 3.3.

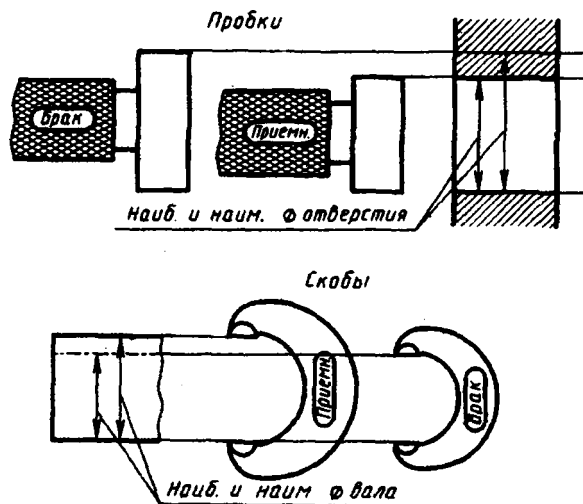


Рис. 7.75

Измерительные инструменты для отверстий — предельные пробки — дороже предельных скоб (рис. 7.75).

В связи с этим возникли две системы посадок:

система отверстия — совокупность посадок, в которых предельные отклонения отверстий одинаковы (при одном и том же номинальном размере и классе точности), а различные посадки достигаются путем изменения предельных отклонений валов. Нижнее отклонение размера отверстия всегда равно нулю (рис. 7.76, а). Такое отверстие называют *основным*. Его поле допуска обозначают буквой *A*, класс точности — нижним индексом (класс 2 не указывают);

система вала — совокупность посадок, в которых предельные отклонения размеров валов одинаковы (при тех же условиях), а различные посадки достигаются путем изменения предельных отклонений отверстий. Верхнее отклонение номинального размера вала всегда равно нулю (рис. 7.76, б). Такой вал называют *основным*, а его поле допуска обозначают буквой *B* с указанием нижним индексом класса точности.

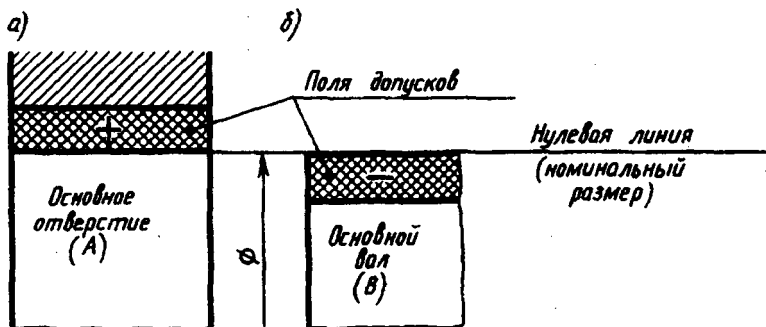


Рис. 7.76

На рис. 7.77, а у отверстия $\varnothing 36$ нижнее предельное отклонение равно нулю (основное отверстие), а верхнее для третьего класса точности $+0,039$, у вала $\varnothing 60$ верхнее отклонение равно нулю (основной вал), а нижнее для четвертого

класса точности — 0,140 мкм, т. е. в первом случае отклонения идут в «плюс», а во втором — в «минус» (см. рис. 7.76).

На рис. 7.77, б у вала $\varnothing 45$ обозначена тугая посадка в системе отверстия по второму классу точности (не указывается), верхнее отклонение $+0,025$, нижнее $+0,009$ (посадка с натягом); у вала $\varnothing 60$ обозначена ходовая посадка также в системе отверстия по третьему классу точности. Верхнее отклонение размера — 0,030, нижнее — 0,104 мкм (посадка с зазором).

Система отверстия при указанных условиях становится экономичной (уменьшается калибровое хозяйство), а поэтому она рекомендуется стандартами как предпочтительная.

Однако это не исключает применение системы вала. Примером может служить соединение шатуна 1 двигателя внутреннего сгорания с поршнем 2 с помощью пальца 3 (рис. 7.78). Здесь проще изготовить палец с полем допуска B_3 (основной вал), два отверстия в поршне и одно в головке шатуна с посадками C_3 и H_3 в системе вала. Если эти соединения осуществить в системе отверстия, то валик нужно делать с уступами, что усложняет конструктивное решение.

Предельные отклонения размеров деталей, изображенных в сборе, указывают в виде дроби, в числителе которой — условное обозначение поля допуска отверстия (или числовые значения предельных отклонений), а в знаменателе — условное обозначение поля допуска вала (или числовые значения предельных

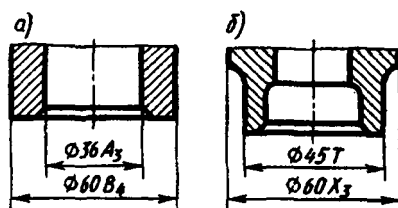


Рис. 7.77

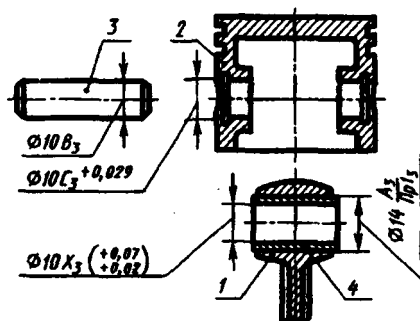


Рис. 7.78

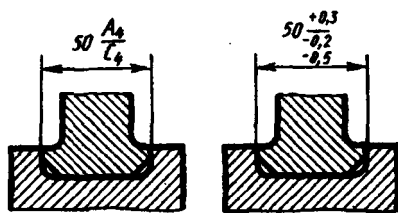


Рис. 7.79

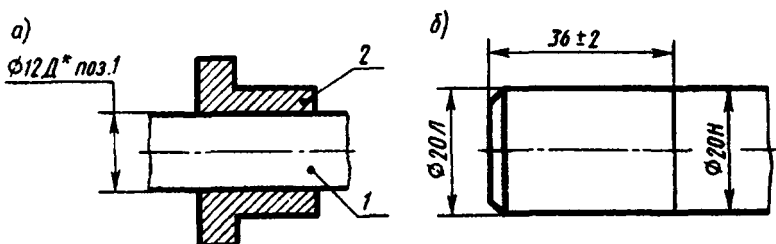
отклонений), рис. 7.79, см. также обозначение посадки вкладыша 4 в головке шатуна.

Указание предельных отклонений только для одной из сопрягаемых деталей делается по типу рис. 7.80, а, а для участков поверхности с одним номинальным размером, но с разными предельными отклонениями — по типу рис. 7.80, б.

Предельные отклонения относительно низкой точности (7...10-го классов), многократно повторяющиеся на чертеже, оговаривают общей записью в технических требованиях (располагаются над основной надписью), например: «Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий — по A_7 , валов — по B_7 , остальных — SM_7 ».

Поля допусков для размеров поверхностей, не относящихся к охватывающим (отверстиям) или охватываемым (валам) и не подвергающихся механической обработке, как правило, располагают симметрично относительно нулевой линии (номинального размера) и обозначают SM_7 , SM_8 и т. д.

Предельные отклонения размеров между осями отверстий, между осью и плоскостью обычно указывают числовыми значениями (рис. 7.81).



* Размер для справок

Рис. 7.80

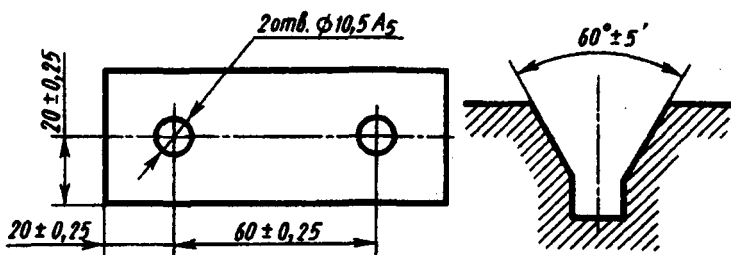


Рис. 7.81

С 1983 г. вступила в силу для вновь проектируемых изделий Единая система допусков и посадок (ЕСПД)¹, почти полностью совпадающая с Международной (ИСО). По этой системе посадки обозначений не имеют, а после номинального размера указывают обозначение положения поля допуска относительно нулевой линии буквой латинского алфавита (в некоторых случаях двумя): прописной для отверстий — *A, B, ..., G, H* (посадки с зазором), *I, S, ..., M, N* (для переходных посадок), *P, R, ..., ZB, ZC* (посадки с натягом) и строчной (или двумя) для валов — *a, b, ..., g, h* (посадки с зазором) и т. д.

ЕСПД предусматривает 20 квалитетов (классов точности) — 0, 1, 0, 1, 2, ..., 18, указываемых после буквы, например *M6, K7, E8, k6, p7, s8*.

Полного соответствия между классами точности системы ОСТ и квалитетами ЕСПД нет. Так, 2-му классу точности могут соответствовать квалитеты 6, 7 и даже 8; 3-му классу точности — 8 и 9; 4-му — 10, 11, 5-му — 12 и 13, но грубым классам точности 7...10 соответствуют 14...17-й квалитеты.

Симметричные отклонения линейных размеров обозначают $\pm \frac{IT}{2}$ или $\pm \frac{I_2}{2}$, например $\pm \frac{IT14}{2}$; углов $\pm \frac{AT^I}{2}$, например $\pm \frac{AT17}{2}$.

Если заменить обозначения посадок на рис. 7.78 по ЕСПД, то запись $\phi 10B_3$ заменится записью $\phi 10h_9$, запись $\phi 10C_3$ — записью $\phi 10H_9$, запись $\phi 10X_3$ — записью $\phi 10F_8$, обозначение посадки втулки 4 заменится обозначением *H9/s7*.

Приведенная запись о предельных отклонениях размеров относительно низкой точности и многократно повторяющихся на чертеже изменится так: «*Неуказанные предельные отклонения размеров: H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$* » при этом поясняющие слова допускается не писать.

¹ ГОСТ 25346—89 (СТ СЭВ 145—75), ГОСТ 25347—82* (СТ СЭВ 144—75), ГОСТ 25348—82* (СТ СЭВ 177—75) и др. Стандарты системы допусков и посадок ОСТ сохраняют свою силу для ранее запроектированных изделий. См. также ГОСТ 25349—88. Допуски и посадки для деталей из пластмасс.

Измерительные пробки и скобы выпускают односторонние (рис. 7.75) и двусторонние.

7.9. Краткие сведения о материалах и их обозначениях. В современном машиностроении применяют материалы металлические и неметаллические.

Развитие науки и техники требует создания все новых и новых видов материалов, удовлетворяющих строго определенным условиям — прочности, вязкости, тепло-, жаро-, холодо-, морозо- и коррозионной стойкости, магнитным, оптическим, электрическим, физико-химическим и др.

От правильного выбора материалов для составных частей изделия зависят его качество, надежность, длительность работоспособности, стоимость.

Назначая материалы, конструктор должен учитывать условия, в которых будет работать изделие: в условиях холодного климата или тропического (ГОСТ 15151—69**), в вакууме или в условиях высоких и сверхвысоких давлений, в агрессивной среде или нет и т. д., а также стремиться к минимальной металлоемкости изделия, максимальному использованию полимеров и т. д.

Химический состав и физико-механические свойства материалов, области их применения и условные обозначения устанавливают Государственные стандарты. Студенты знакомятся с ними в курсе «Материаловедение».

Здесь же приведены краткие сведения о материалах в объеме, необходимом для понимания их условных обозначений, приводимых в чертежах, а при необходимости — их выбора, например, при выполнении эскизов или чертежей деталей, если в заданиях нет сведений о материалах.

Чугуны разделяют на серый, ковкий и легированный со специальными свойствами. Наиболее распространены отливки из *серого чугуна*, выпускаемого по ГОСТ 1412—85 (СТ СЭВ 4560—84), марок 10, 15, 18, 20, 25, 30, 35. Чем больше число, тем чугун тверже и прочнее на растяжение и изгиб. Так, чугуны марок 10 и 15 применяют для слабо нагруженных деталей (крышки, кожухи, корпуса подшипников и т. п.); марок 20...35 — для станин металлорежущих станков, зубчатых колес и т. п. Для ответственных деталей и сложной конфигурации (коленчатые валы, корпуса насосов, поршневые кольца и т. п.) применяют высокопрочный чугун марок 35...100 по ГОСТ 7293—85.

Примеры обозначений: *СЧ 25 ГОСТ 1412—85; В450 ГОСТ 7293—85* (слова «серый чугун» или «высокопрочный» не пишут).

Ковкий чугун применяют для изделий, работающих в условиях динамических нагрузок (муфты, шкивы, тормозные колодки, рукоятки, соединительные части трубопроводов и т. п.). Выпускается по ГОСТ 1215—79** двух классов: ферритовый (Ф) марок 30-6, 33-8 и т. д. и перлитовый (П) марок 45-7, 50-5 и т. д. Первое число показывает временное сопротивление разрыву;

второе — относительное удлинение; чем больше число, тем выше твердость.

Примеры обозначений: Отливка *КЧ30-6 Ф ГОСТ 1215—79*; Отливка *КЧ60-3 П ГОСТ 1215—79*.

Марки легированных чугунов и рекомендации по их применению см. в ГОСТ 7769—82**.

Стали подразделяют на углеродистые и легированные.

Сталь углеродистую обыкновенного качества изготавливают по ГОСТ 380—88* семи марок, от 0-й до 6-й (чем выше число, тем сталь тверже, но более хрупкая).

Сталь всех марок и групп (исключая марку 0) в зависимости от степени раскисления изготавливают кипящей (кп), полуспокойной (пс) и спокойной (сп).

Примеры обозначений: *СтЗпс ГОСТ 380—88* — сталь марки 3, полуспокойная;

Ст4кп ГОСТ 380—88 — сталь марки 4, кипящая;

СтЗ ГОСТ 380—88 — обозначение, когда не требуется указания качественной характеристики стали (в частности, на учебных чертежах).

В обозначении стали *пс* с повышенным содержанием марганца после номера марки ставят букву Г, например: *СтЗГ пс ГОСТ 380—88*.

Во всех приведенных примерах слово «сталь» не пишут, т. е. не пишут «Сталь СтЗ...» и т. п.

Из стали марок 0 и 1 изготавливают неответственные малонагруженные детали — кожухи, прокладки, трубы и т. п.; из стали марки 3 — заклепки, гайки, шайбы, прокатные стали (швеллеры, двутавры и др.); из стали марок 5 и 6 — более ответственные детали (валы, оси, шпонки, червяки, зубчатые колеса).

Сталь углеродистую качественную конструкционную изготавливают по ГОСТ 1050—88** с гарантированными химическим составом и механическими свойствами марок 08, 10, 15, 20 и т. д.

Числа означают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Чем больше число, тем прочнее сталь. Пример обозначения: *Сталь 45 ГОСТ 1050—88*¹.

Из стали марок 10, 15, 20 изготавливают болты, винты, гайки; из марок 45...60 — ответственные детали, такие, как коленчатые валы, шестерни, поршни.

Кроме недорогих углеродистых сталей широко используют конструкционную сталь повышенной и высокой обрабатываемости резанием, изготавливаемую по ГОСТ 1414—75*Е. (Эту сталь называют автоматной, так как из нее изготавливают на станках-автоматах неответственные болты, гайки, винты и другие аналогичные детали.) Пример обозначения: *Сталь А12 ГОСТ 1414—75*.

Легированные стали. В качестве легирующих элементов в них применяют: хром (Х), кремний (С), марганец (Г), никель (Н),

¹ Слово «Сталь» пишут обязательно.

медь (Д), молибден (М), титан (Т), фосфор (П), алюминий (Ю), ванадий (Ф), вольфрам (В), кобальт (К), бор (Р), цирконий (Ц), ниобий (Б), редкоземельные элементы (Ч). Примеры: $12 \times 2H4A$ ГОСТ 4543—71, высококачественная хромоникелевая сталь, содержащая 0,12 % углерода, 2 % хрома, 4 % никеля (применяют, в частности, для поршневых пальцев автомобильного двигателя); $ШХ15$ ГОСТ 801—78* — шарикоподшипниковая хромистая (1,5 %) сталь; $65Г$ ГОСТ 14959—79* — рессорно-пружинная сталь с повышенным содержанием углерода (0,65 %) и марганца (применяют для пружинных шайб).

Первые две цифры в обозначении указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента, а цифры после букв — примерное содержание легирующих элементов в процентах. Отсутствие цифр означает, что сталь содержит менее 1,5 % этого элемента.

Буквы в конце: А — высококачественная сталь (с пониженным содержанием серы и фосфора), Ш (ставится через тире) — особо высококачественная, Л — литейная сталь. Букву Ш в начале обозначения ставят у шарикоподшипниковых сталей (содержание хрома в них указывают в десятых долях процента).

Во всех приведенных примерах предполагалось, что деталь не требует изготовления ее из сортового материала определенного профиля, размеров и качественной характеристики. В противном случае запись должна содержать сведения о сортаменте (в числителе) и материале (в знаменателе), например:

$$\text{Шестигранник } \frac{8-h \ 10 \ \text{ГОСТ } 8560-78}{45-B-5-T \ \text{ГОСТ } 1050-88} :$$

где ГОСТ 8560—78* — стандарт на сортамент стали калиброванной шестигранной, с диаметром вписанного круга 8 мм, с полем допуска $h \ 10$ из стали марки 45, категории 5, с качеством поверхности группы В по ГОСТ 1051—73, термически обработанная (Т).

$$\text{Швеллер } \frac{20-B \ \text{ГОСТ } 8240-89}{СтЗпс-2 \ \text{ГОСТ } 535-88} ,$$

где ГОСТ 8240—89 — стандарт на сортамент швеллеров, 20 — размер высоты швеллера, ГОСТ 535—88** — стандарт на прокат сортовой стали обыкновенного качества, марки 3, полуспокойной, категории 2¹. Проволока 1,6 — 10 ГОСТ 17305—71, 1,6 — диаметр проволоки, ГОСТ 17305—71* — стандарт на сортамент, 10 — марка стали по ГОСТ 1050—88 (без ссылки на него, так как это оговорено в стандарте на сортамент проволоки).

Труба $80 \times 2,8$ ГОСТ 3262—75 — труба водогазопроводная обычной точности изготовления, неоцинкованная, без резьбы, внутреннего диаметра 80 мм, с толщиной стенки 2,8 мм. Марка материала не указана, так как она определена в стандарте на сортамент таких труб.

¹ Подробнее см. ГОСТ 535—88*. Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия.

Размеры, содержащиеся в ссылках на сортамент, на изображении можно указывать только как справочные (размер толщины листа на рис. 7.82, как указанный в ссылке на сортамент в графе 3 основной надписи. См. также рис. 2.26).

Из сплавов цветных металлов в машиностроении наибольшие значения имеют легкие алюминиевые, магниевые и титановые сплавы, а также медь и ее сплавы.

Алюминиевые сплавы, предназначенные для литья, обозначают *АЛ1*, *АЛ2* и т. д., дляковки — *АК1*, *АК2* и т. д., обрабатываемые давлением — *Д1*, *Д2* и т. д. (дюралюминий). Сплав алюминия с кремнием (Si) называют силумином — *СИЛ-00*, *СИЛ-0* и т. д. Примеры обозначений:

АЛ9 ГОСТ 2685—75 (для отливки тонких сложной формы деталей);

АК8 ГОСТ 4784—74 (для поковок);

Д16 ГОСТ 4784—74 (для штамповки высокопрочных и легких деталей).

Цифры 9, 8, 16 указывают номер сплава.

Бронзы подразделяют на оловянные (олово — дорогой, дефицитный материал) и безоловянные. Примеры обозначения:

БрОЦСНЗ-7-5-1 ГОСТ 613—79 — бронза оловянная литейная¹;

БрАЖМЦ 10-3-1,5 ГОСТ 1628—78 — бронза алюминиевая²;

БрБНТ1,7 ГОСТ 18175—78 — бронза бериллиевая (применяют для пружин и пружинящих деталей).

В приведенных примерах буквы обозначают: О — олово, Ц — цинк, С — свинец, Н — никель, Ф — фосфор, А — алюминий, Ж — железо, Мц — марганец, Б — бериллий, Т — титан; цифры — среднее содержание элементов в %, например бронза *ОЦСНЗ-7-5-1* содержит 3 % олова, 7 % цинка, 5 % свинца, 1 % никеля, остальное — медь.

Л а т у н и — сплавы меди с цинком — дешевле бронз, хорошо обрабатываются. Из них изготавливают трубки, проволоку, листы, прутки и т. д. Пример обозначения:

ЛС59-1 ГОСТ 15527—70, содержит 50 % меди, 1 % свинца, остальное — цинк.

Б а б б и т ы — оловянные и свинцовые антифрикционные сплавы.

Примеры обозначения:

Б16 ГОСТ 1320—74 (применяют в общем машиностроении);

Б88 ГОСТ 1320—74 (применяют в ответственных конструкциях). Числа указывают содержание олова в процентах.

Баббиты используют только в качестве заливки во вкладышах подшипников скольжения и т. п. деталях.

¹ Большинство упоминаемых стандартов содержат марки и их примерное назначение.

² Алюминиевые бронзы — высокие механические, антикоррозионные и антифрикционные свойства.

Пресс-материал АГ-4 применяют для изготовления прессованием различных деталей и электроизоляции; выпускают по ГОСТ 20437—89Е марок В, В10, С (стеклолента) и НС. Пример обозначения:

Пресс-материал АГ-4 в ГОСТ 20437—89.

При необходимости указывают желательный цвет.

Стекло органическое конструкционное выпускают по ГОСТ 15809—70* Е с толщиной листов от 0,8 до 24 мм. Пример обозначения: *СОЛЗ×400×500 ГОСТ 15809—70*, где СОЛ — стекло органическое листовое, толщиной 3, шириной 400 и длиной 500 мм.

Текстолит конструкционный выпускают по ГОСТ 5—78*Е, электротехнический — по ГОСТ 2910—74*Е. Примеры обозначений:

Текстолит ПТК-20 сорт 1 ГОСТ 5—78, где ПТК — марка (используемая, в частности, для изготовления бесшумных шестерен), 20 — диаметр стержня.

Текстолит А-10,0 ГОСТ 2910—74, где А — марка, 10,0 — толщина листа.

Гетинакс применяют для изготовления втулок подшипников, маховичков, трубок и т. д. По ГОСТ 2718—74*Е выпускают семи марок, используемых в зависимости от влажности, температуры и других условий среды. Пример обозначения:

Гетинакс 1 12,0 ГОСТ 2718—74, где 12,0 — толщина листа.

Паронит и прокладки из него выпускают по ГОСТ 481—80* семи марок: ПОН (общего назначения, для прокладок между неподвижными металлическими деталями (см. рис. 11.5); ПМБ (маслобензостойкий) и др. Пример обозначения:

Паронит ПОН 0,8×300×400 ГОСТ 481—80, где 0,8 — толщина, 300 — ширина и 400 — длина листа в мм.

Фторопласт¹ используют для изготовления прокладок, шлангов, манжет, вкладышей подшипников и других изделий. Выпускают по ГОСТ 10007—80*Е марок: С — для специзделий, П — для электроизоляции, О — общего назначения, Т — для толстостенных изделий и трубопроводов. Пример обозначения:

Фторопласт — 4 П ГОСТ 10007—80.

Пластины резиновые (I) и резинотканевые (II) выпускают по ГОСТ 7338—77* для вырезки из них прокладок для уплотнения неподвижных соединений марок МС (масло-стойкая), МБС (масло- и бензостойкая) и др. Пример обозначения:

Пластина I лист МС-М-3×200×250 ГОСТ 7338—77, где М — мягкая, 3×200×250 — размеры в мм.

Войлок технический и детали из него для машиностроения — тонкошерстный (ГОСТ 288—72*), полугрубошерст-

¹ Фторопласт — лучший диэлектрик из всех известных природных или синтетических веществ, обладает высокой коррозионно-, тепло- и морозостойкостью, низким коэффициентом трения (может работать без смазки) и т. д.

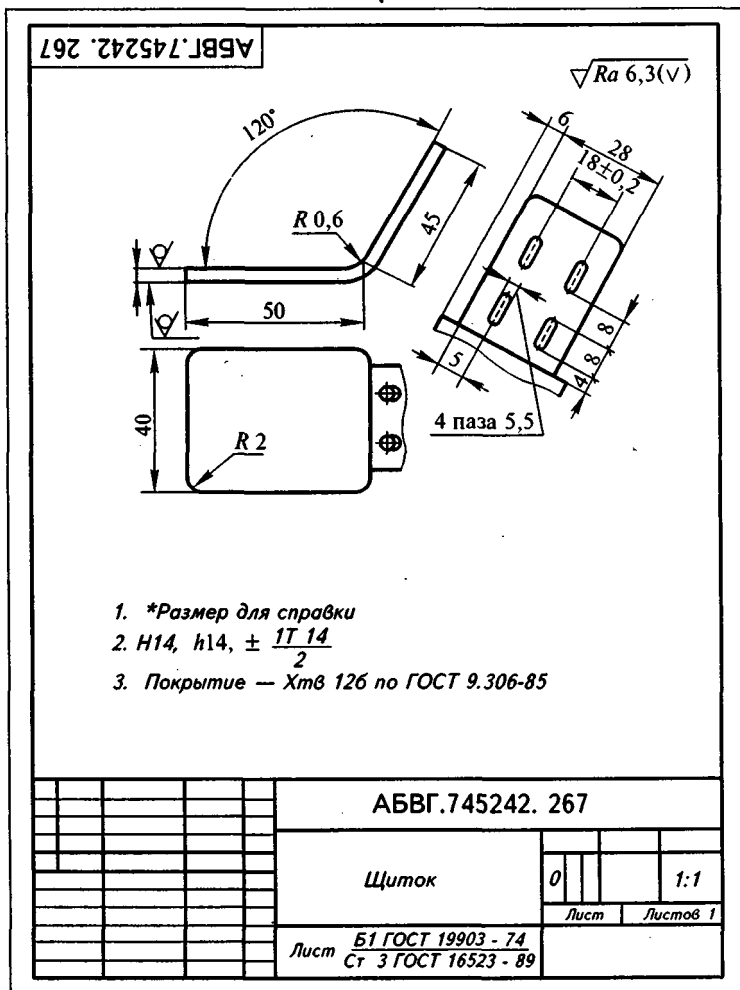
ный (ГОСТ 6308—71*) и грубошерстный (ГОСТ 6418—81*).
Примеры обозначений:

Войлок ТС7 ГОСТ 288—72, где Т — тонкошерстный, С — сальниковый, 7 — толщина в мм.

Кольцо СТ75-50-7 ГОСТ 288—72, где числа означают размеры кольца в мм.

7.10. Указание на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки, применяемых для повышения коррозионной стойкости поверхностей изделия, улучшения механических свойств материала, а также для придания изделию красного вида.

Согласно ГОСТ 2.310—68* (СТ СЭВ 367—86), обозначения покрытий по ГОСТ 9.306—85* (Покрытия металлические и неметаллические неорганические.



Обозначения) и ГОСТ 9.032—74* (Покрyтия лакокрасочные. Классификация и обозначения) приводят в *технических требованиях*, располагаемых над основной надписью, и записывают в такой последовательности:

а) требования к материалу, термической обработке (при их наличии);
б) размеры, предельные отклонения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей;

в) требования к покрытиям и т. д.

Заголовок «Технические требования» не пишут.

На рис. 7.82 запись в п. 3 ТТ означает: покрытие хромовое, твердое, толщиной 12 мкм, блестящее (всей поверхности шунта).

Если всю деталь подвергают одному виду обработки, то в ТТ делают запись типа: «Цементировать, $h0,7...0,9$; $56...64 HRC_{\Sigma}$ », где h — глубина слоя цементации, а HRC_{Σ} — твердость по Роквеллу. В противном случае, запись наносят на полке линии-выноски (рис. 7.83).

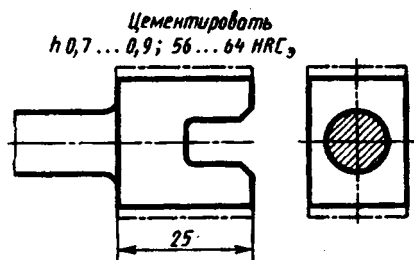


Рис. 7.83

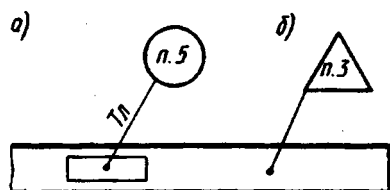


Рис. 7.84

7.11. Указания на чертеже о маркировании и клеймении изделий по ГОСТ 2.314—68* (СТ СЭВ 648—77). Сведения о маркировании (знаки, характеризующие изделие) и клеймении (знаки, удовлетворяющие качество изделия) помещают в ТТ. Если необходимо предусмотреть на изделии определенные места, размеры и способ нанесения марки или клейма, то их отмечают, как показано на рис. 7.84, а — для маркирования и б — для клеймения.

Диаметр круга и высота равностороннего треугольника, выполняемых сплошными тонкими линиями, 10...15 мм.

Внутри знака помещают номера пунктов ТТ, в которых приведены данные о маркировании и клеймении. При этом используют обозначения, приведенные в табл. 1 и 2 стандарта. Так, запись «ТЛ» на линии-выноске (рис. 7.84, а) означает, что в указанном месте должен быть нанесен товарный знак (Т) штамповкой (Л).

7.12. Правила нанесения на чертежах надписей и технических требований (ТТ). Согласно ГОСТ 2.316—68* (СТ СЭВ 856—78), надписи включают в чертеж, когда содержащиеся в них сведения нецелесообразно или нельзя выразить условными обозначениями.

В надписях не должно быть сокращений слов, за исключением установленных в стандартах, в частности в приложении к ГОСТ 2.316—68. Располагают их, как правило, горизонтально.

Линию-выноску, отводимую от невырожденной проекции поверхности (площади), начинают точкой (см. рис. 7.78); линию-выноску, отводимую от линии видимого или невидимого контура, а также от линии, условно изображающей поверхность, начинают со стрелки (см. рис. 7.43 и 7.83). Во всех других случаях не ставится точка и не делается стрелка (рис. 7.85, выноска размера 60°).

Линии-выноски не должны: пересекаться между собой, быть параллельными линиям штриховки, пересекать размерные числа и другие элементы изображения; допускается выполнять линии-выноски с одним изломом (рис. 7.85).

Буквенные обозначения изображений, поверхностей, размеров и других элементов чертежа присваивают в алфавитном порядке, без повторений и пропусков.

Размер шрифта буквенных обозначений должен быть больше размера цифр размерных чисел приблизительно в два раза.

Пример записи технических требований см. на рис. 7.82.

7.13. Выбор количества изображений, их содержания и масштаба. Все это зависит от многих факторов, но прежде всего определяется сложностью геометрической формы изделия, его

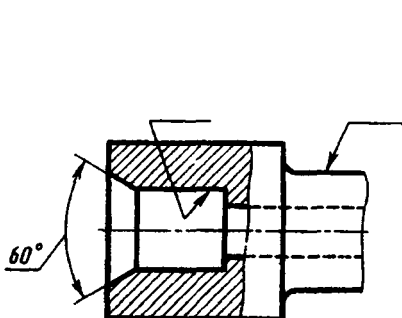


Рис. 7.85

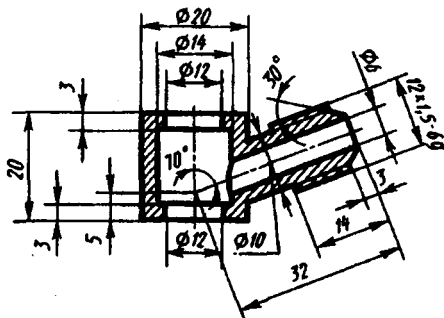


Рис. 7.86

размерами, а также предъявляемыми к нему требованиями. Следует стремиться к минимальному числу изображений и их простоте не в ущерб легкости чтения чертежа — *самого важного требования производства*.

Так, геометрическая форма детали, ограниченной поверхностями вращения или простейшими комбинациями из них, может быть определена одним изображением (см. рис. 7.5 и 7.86). Здесь может возникнуть вопрос: что целесообразно применить — разрез, соединение части вида с частью соответствующего разреза, вид с нанесением линий невидимого контура?

Практика показывает, что наиболее понятным, но и наиболее

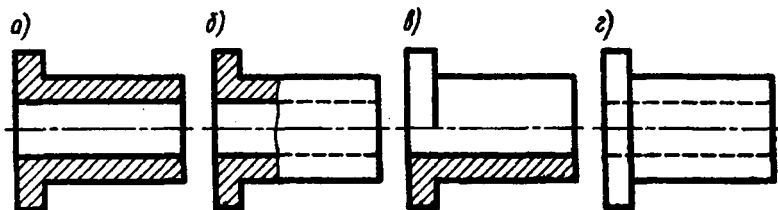


Рис. 7.87

трудоемким¹ является полный разрез (рис. 7.87, а), менее понятным, но и менее трудоемким — соединение части вида с соответствующей частью разреза (рис. 7.87, б, в), еще менее понятным, но и менее трудоемким — вид с нанесенными на нем линиями невидимого контура (рис. 7.87, г).

Все более широкое применение графопостроителей делает оформление чертежа по рис. 7.87, г допустимым.

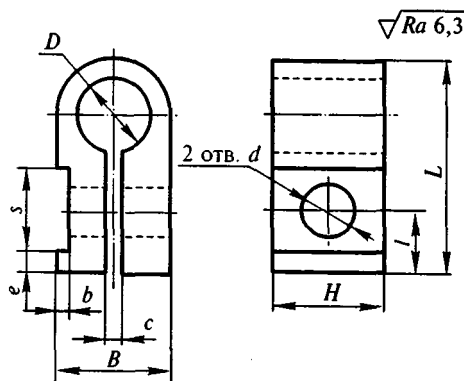


Рис. 7.88

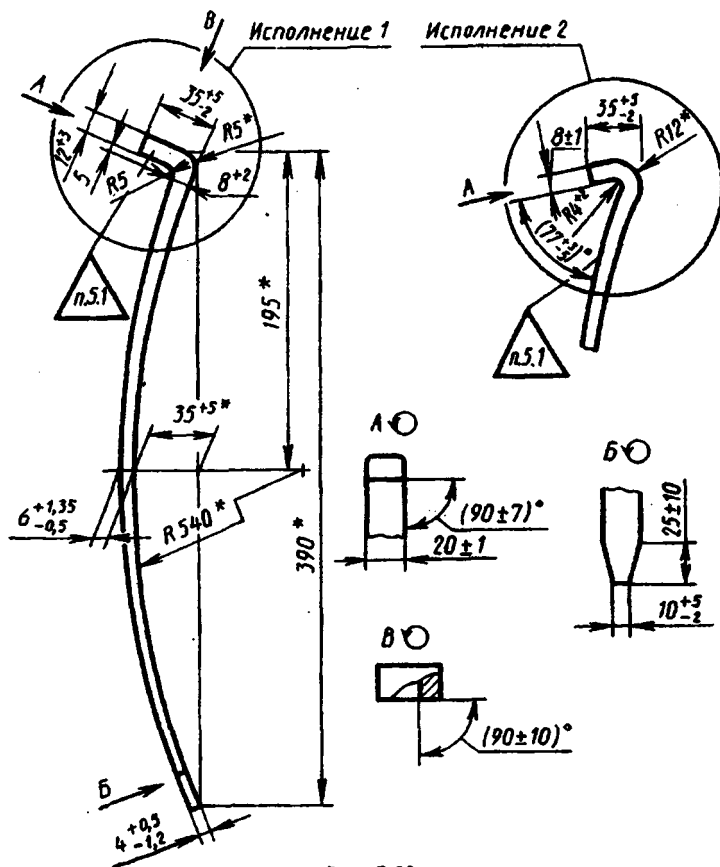


Рис. 7.89

¹ Как при ручном выполнении чертежа, так и на графопостроителе.

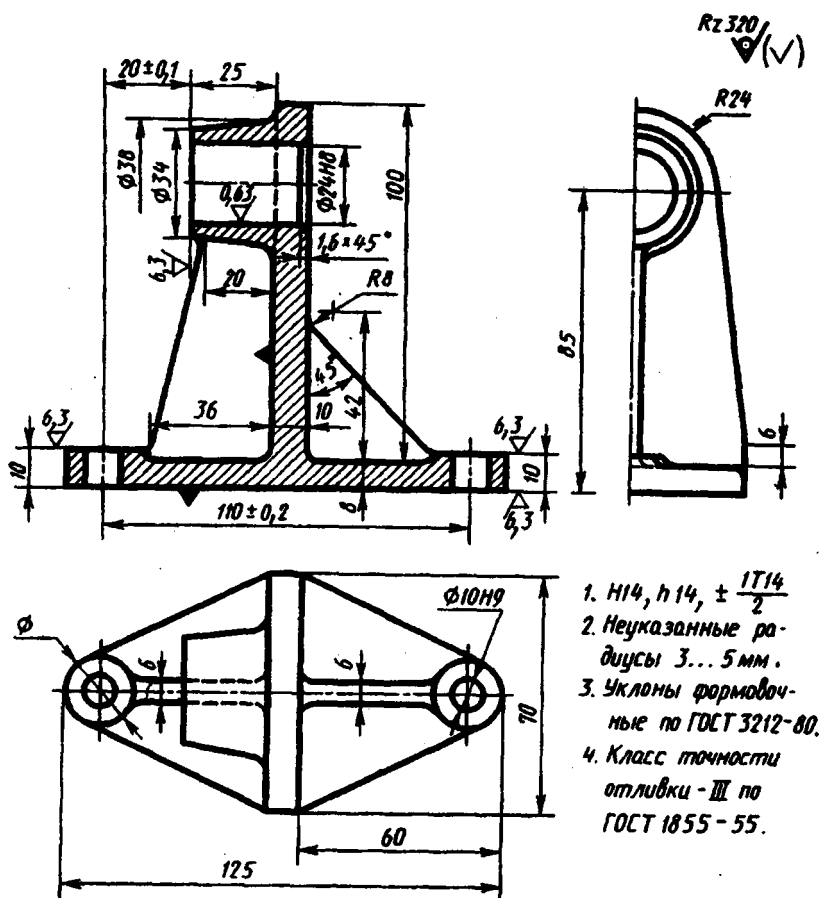


Рис. 7.91

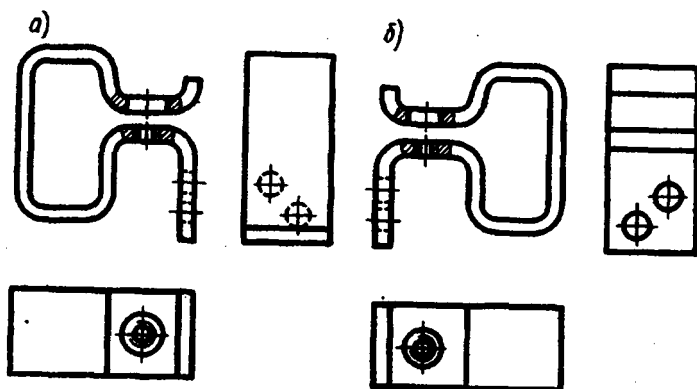


Рис. 7.92

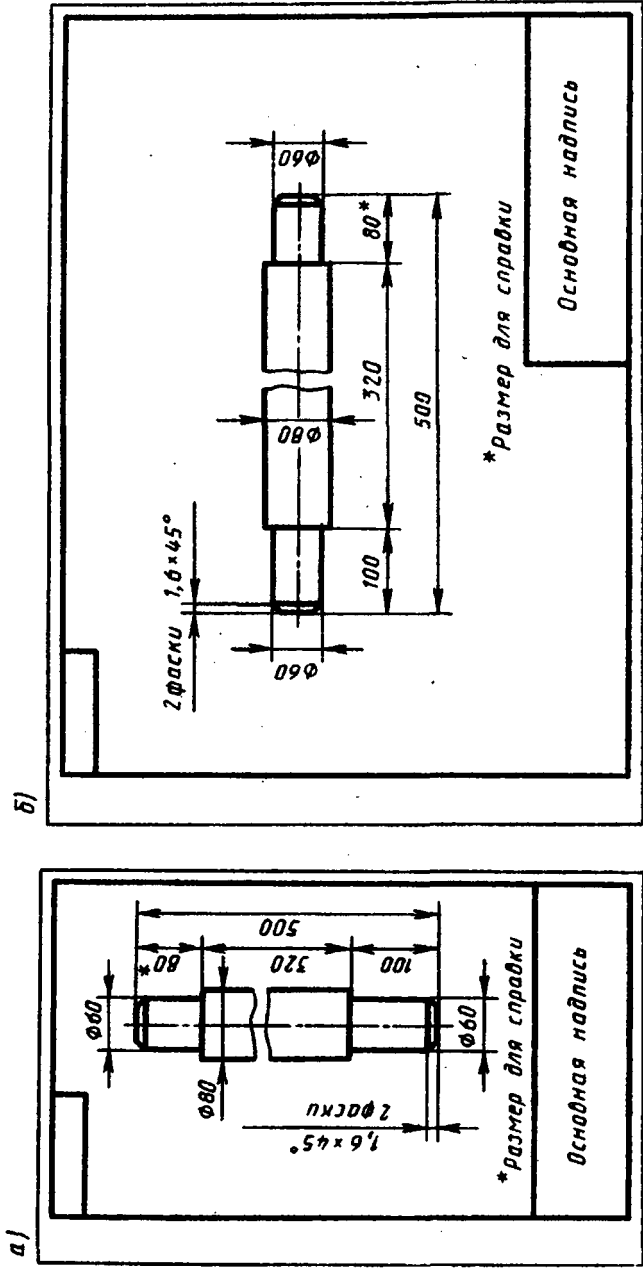


Рис. 7.93

деталей, ограниченных поверхностями вращения, вполне допустимо, если это позволяет существенно уменьшить расход чертежной бумаги. Однако надо помнить, что длинные чертежи удобнее читать, когда основная надпись расположена вдоль большей стороны формата.

Крышки, корпуса подшипников, стойки и другие подобные детали, изготавливаемые литьем, обычно изображают так, чтобы основная обработанная плоскость (конструкторская база) получила на чертеже горизонтальное положение. От этой базы проставляют размеры (с учетом

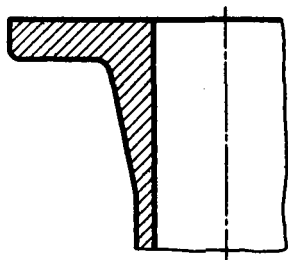


Рис. 7.94

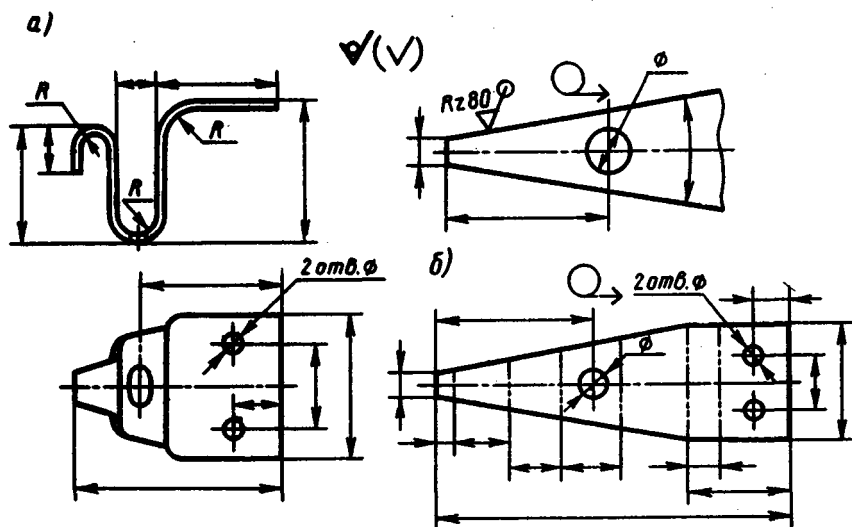


Рис. 7.95

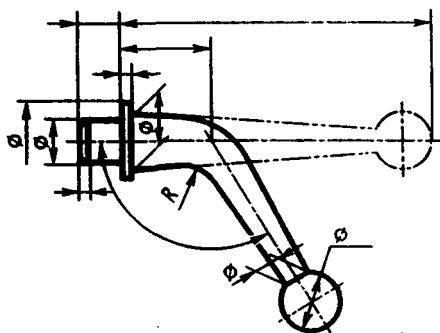
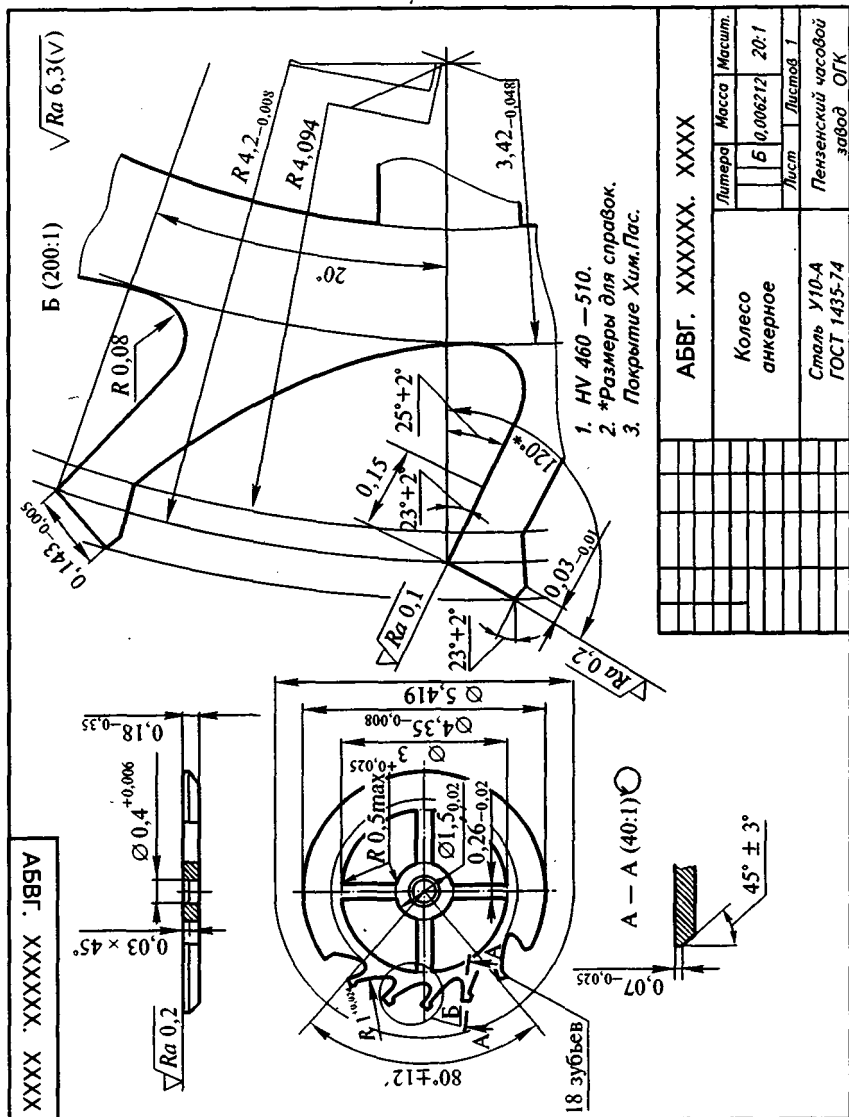


Рис. 7.96



вспомогательных конструкторских баз) до поверхностей, образованных со снятием слоя материала (механической обработкой). Размеры, определяющие отливку до ее обработки, представляют от своих литейных баз — основной и вспомогательных.

На рис. 7.91 основные конструкторская и литейная базы для наглядности условно отмечены зачерненными треугольниками.

Для повышения прочности отливок, чтобы не увеличивать толщину стенок, применяют *ребра жесткости* (на рис. 7.91 их два, правое и левое, толщиной 6 мм).

Технические требования, помещаемые на чертежах деталей, изготавливаемых литьем (основная часть из них для чугуна приведена на рис. 7.91)¹, на учебных чертежах обычно ограничивают требованиями п. 2 и 3.

Формовочные уклоны придают поверхностям, если в отливках не имеется конструктивных уклонов, обеспечивающих легкое извлечение модели из формы. Вместо ссылки на ГОСТ 3212—80* они могут быть заданы на чертеже градусными величинами (10...3°) в зависимости от размера высоты поверхности и способа литья.

На чертежах изображают, как правило, только конструктивные уклоны (как, например, у конуса Ø 34 на рис. 7.91), отмечая требования к формовочным уклонам в ТТ.

Для литых деталей характерны также плавные постепенные переходы от одной поверхности к другой (рис. 7.94).

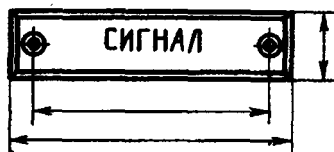
Изображение разверток на чертежах деталей, получаемых гибкой, а также указания о габаритах детали в развернутом виде не дают. Чертеж развертки при необходимости может быть выпущен технологическим документом и в комплект конструкторской документации не входит.

Однако если изображение детали, изготавливаемой гибкой, не дает представления о форме и размерах отдельных ее элементов, на чертеже помещают полную или частичную ее развертку с указанием тех размеров, которые нельзя указать на изображении детали (рис. 7.95, а). Если все три отверстия вырубят при штамповке, то требуется полная развертка (рис. 7.95, б).

Допускается совмещать изображение части развертки с видом (см. рис. 2.8, а и 7.96).

При выборе масштаба изображений надо руководствоваться удобством их чтения, не допуская загущения размерных линий, обозначений шероховатости поверхностей и других знаков, учитывая, что чем больше формат чертежа, тем менее удобно им пользоваться.

На рис. 7.97 приведен рабочий чертеж. Анкерное колесо изобра-



1. Шрифт 5-Пр ГОСТ 26.020-80, грабить.

2. Допуск симметричности расположения надписи не более 0,5 мм.

Рис. 7.98

¹ Требования к точности стального литья изложены в ГОСТ 2009—55.

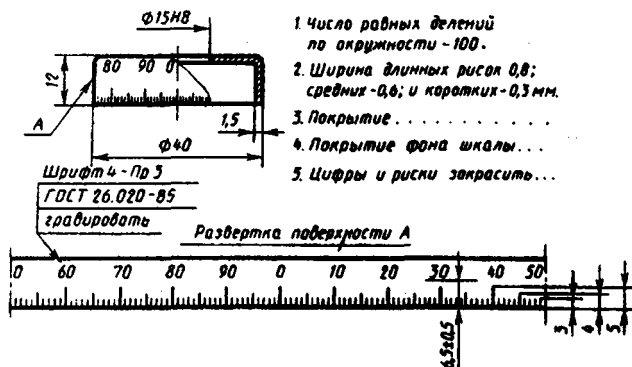


Рис. 7.99

жено в М 20:1, зубья — в М 200:1, формат А3. Чертеж удобен для пользователей. (Запись HV 460—510 указывает требуемую твердость по Виккерсу.)

Надписи и знаки, наносимые на плоскую поверхность предмета, независимо от способа их нанесения изображают на соответствующем виде полностью (рис. 7.98).

Если надписи и знаки должны быть нанесены на цилиндрическую или коническую поверхность, то на чертеже помещают изображение надписи в виде развертки. Указывают способ нанесения надписей и знаков (гравирование, штемпелевание, чеканка и т. п.), покрытие фона, надписей и знаков и другие сведения (рис. 7.99).

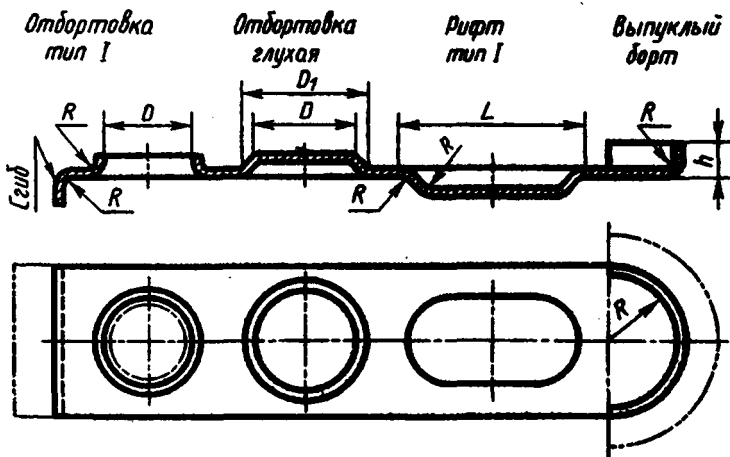


Рис. 7.100

На рис. 7.100 приведен чертеж штампованной детали, имеющей сгибы, отбортовки (отверстия с вогнутыми бортами) и выдавki (рифты). При выполнении чертежей таких деталей необ-

ходимо пользоваться ГОСТ 17040—80*, содержащим размерные ряды указанных элементов (D , R и т. д.).

Итак, вопрос о количестве изображений, их содержании, взаимном расположении, масштабе и т. д. решают комплексно исходя из условия удобства пользования чертежом.

Упражнение. Выпишите отдельно с рис. 7.91 размеры, представленные от конструкторских баз, размеры, представленные от литейных баз, и размеры, устанавливающие связь между этими двумя системами размеров по каждому координатному направлению.

7.14. Схемы. Виды, типы, обозначения. Схема — это КД, условными изображениями и обозначениями которого показаны составные части изделия, которое она представляет, связи между ними и принципы работы изделия. Согласно ГОСТ 2.701-68, в зависимости от видов элементов, входящих в состав изделия, схемы подразделяются на следующие виды: электрические (Э), гидравлические (Г), пневматические (П), кинематические (К) и др.

В зависимости от основного назначения схемы подразделяются на следующие типы: структурная (1), функциональная (2), принципиальная (3), соединений (4) и др.

Следовательно, схема электрическая принципиальная будет иметь обозначение (шифр) — Э3. Схеме изделия (например, видеоусилителя, рис. 7.101) присваивается обозначение изделия по ГОСТ 2.201-80 ЕСКД и шифр схемы. В курсе ИГ студенты радио-, электротехнических и др. специальностей изучают схемы шифра Э3, пример которой показан на рис. 7.101.

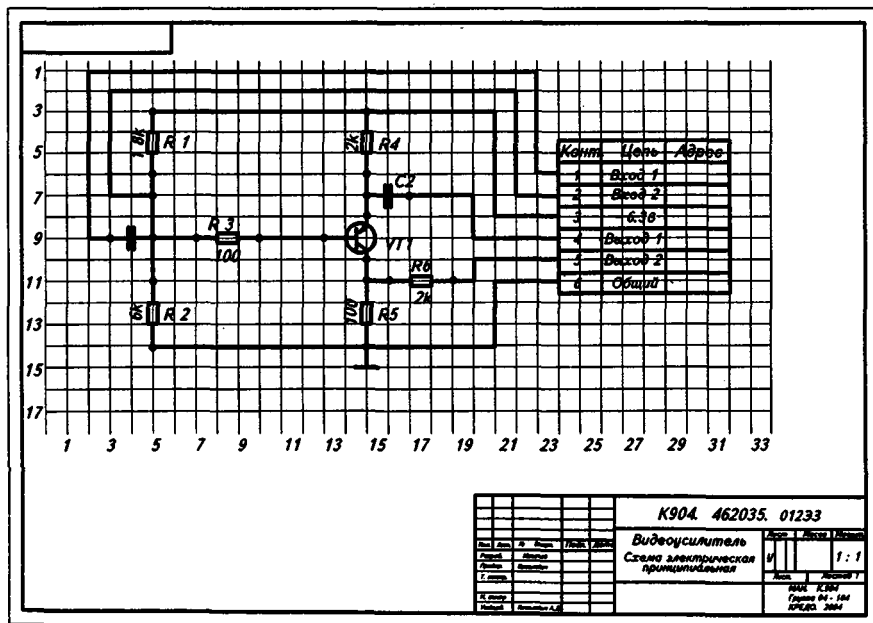


Рис 7.101

Когда геометрические аспекты производства были сведены в чертёж, у проектировщика появилось гораздо более обширное «поле представлений», чем было у ремесленника. Конструктор может видеть все изделие целиком. С помощью линейки и циркуля он легко может найти траекторию движения любой детали и определить, как изменение формы одной из деталей скажется на конструкции всего изделия.

Дж. Джонсон. Инженерное и художественное конструирование

8. ВИДЫ СОЕДИНЕНИЙ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ИЗДЕЛИЯ. ИХ ИЗОБРАЖЕНИЕ И ОБОЗНАЧЕНИЕ. ЧЕРТЕЖИ ПРУЖИН

8.0. Общие сведения. Соединения подразделяют на разъёмные и неразъёмные.

Разъёмными называют соединения, повторная сборка и разборка которых возможна без повреждения их составных частей. Соединения, не предусматривающие возможность их разборки и, следовательно, которые нельзя разобрать без повреждения, называют *неразъёмными*. Подробнее см. ГОСТ 23887—79. Сборка. Термины и определения.

8.1. Соединения резьбовые. В основе образования резьбы лежит винтовое движение некоторой фигуры, слагающейся из равномерных поступательного и вращательного движений относительно прямой, называемой осью винтового движения (осью винта).

Винтовое движение может быть правым и левым. Если движение совершает точка, то производимую ею пространственную кривую называют *винтовой линией* (гелисой), правой (рис. 8.1) или левой (рис. 8.2).

Цилиндрическая винтовая линия образуется равномерным движением точки вдоль прямой (образующей цилиндра вращения), равномерно вращающейся (без скольжения) вокруг данной прямой, ей параллельной (оси цилиндра)¹.

Участок винтовой линии, пройденный точкой за один ее оборот вокруг оси, называют *витком гелисы* (участок *ABC* на рис. 8.1), а расстояние между начальной и конечной точками витка (точки *A* и *C*), измеренное по линии, параллельной оси резьбы, — *ходом P_h винтовой линии*.

¹ Иначе, когда отношение между осевым перемещением точки и соответствующим угловым постоянно ($0 < k < \infty$).

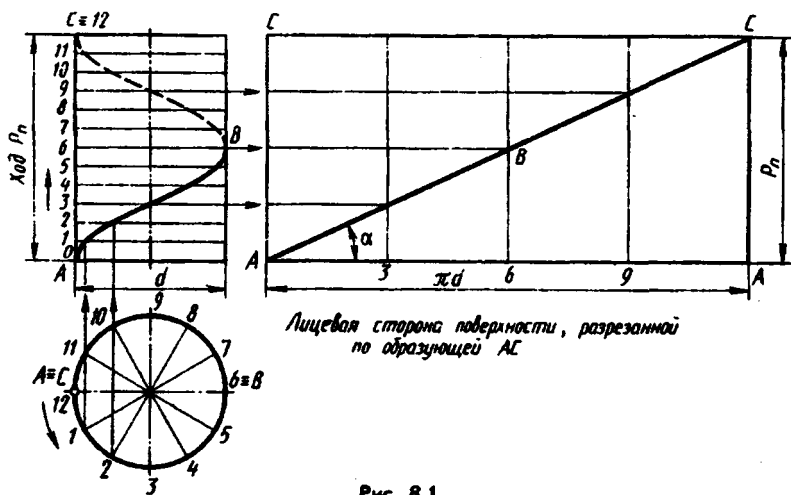


Рис. 8.1

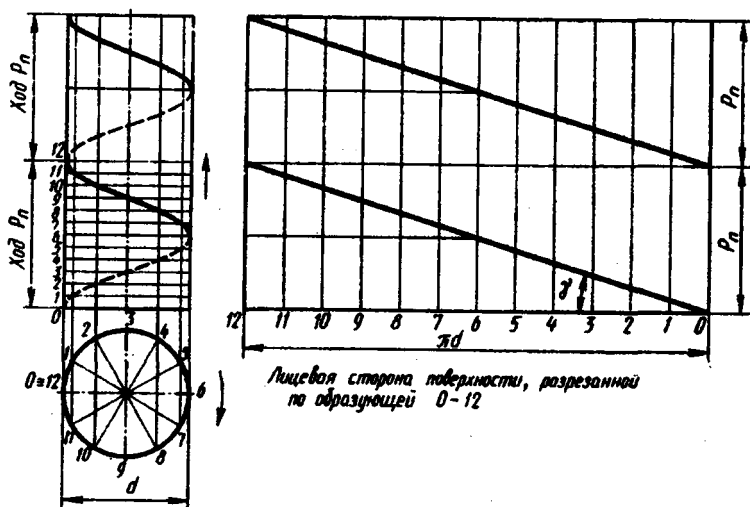


Рис. 8.2

Если острие резца подвести к поверхности цилиндра, вращающегося с постоянной скоростью, а резец перемещать вдоль оси цилиндра также с постоянной скоростью, то острие резца опишет на поверхности цилиндра винтовую линию (рис. 8.3).

На рис. 8.1 показано построение правой цилиндрической винтовой линии. Ход и окружность основания цилиндра делят на одинаковое число равных частей, например на 12, горизонтали и точки нумеруют в направлениях, указанных стрелками. Затем из точки 1 проводят линию связи до пересечения с горизонталью 1, из точки 2 — до пересечения с горизонталью 2 и т. д.

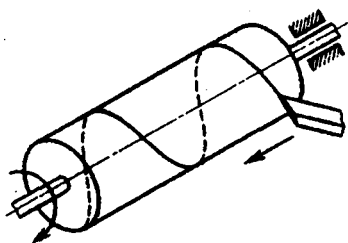


Рис. 8.3

Через полученные точки проводят плавную кривую. Из построения видно, что фронтальная проекция гелисы является *синусоидой*.

Если принять цилиндрическую поверхность непрозрачной, то видимая часть AB половины витка будет иметь подъем вправо. На развертке цилиндра винтовая линия преобразуется в прямую — гипотенузу AC . Следовательно, цилиндри-

ческая гелиса — геодезическая линия, кратчайшим образом соединяющая в общем случае на поверхности цилиндра вращения две любые ее точки. Угол α — угол подъема винтовой линии. Касательная к гелисе в любой ее точке образует с осью постоянный угол α . Очевидно $\operatorname{tg} \alpha = \frac{[AB]}{\pi d}$. При своем скольжении вдоль гелисы касательная прочертит на пл. P_1 эвольвенту окружности.

Аналогично строят проекции левой цилиндрической винтовой линии и ее развертку. На рис. 8.2 показано построение двух ее витков. Видимые части витков здесь имеют подъем влево.

Коническая винтовая линия образуется равномерным движением точки вдоль прямой (образующей конической поверхности), равномерно вращающейся вокруг пересекающейся с ней другой прямой — оси конуса. Ее построение (на рис. 8.4 показано построение двух витков правой гелисы) аналогично по-

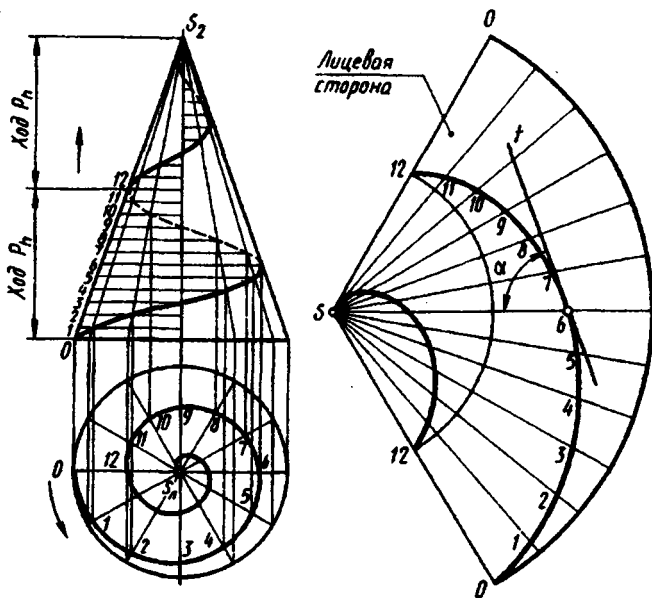


Рис. 8.4

строению цилиндрической гелисы, с тем лишь отличием, что на то же число равных делений, на которое разделен ход¹, делят радиус окружности основания конуса. Деления нумеруют в направлениях, указанных стрелками. Затем из точки 1 проводят линию связи до пересечения с горизонталью 1, из точки 2 — до пересечения с горизонталью 2 и т. д. Через полученные точки проводят плавные кривые.

Фронтальная проекция гелисы — *синусоида с уменьшающейся высотой витков* («Затухающая кривая»), горизонтальная — *спираль Архимеда*. Винтовая линия на конусе не является геодезической, как это видно из развертки поверхности конуса, на которой гелисы преобразовались в спирали Архимеда, пересекающие образующие конуса под постоянным углом α .

Винтовые линии могут быть построены на любой поверхности вращения, в частности в технике они используются на сфере (рис. 8.5) и гиперболоиде вращения.

8.2. Винтовые поверхности образуются при винтовом движении произвольной линии (в частном случае, поверхности, например сферы).

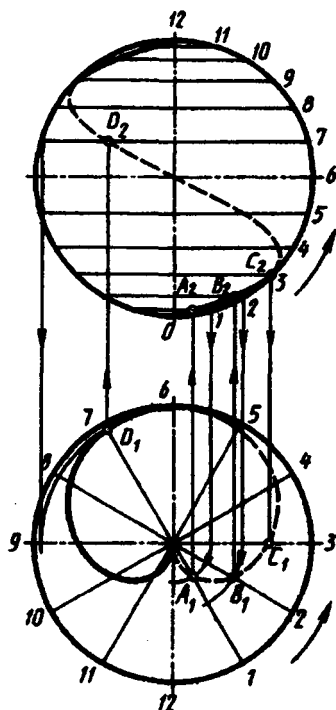


Рис. 8.5

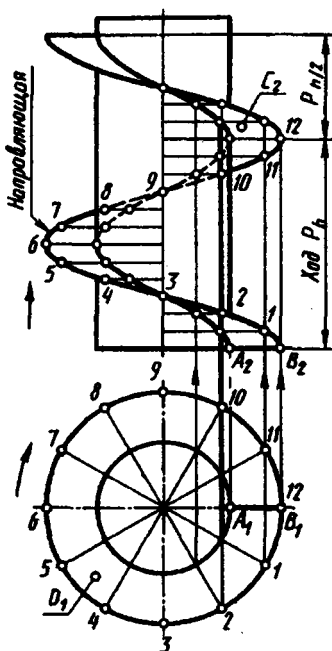


Рис. 8.6

¹ Ходом конической винтовой линии называют также проекцию этого расстояния на ось конуса, что не изменяет сути этого понятия.

Наибольшее применение в технике имеют *линейчатые винтовые поверхности (геликоиды)*, образованные движением отрезка прямой.

На рис. 8.6 показано построение поверхности левого прямого геликоида, ограниченной двумя винтовыми линиями. Производящий отрезок AB скользит по направляющей гелисе, пересекая во всех своих положениях ее ось под углом 90° (или иначе, сохраняя параллельность горизонтальной плоскости проекций).

Ход и окружность (горизонтальную проекцию гелисы) делят на одинаковое число равных частей и из точек 1, 2, 3 и т. д. проводят линии связи до пересечения с одномерными горизонталями.

Видимость элементов поверхности, если считать цилиндр непрозрачным, определяют, как и на рис. 8.1 и 8.2.

На рис. 8.7 производящий отрезок AB скрещивается с осью направляющей гелисы a (a_1, a_2) под углом 90° , во всех своих положениях касаясь направляющего цилиндра и, следовательно, сохраняя параллельность горизонтальной плоскости проекций. Та-

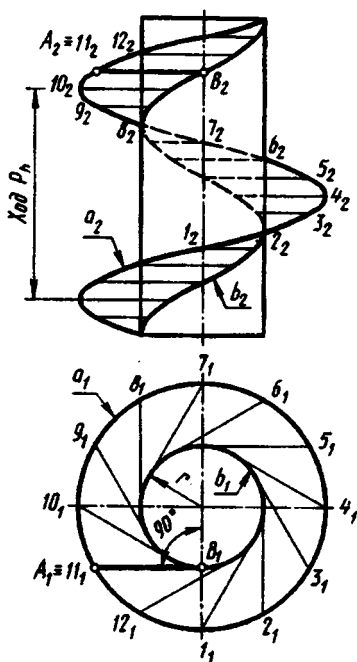


Рис. 8.7

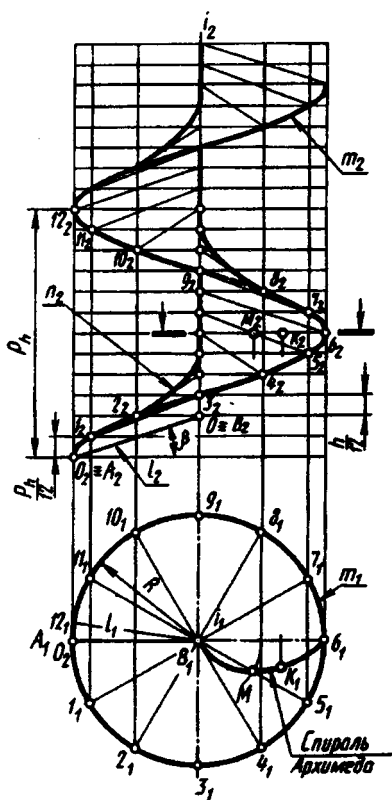


Рис. 8.8

кую винтовую поверхность называют *винтовым цилиндроидом*. Очевидно, производящий отрезок при своем движении касается цилиндра по гелисе b (b_1, b_2).

Производящий отрезок AB , скользя по направляющей гелисе, может пересекать ее ось или скрещиваться с ней под некоторым постоянным острым углом.

В первом случае геликоид называют *наклонным* или *архимедовым* (нормальное сечение — спираль Архимеда, рис. 8.8), во втором — *конволютным* (рис. 8.9). Производящий отрезок

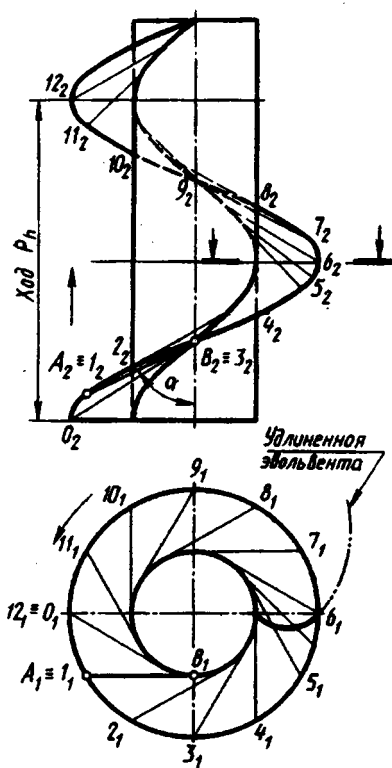


Рис. 8.9

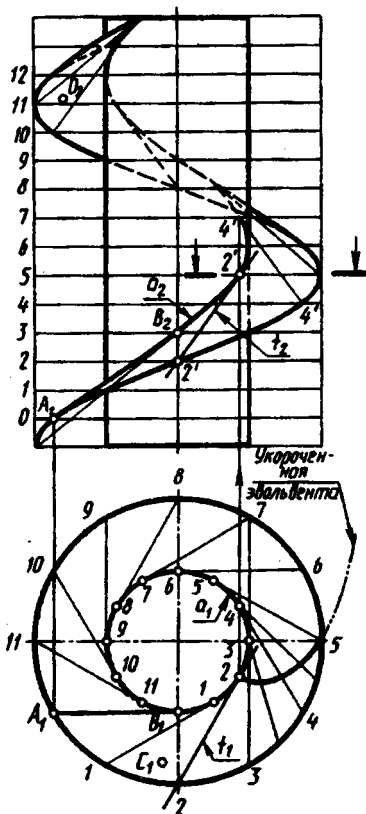


Рис. 8.10

касается некоторого цилиндра, радиус которого равен расстоянию между скрещивающимися прямыми.

Геликоид может быть также образован движением прямой, сохраняющей касание к направляющей гелисе a (a_1, a_2) (рис. 8.10). Такой геликоид называют *развертывающимся* или *эвольвентным* (его нормальное сечение — эвольвента окружности), или *винтовым цилиндрическим торсом*.

На рис. 8.11 показана *винтовая цилиндрическая лента*. Ее образование и построение не требуют пояснений.

На образующей цилиндра можно отметить любое число точек, перемещающихся вдоль нее с одинаковой скоростью. При вращении образующей все точки опишут гелисы одинакового

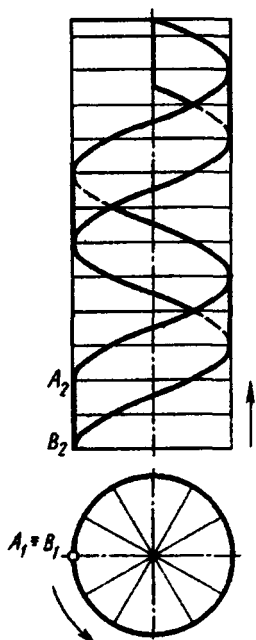


Рис. 8.11

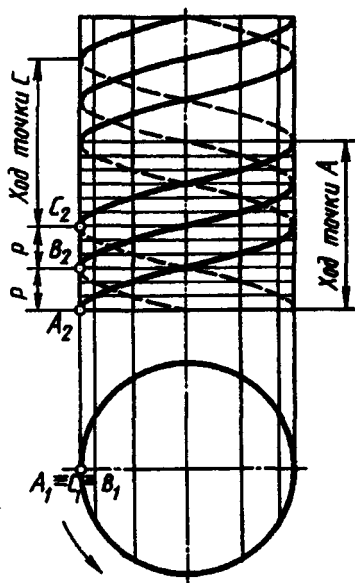


Рис. 8.12

хода. На рис. 8.12 показаны три гелисы, образованные точками A , B , C , расположенными на равных расстояниях P . Такие гелисы лежат в основе образования *многозаходных резьб*.

У п р а ж н е н и я: 1. Постройте вторые проекции точек C , D , заданных на винтовых поверхностях одной проекции (рис. 8.6 и 8.10).

2. Постройте проекции винтовой конической ленты, руководствуясь рис. 8.4 и 8.11. (В конической пружине прямоугольного сечения они ограничивают ее наружную и внутреннюю поверхности.)

8.3. Образование резьбы. Резьба образуется при винтовом движении некоторой плоской фигуры, задающей так называемый *профиль резьбы*, расположенной в одной плоскости с осью поверхности вращения (осью резьбы).

В зависимости от формы профиля резьбу называют *треугольной*, *квадратной*, *трапецидальной*, *круглой*.

Часть резьбы, образованной при одном повороте профиля вокруг оси, называют *витком*. При этом все точки производящего профиля перемещаются параллельно оси на одну и ту же величину, называемую *ходом резьбы*.

Различают правую и левую резьбы в зависимости от того, какая винтовая линия лежит в основе резьбы, правая или левая.

Если ось наружной резьбы расположить вертикально перед наблюдателем, то у правой резьбы видимая часть витков поднимается слева направо, у левой резьбы — справа налево (рис. 8.13)¹.

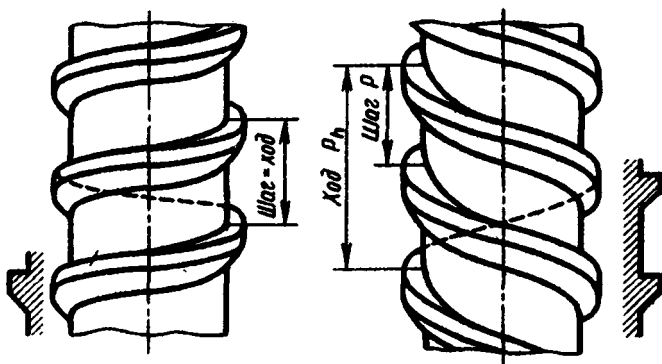


Рис. 8.13

Если профиль перемещается по поверхности цилиндра вращения, резьбу называют *цилиндрической* (наиболее широко применяемой в технике), по поверхности конуса вращения — *конической*, по поверхности гиперboloида вращения — *глобоидной*.

Резьба может быть выполнена на стержне (наружная резьба) и в отверстии (внутренняя резьба).

Резьбы, показанные на рис. 8.13 и 8.15, — наружные, на рис. 8.14 — внутренние.

Резьбу, образованную движением одного профиля, называют *однозаходной*, образованную движением двух, трех и более одинаковых профилей, — *многозаходной* (двух-, трехзаходной и т. д.). В связи с этим введено понятие *шаг резьбы*, обозначаемый прописной латинской буквой P — расстояние по линии, параллельной оси резьбы между средними точками ближайших одноименных боковых сторон профиля

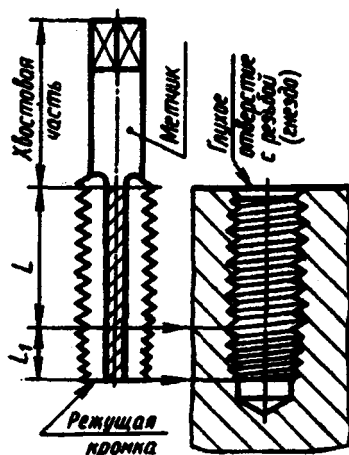


Рис. 8.14

¹ Согласно ГОСТ 11708—82, правой резьбой называют резьбу, у которой выступ, вращаясь по часовой стрелке, удаляется вдоль оси от наблюдателя, левой — у которой выступ, вращаясь против часовой стрелки, удаляется вдоль оси от наблюдателя.

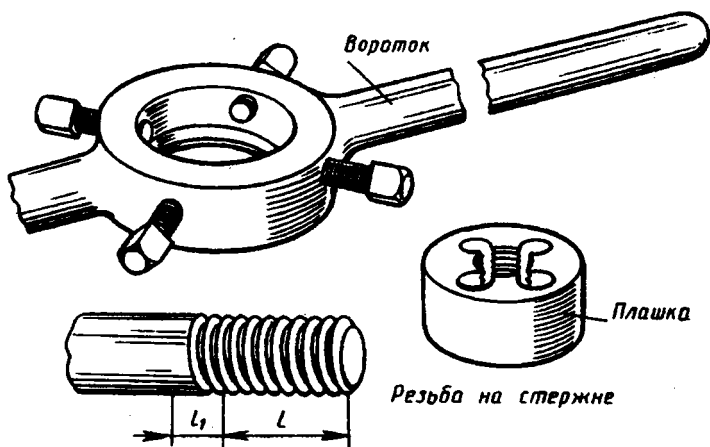


Рис. 8.15

резьбы, лежащими в одной осевой плоскости по одну сторону от оси вращения — ГОСТ 11708—82 (СТ СЭВ 2631—80). Очевидно, ход $P_h = nP$, где n — число заходов (рис. 8.13)¹. У однозаходных резьб ход равен шагу. Под шагом однозаходной резьбы подразумевают ход — расстояние, на которое переместится деталь с резьбой (винт при неподвижной гайке или гайка при неподвижном винте) за один оборот.

8.4. Элементы резьбы. Условное изображение резьбы. Резьбу изготовляют режущим инструментом с удалением слоя материала, накаткой — путем выдавливания винтовых выступов, литьем, прессованием, штамповкой в зависимости от материала (металл, пластмасса, стекло) и других условий.

В силу устройства резьбонарезающего инструмента (например, метчика, рис. 8.14; плашки, рис. 8.15) или при отводе резца, при переходе от участка поверхности с резьбой полного профиля (участки l) к гладкой образуется участок, на котором резьба как бы сходит на нет (участки l_1), образуется *сбег резьбы* (рис. 8.16).

Если резьбу выполняют до некоторой поверхности, не позволяющей доводить инструмент до упора к ней, то образуется *недовод резьбы* (рис. 8.16, б, в). Сбег плюс недовод образуют *недорез резьбы*. Если требуется изготовить резьбу полного профиля, без сбega, то для вывода резьбообразующего инструмента делают проточку, диаметр которой для наружной резьбы должен быть немного меньше внутреннего диаметра резьбы (рис. 8.16, г), а для внутренней резьбы — немного больше наружного диаметра резьбы (рис. 8.17).

¹ Чем больше заходов, тем быстрее осуществляется процесс винтового движения, однако при этом увеличивается опасность самоотвинчивания. Требуется надежная защита от этого.

В начале резьбы делают, как правило, коническую фаску, предохраняющую крайние витки от повреждений и служащую направляющей при соединении деталей с резьбой (см. рис. 8.16). Фаску выполняют до нарезания резьбы. Размеры фасок, сбегов, недорезов и проточек

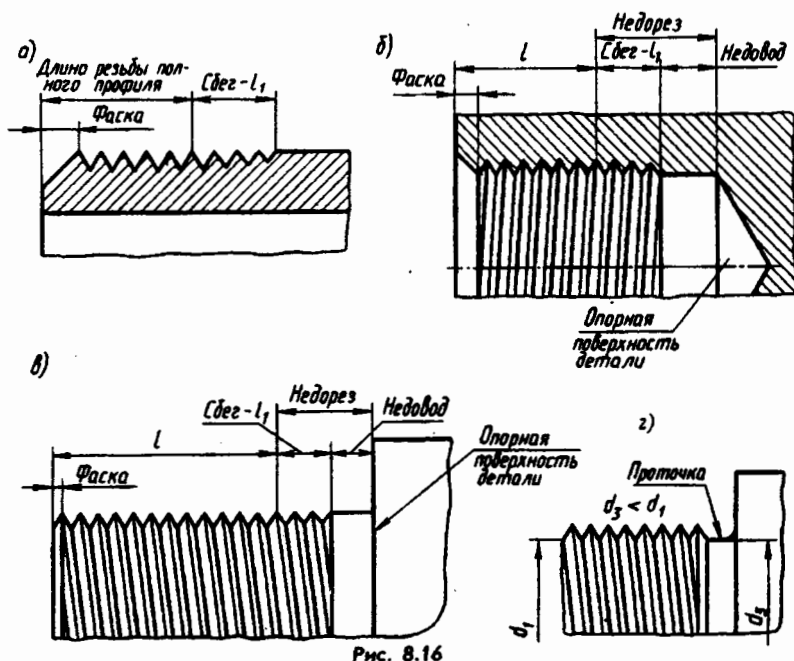


Рис. 8.16

недорезов и проточек стандартизованы, см. ГОСТ 10549—80* и 27148—86 (СТ СЭВ 214—86). Изделия крепежные. Выход резьбы. Сбеги, недорезы и проточки. Размеры.

Построение точного изображения витков резьбы требует много времени, поэтому его применяют в редких случаях. Согласно ГОСТ 2.311—68* (СТ СЭВ 284—76), на чертежах резьбу изображают условно, независимо от профиля резьбы: на стержне — сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими — по внутреннему, на всю длину резьбы, включая фаску (рис. 8.18, а). На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу сплошной тонкой линией, равную $3/4$ окружности и разомкнутую в любом месте. На изображениях резьбы в отверстиях сплошные основные и сплошные тонкие линии как бы меняются местами (рис. 8.18, б).

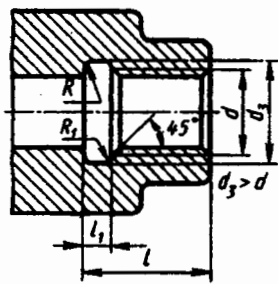


Рис. 8.17

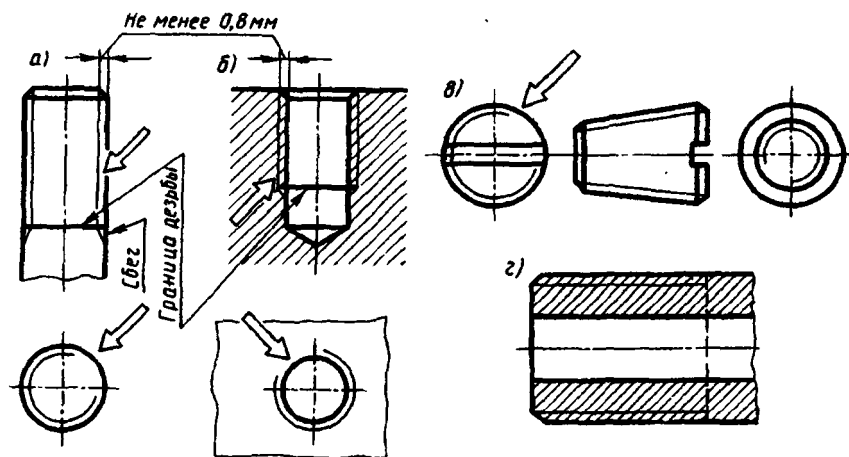


Рис. 8.18

Сплошную тонкую линию наносят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии (рис. 8.18), но не более шага резьбы.

Штриховку в разрезах доводят до линии наружного диаметра резьбы на стержне (рис. 8.18, г) и до линии внутреннего диаметра в отверстии (рис. 8.18, б).

Фаски на стержне с резьбой и в отверстии с резьбой, не имеющие специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную оси стержня или отверстия, не изображают (рис. 8.18). Границу резьбы на стержне и в отверстии проводят в конце полного профиля резьбы (до начала сбega) основной линией (или штриховой, если резьба изображена как невидимая, рис. 8.19), доводя ее до линий наружного диаметра резьбы.

При необходимости сбег резьбы изображают тонкими линиями, проводимыми примерно под углом 30° к оси (рис. 8.18, а, б).

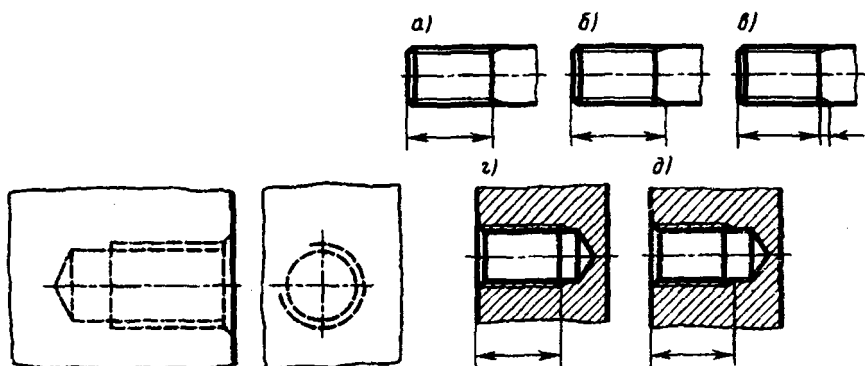


Рис. 8.19

Рис. 8.20

Резьбу, показываемую как невидимую, изображают штриховыми линиями одной толщины по наружному и внутреннему диаметрам (рис. 8.19).

Длиной резьбы называют длину участка детали, на котором образована резьба, включая сбеги и фаску. Обычно на чертежах указывают только длину l резьбы с полным профилем (рис. 8.20, а). Если имеется проточка, наружная (см. рис. 8.16, г) или внутренняя (см. рис. 8.17), то ее ширину также включают в длину резьбы.

При необходимости указания сбега или длины резьбы со сбегом размеры наносят, как показано на рис. 8.20, б, в.

Недорез резьбы, выполненный до упора, изображают, как показано на рис. 8.21, а, б. Допустимы варианты «в» и «г».

На чертежах, по которым резьбу не выполняют (на сборочных чертежах), конец глухого отверстия допускается изображать по рис. 8.22.

На разрезах резьбового соединения в изображении на плоскости, параллельной его оси, в отверстии показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (рис. 8.23).

8.5. Профили и обозначения

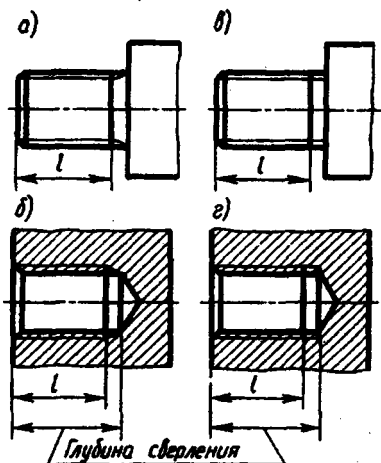


Рис. 8.21

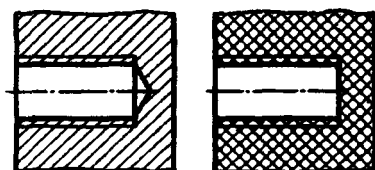


Рис. 8.22

стандартных резьб. Различают резьбы: *общего назначения* и *специальные*, предназначенные для применения на изделиях определенных видов; *крепежные*, предназначенные, как правило, для неподвижного разъемного соединения составных частей изделия, и *ходовые* — для передачи движения.

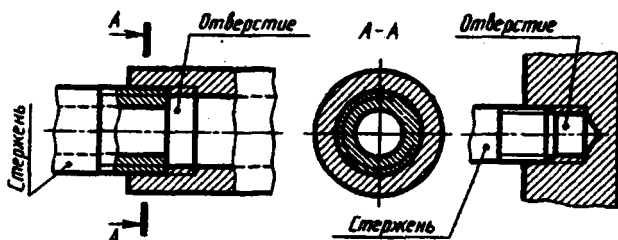


Рис. 8.23

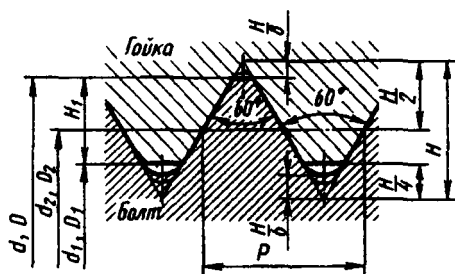


Рис. 8.24

Преимущественно применяют правые резьбы, к обозначению левых резьб добавляют *LH*.

В обозначениях многозаходных резьб указывают ход, а в скобках — шаг и его значение.

Метрическую резьбу наиболее широко используют в технике. Профиль резьбы (рис. 8.24)¹ уста-

новлен ГОСТ 9150—81 (СТ СЭВ 180—75), основные размеры (номинальные значения) наружного, среднего и внутреннего диаметров резьбы — ГОСТ 24705—81 (СТ СЭВ 182—75), диаметры и шаги — ГОСТ 8724—81 (СТ СЭВ 181—75), степень точности, с которой должна быть изготовлена резьба, — ГОСТ 16093—81 (СТ СЭВ 640—77).

Вершины выступов и впадин профиля срезаны по прямой или дуге окружности, что облегчает изготовление резьбы, уменьшает концентрацию напряжений и предохраняет резьбу от повреждений при эксплуатации.

Метрическую резьбу выполняют с *крупным* (единственным для данного диаметра резьбы) и *мелкими шагами*, которых для данного диаметра может быть несколько. Например, для диаметра резьбы $d=20$ мм крупный шаг всегда равен 2,5 мм, а мелкий может быть равен 2; 1,5; 1; 0,75 и 0,5 мм (см. табл. 5). Поэтому в обозначении метрической резьбы крупный шаг не указывают, а мелкий указывают обязательно. Примеры обозначений: наружная резьба (на стержне) *M20—6 g*; *M20LH—6 g*; *M20×1,5—6 g*; *M20×1,5 LH—6 g*, внутренняя резьба (в от-

Таблица 5

Шаги	Наружный диаметр резьбы											
	6	8	10	12	14 ¹	16	18 ¹	20	22 ¹	24	27 ¹	30
Крупный	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5
Мелкие	0,75	1	1,25	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2	2	(3) ¹
	0,5	0,75	1	1,25	1,25	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2
		0,5	0,75	1	1	0,75	1	1	1	1	1	1,5
			0,5	0,75	0,75	0,5	0,7	0,75	0,75	0,75	0,75	1
				0,5	0,5		0,5	0,5	0,5			0,75

¹ Применять не рекомендуется.

¹ На рис. 8.24 и последующих строчными латинскими буквами обозначены диаметры наружной резьбы, а прописными — внутренней. Средние диаметры резьб обозначены d_2 и D_2 — эти диаметры являются расчетными.

версии) — $M20 - 6H$; $M20LH - 6H$; $M20 \times 1,5 - 6H$; $M20 \times 1,5LH - 6H$. Указание поля допуска обязательно.

Примечание. Согласно ГОСТ 16093—81 (СТ СЭВ 640—77), поля допусков $6g$ и $6H$ — предпочтительны. В этом же ГОСТе см. о степенях точности и основных отклонениях.

Пример обозначения многозаходной метрической резьбы: $M24 \times 10(P1) - 6g$, где 10 — ход, P — обозначение шага, 1 — шаг, $6g$ — поле допуска наружной резьбы.

В приборостроении и в других отраслях промышленности диаметры и шаги, установленные ГОСТ 8724—81, не удовлетворяющие функциональным и конструктивным требованиям, выбирают по ГОСТ 16967—81, например применяют $M20 \times 0,35 - 6g$, $M13 \times 1,5 - 6H$ и т. п.

В табл. 5 приведено извлечение из ГОСТ 8724—81 для диаметров и шагов, наиболее часто встречающихся в учебной практике. Мелкие шаги применяют преимущественно на тонкостенных деталях, а также при малой длине резьбы.

Резьба диаметром менее 1 мм, применяемая в приборах точной механики по ГОСТ 9000—81 (СТ СЭВ 837—78), мелких шагов не имеет. Обозначение поля допуска состоит из обозначения степени точности и основного отклонения d_2 , помещаемого на первом месте, и обозначения степени точности d для наружной резьбы и D_2 , D_1 соответственно для внутренней, например: $M0,5 - 5h3$; $M0,5 - 4H5$.

Диаметры и шаги метрической резьбы на деталях из пластмасс выбирают по ГОСТ 11709—81, например $M6 \times 1,5 - 7H$ ГОСТ 11709—81.

Обозначения всех резьб, кроме конических и трубной цилиндрической, относят к наружному диаметру, как показано на рис. 8.25.

Резьбу трубную цилиндрическую по ГОСТ 6357—81 (СТ СЭВ 1157—78) применяют на водогазопроводных трубах, частях для их соединения (муфтах, угольниках, кресто-

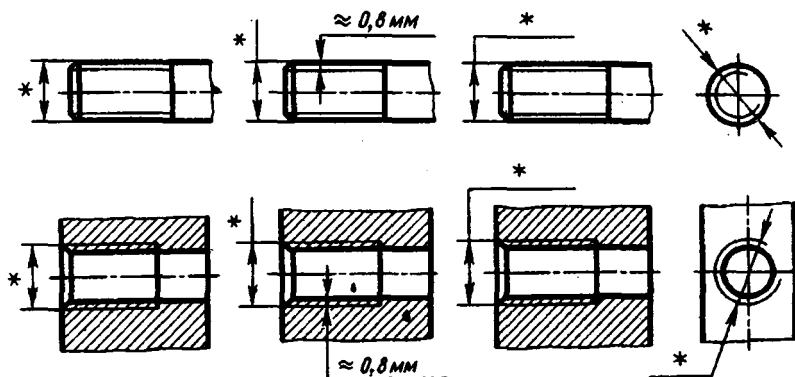


Рис. 8.25

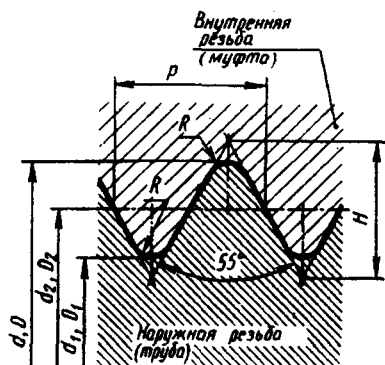


Рис. 8.26

винах и т. д.), трубопроводной арматуре (задвижках, клапанах) и т. д.

Профиль (рис. 8.26), общий для наружной и внутренней резьб, имеет скругления вершин и впадин, что делает резьбу более герметичной, чем метрическая.

В условное обозначение трубной цилиндрической резьбы входит буква *G*, размер резьбы в дюймах (без знака « $\frac{1}{2}$ »), класс точности среднего диаметра резьбы — *A* или *B* (менее точный) и длина свинчивания, если она превосходит нормальную, установленную стандартом.

Примеры: $G1/4-A$; $G1/2LN-A$; $G3/8-A-20$; $G1LN-B-40$, где числа 20 и 40 — длины свинчивания в мм.

Если для метрической резьбы указываемый в обозначении размер диаметра соответствует его действительному размеру (без учета допуска), то в трубной резьбе указываемый в обозначении ее размер в дюймах приблизительно равен *условному проходу трубы* (номинальному внутреннему диаметру, по которому рассчитывают ее пропускную способность), переведенному в

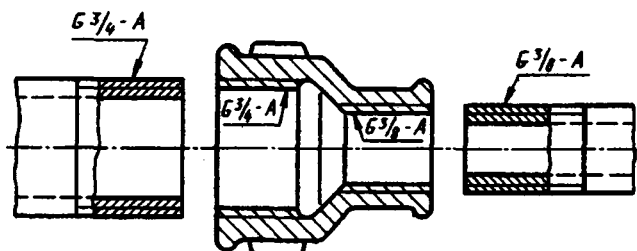
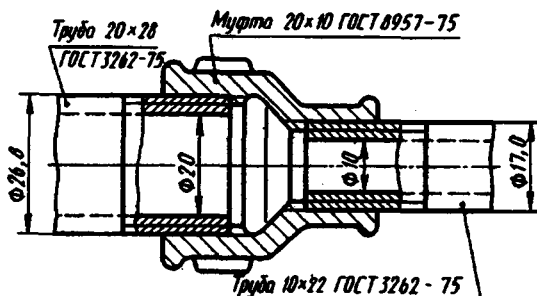


Рис. 8.27

дюймы. Например, *G*1 обозначает размер трубной резьбы, нарезанной на наружной поверхности трубы, имеющей условный проход в 25 мм, т. е. примерно равный одному дюйму. Фактический наружный диаметр резьбы равен 33,249 мм, т. е. больше на две толщины стенки трубы.

Поэтому обозначение размера трубной резьбы наносят на полке линии-выноски, как показано на рис. 8.27 соединения водогазопроводных труб (ГОСТ 3262—75*) с условными проходами 20 и 10 мм, переходной муфтой (ГОСТ 8957—75*).

Справочные данные о трубной цилиндрической резьбе, наиболее часто встречающиеся в учебных заданиях:

Размер резьбы, дюйм	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2
Условный проход, мм	9	10	15	20	25	40
Наружный диаметр трубы, мм	13,5	17,0	21,3	26,8	33,5	48,0
Наружный диаметр резьбы, мм	13,16	16,67	20,96	26,44	33,25	47,80

Подробнее см. в ГОСТ 3262—75 (СТ СЭВ 107—74).

Резьбу трубную коническую ГОСТ 6211—81 (СТ СЭВ 1159—78) применяют в соединениях труб при больших давлениях и температуре, когда требуется повышенная герметичность соединения, например в горловинах газовых баллонов. Угол профиля — 55° , конусность — 1:16 (рис. 8.28).

Так как у конической резьбы диаметр непрерывно изменяется, то ее размер относят к сечению в основной плоскости (примерно посередине длины наружной резьбы). В этом сечении диа-

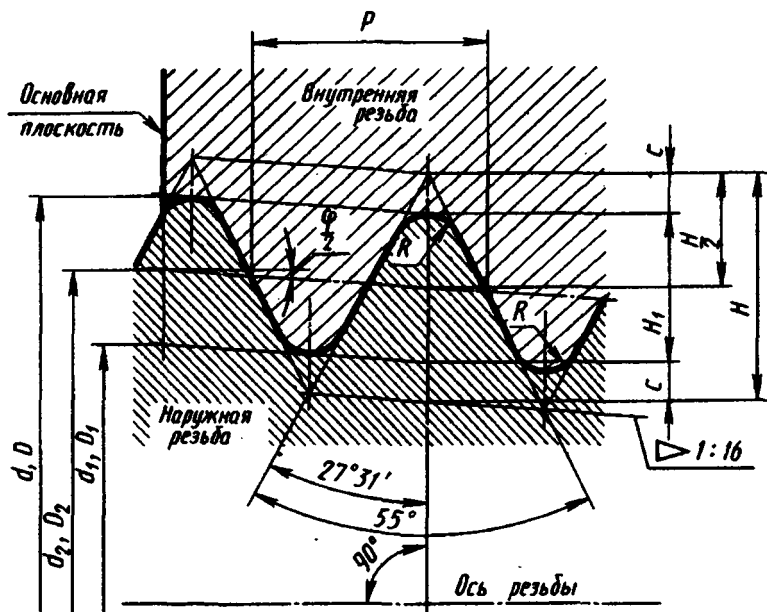


Рис. 8.28

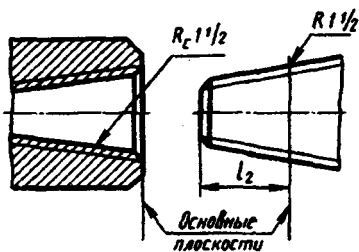


Рис. 8.29

метр конической резьбы равен диаметру трубной цилиндрической. Положение основной плоскости указывается на рабочем чертеже (берется из стандарта).

Наружная резьба обозначается буквой R , например $R 1\frac{1}{2}$; внутренняя — R_c , например $R_c 1\frac{1}{2}$; левые — $R 1\frac{1}{2}LH$ и $R_c 1\frac{1}{2}LH$ соответственно (рис. 8.29).

Совпадение в основной плоскости размеров трубной конической резьбы с размерами трубной цилиндрической позволяет соединять внутреннюю трубную цилиндрическую с наружной трубной конической (рис. 8.30). Пример обозначения такого соединения:

$$\frac{G}{R} 1\frac{1}{2}-A \text{ или } \frac{G}{R} 1\frac{1}{2}LH-A.$$

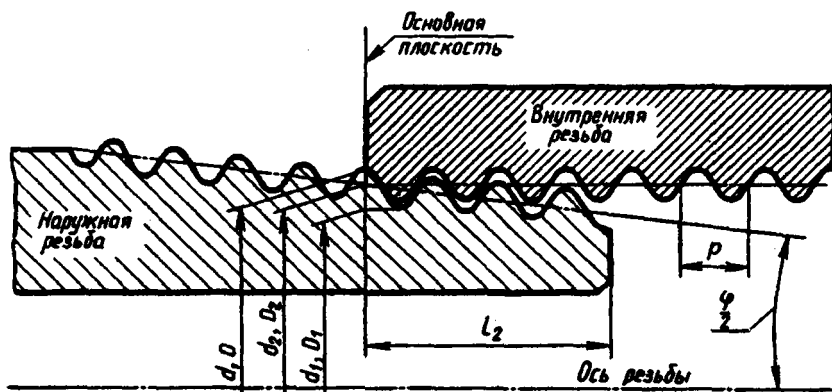


Рис. 8.30

На рис. 8.31 дан профиль дюймовой резьбы по ОСТ НКТП 1260. Этот ОСТ был отменен, но сейчас восстановлен, так как эту резьбу иногда приходится использовать при ремонте импортных станков и других изделий. Пример обозначения: $1\frac{1}{2}$ " ОСТ НКТП 1260, наносимого по типу метрической резьбы, как показано на рис. 8.25.

Резьбу коническую дюймовую (угол профиля — 60° , конусность — $1:16$) по ГОСТ 6111—52* (рис. 8.32)

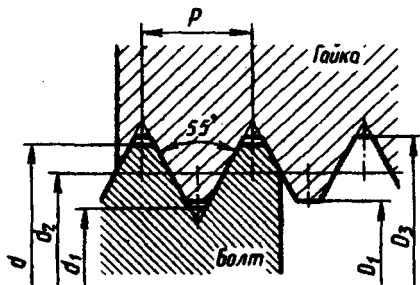


Рис. 8.31

применяют в соединениях топливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводов машин и станков при невысоких давлениях. Пример обозначения: $K^{3/4}$ ГОСТ 6111—52, наносимого на полке линии-выноски, как трубные резьбы на рис. 8.27.

Резьба метрическая коническая с углом профиля 60° и конусностью 1:16 (рис. 8.33) по ГОСТ 25229—82 (СТ СЭВ 304—76) имеет в основной плоскости общие размеры с метрической резьбой ГОСТ 9150—81, поэтому так же, как коническая дюймовая, может образовывать соединения наружной конической резьбы с внутренней цилиндрической (рис. 3.34). Примеры обозначения: $MK 20 \times 1,5$; $MK 20 \times 1,5 LH$, наносимого на полке линии-выноски.

Внутренняя метрическая цилиндрическая резьба, предназначенная для соединения с наружной конической, обозначается по типу $M20 \times 1,5$ ГОСТ 25229—82; $M20 \times 1,5 LH$ ГОСТ 25229—82.

Положение основной плоскости в этом соединении определяет размер l_2 (рис. 8.34), зависящий от номинального диаметра

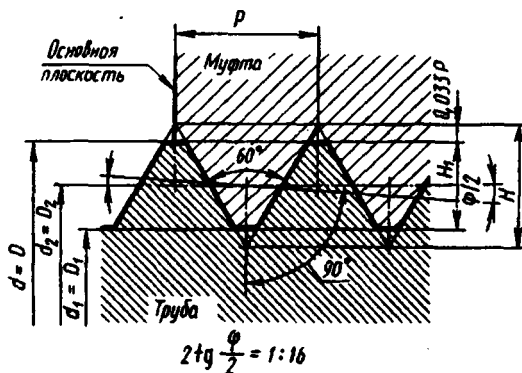


Рис. 8.32

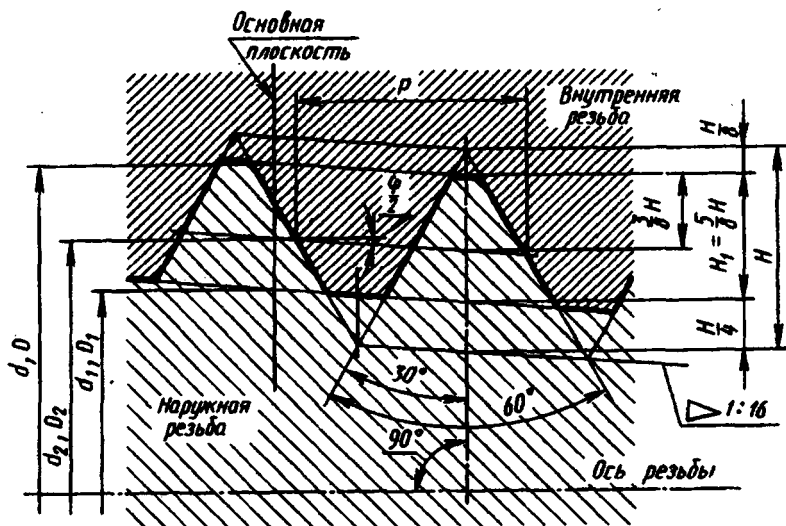


Рис. 8.33

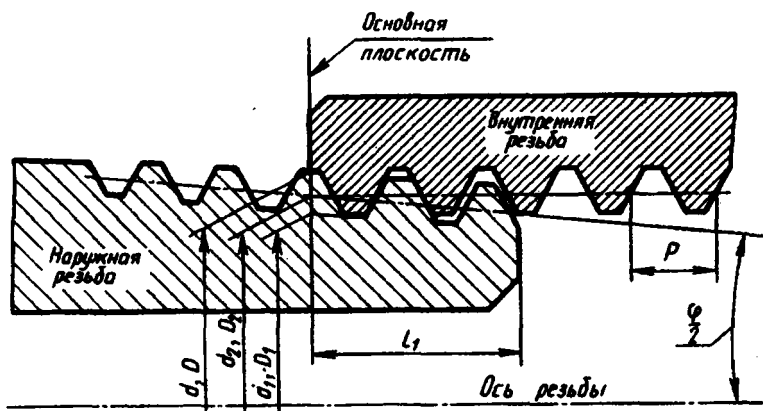


Рис. 8.34

резьбы и приводимый в табл. 1 упомянутого стандарта. Так же как и трубная, коническая применяется в соединениях трубопроводов с повышенным давлением.

Из крепежных резьб, предназначенных к применению на изделиях определенных видов, отметим: *резьбу Эдиссона круглую* (рис. 8.35) для цоколей и патронов электрических ламп и подобных изделий по ГОСТ 6042—83 (СТ СЭВ 3151—81). Пример обозначения: *E14 ГОСТ 6042—83; резьбу круглую для санитарно-технической арматуры* (для шпинделей вентилей смесителей и туалетных и водопроводных кранов), изготавливаемую по ГОСТ 13536—68 только с резьбой $d=12$ мм (рис. 8.36). Обозначение:

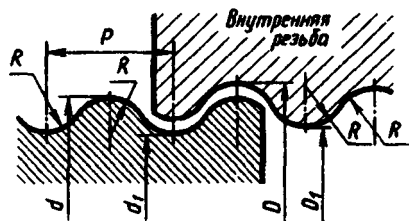


Рис. 8.35

Кр. 12×2,54 ГОСТ 13536—68, где 2,54 — шаг резьбы в мм. Аналогичный профиль имеет *резьба круглая* (но для диаметров 8...200 мм) по СТ СЭВ 3293—81, введенному в действие непосредственно в качестве Государственного стандарта СССР. Примеры обозначения: *Rd16; Rd16 LH*.

Из ходовых резьб наиболее употребительны:

1) *резьба трапецидальная*, применяется на винтах, передающих возвратно-поступательное движение. Профиль резьбы (рис. 8.37) — по ГОСТ 9484—81 (СТ СЭВ 146—78); основные размеры однозаходной резьбы — по ГОСТ 24737—81 (СТ СЭВ 838—78); диаметры и шаги однозаходной резьбы — по ГОСТ 24738—81 (СТ СЭВ 639—77); допуски — по ГОСТ 9562—81 (СТ СЭВ 836—78); диаметры, шаги, ходы и допуски многозаходной резьбы — по ГОСТ 24739—81* (СТ СЭВ 185—79).

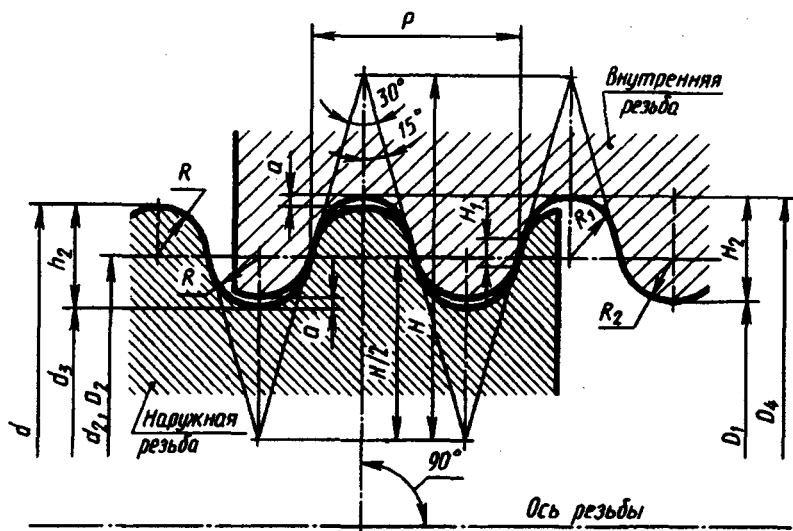


Рис. 8.36

Примеры обозначений: однозаходной — $Tr\ 40 \times 6 - 8e$; то же, левой $Tr\ 40 \times 6\ LH - 8e$; многозаходной (трехзаходной) — $Tr\ 40 \times 9\ (P3) - 6e$, где 40 — номинальный диаметр d , 9 — ход, 3 — шаг в мм. При необходимости в конце обозначения указывается длина свинчивания, например: $Tr\ 80 \times 40\ (P10) - 8e - 180$.

2) резьба упорная, применяемая на винтах, подверженных односторонне направленным усилиям, например в домкратах. Профиль (рис. 8.38) и основные размеры — по ГОСТ 10177—82; допуски — по ГОСТ 25096—82 (СТ СЭВ 2058—79).

Примеры обозначений: $S\ 80 \times 20 - 7h$;

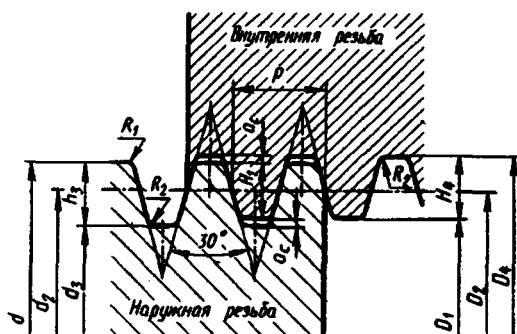


Рис. 8.37

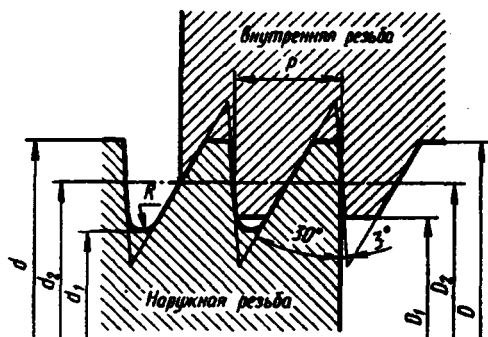


Рис. 8.38

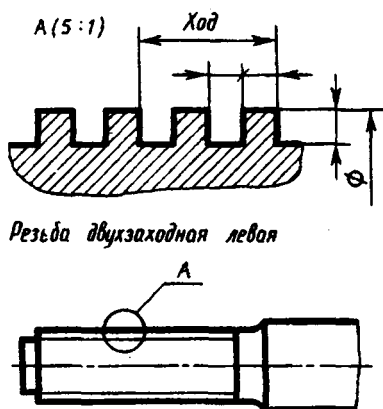


Рис. 8.39

3) *резьба прямоугольная* (квадратная), применяемая в соединениях, где не должно быть самоотвинчивания под действием приложенной нагрузки. Так как профиль этой резьбы не стандартизован, то на чертеже приводят все данные, необходимые для ее изготовления (рис. 8.39).

На рис. 8.40 приведен чертеж 1823 г. — пример применения квадратной резьбы и ее изображения на рабочем чертеже того времени.

На рис. 8.41, *а—г* показано, как изменялось изображение резьбы на рабочих чертежах за последние два столетия. Резьбу по типам *а, б, в* применяют еще и в наше время в некоторых странах.

Использование в технике винтовых поверхностей (подсказано природой) — одно из замечательных достижений пытливой человеческой мысли в области техники.

8.6. Стандартные крепежные детали с резьбой. Они весьма разнообразны по форме, точности изготовления, материалу, покрытию и другим особенностям. Их подразделяют на детали общего назначения и специальные, предназначенные для применения в определенных видах изделий или в особых условиях.

Здесь рассмотрены крепежные детали общего назначения. Болты, винты, шпильки, гайки изготавливают из углеродистых, легированных, коррозионноустойчивых и других сталей и из цветных сплавов. Болты, винты, шпильки и шурупы, изготовленные из углеродистых и легированных сталей, характеризуют в обозначении одним из 12 классов прочности: 3.6; 4.6; 4.8; 5.6; 5.8; 6.6; 6.8; 6.9; 8.8; 10.9; 12.9; 14.9, где первое число, умноженное на 100(10), определяет минимальное временное сопротивление в МПа (кгс/мм^2), второе, умноженное на 10 определяет отношение предела текучести к временному сопротивлению в процентах; произведение чисел определяет предел теку-

$S\ 80 \times 20\ LH-7H$; $S\ 80 \times 20\ (P5)-7h$, где 80 — номинальный диаметр, 20 — ход, 5 — шаг (у четырехзаходной резьбы). Для особо больших нагрузок (и для $\varnothing 80 \dots 2000$ мм) применяют резьбу упорную усиленную с углом профиля 45° по ГОСТ 13535—87. Пример обозначения: $S\ 45^\circ \times 200 \times 12$, где 12 — шаг резьбы (указывают обязательно).

Специальную резьбу со стандартным профилем, но с нестандартным шагом или диаметром, обозначают *Sp* и условным обозначением профиля, например $SpM40 \times 1,5-6g$;

Чертеж подъемным винтам для лафетов крепостной и осадной артиллерии в настоящую величину.

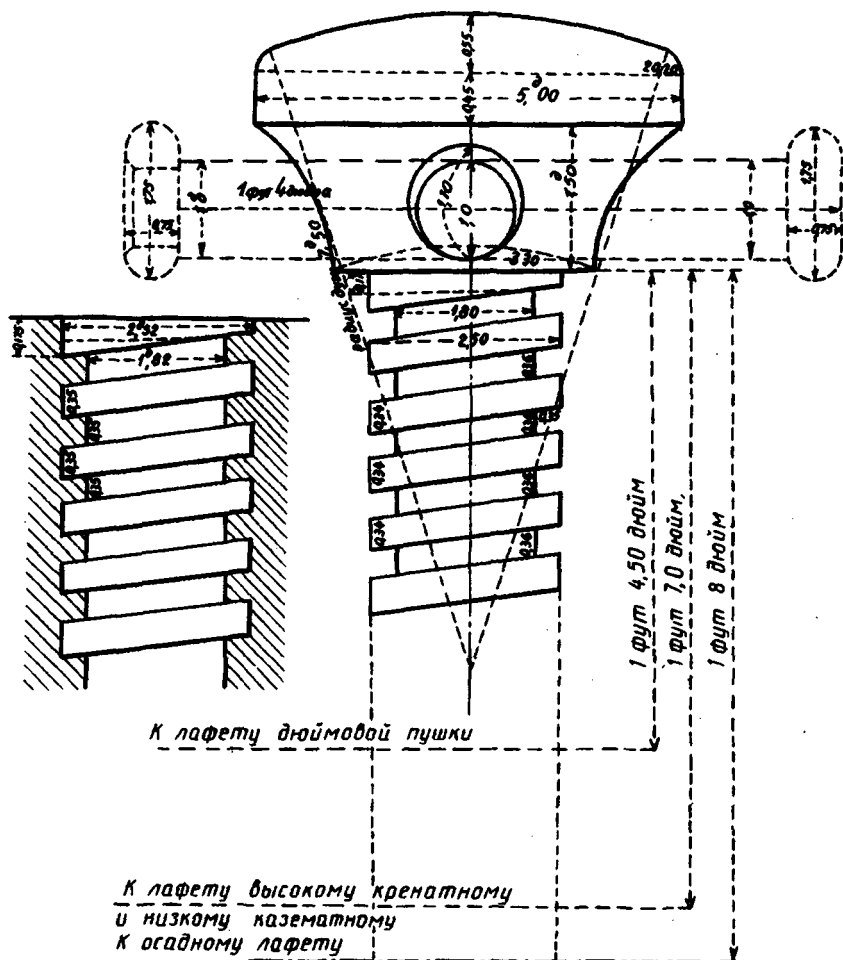


Рис. 8.40

части в МПа (кгс/мм²). В обозначениях пишут 36, 46 и т. д., т. е. точку не ставят. Чем больше число, тем прочнее сталь.

Для гаек установлено семь классов прочности: 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14. Умножив эти числа на 100(10), получают напряжение от испытательной нагрузки в МПа (кгс/мм^2).

В зависимости от условий эксплуатации — легких, средних или жестких — крепежные детали выпускают с тем или иным покрытием.

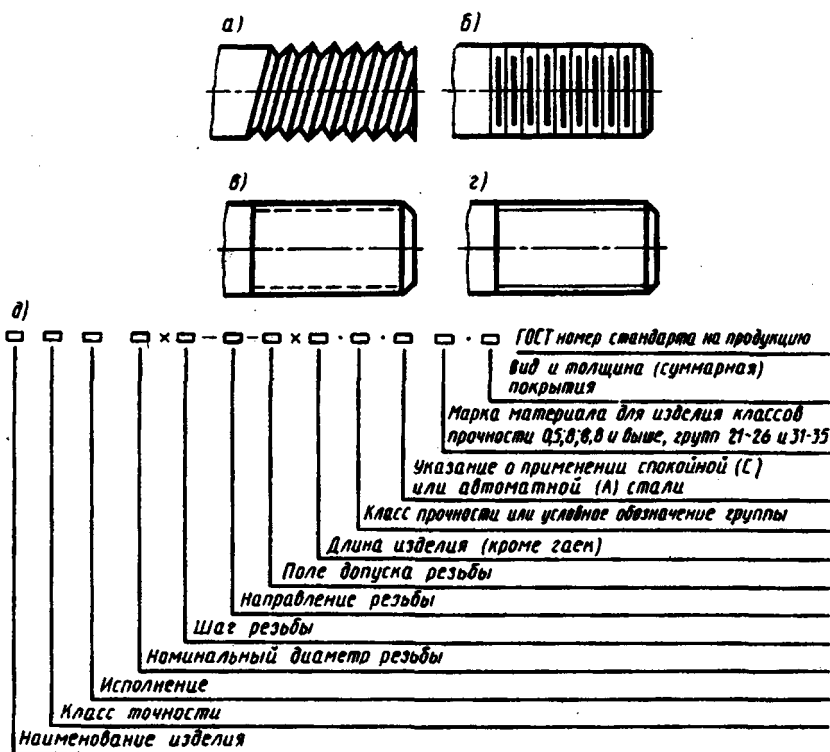


Рис. 8.41

Примеры обозначения покрытий:

	цифровых (ГОСТ 1759.0—87*)	буквенных (ГОСТ 9.306—85*)
Цинковое хромированное	01	Ц. хр.
Никелевое толщиной 15 мкм	03	Н15
Оксидное химическое	05	Хим. Окс.
Оловянное	07	О
Медное	08	М
Цинковое	09	Ц
Серебряное	12	Ср

Более подробные сведения о классах и группах прочности и покрытия см. в ГОСТ 1759.0—87*.

Таким образом, число стандартов, определяющих форму, размеры, материал, покрытие и другие характеристики крепежных деталей, весьма велико, причем каждый из них содержит соответствующие условные обозначения, ссылки на которые, помещаемые в конструкторской документации, должны быть точными.

На рис. 8.41, д приведена схема условного обозначения болтов, винтов, шпилек и гаек согласно ГОСТ 1759.0—87.

Болты. На рис. 8.42 — примеры различных болтов: а — *рым-болта* (ГОСТ 4751—73*), ввертываемого в тяжелые детали, например в электродвигатели для их подъема и спуска на тросах

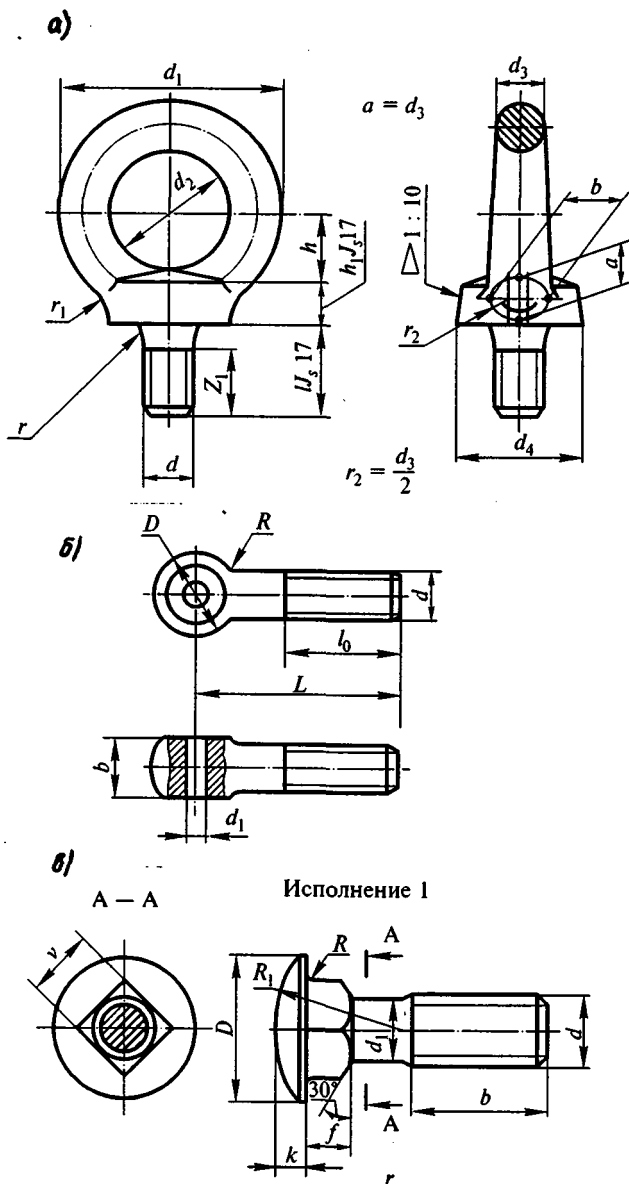


Рис. 8.42

при монтаже; *б* — откидного болта (ГОСТ 3033—79*), позволяющего быстро зажимать или освобождать детали в различных приспособлениях; *в* — болта с полукруглой головкой и с квадратным подголовком (ГОСТ 7802—81*), не требующего зажима головки при завинчивании гайки.

Наиболее широко применяют болты с шестигранной головкой, повышенной, нормальной и грубой точности (классов точ-

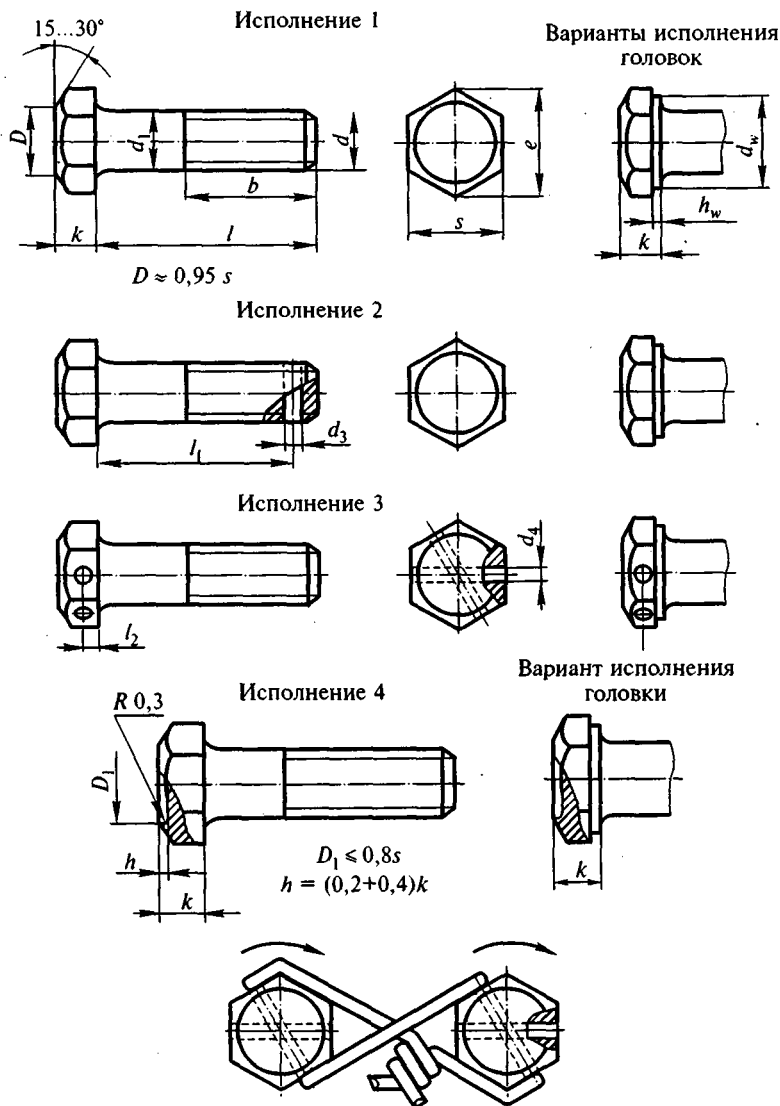


Рис. 8.43 (размеры см. в приложении 2)

ности А, В, С), с нормальной или уменьшенной головкой, с крупным или мелким шагом резьбы, выпускаемые в одном или нескольких исполнениях. Пример такого болта, выпускаемого по ГОСТ 7798—70* (СТ СЭВ 4728—84) в четырех исполнениях, дан на рис. 8.43: 1 — без отверстия в стержне и головке; 2 — с отверстием в стержне под шплинт; 3 — с двумя отверстиями в головке для стопорения проволокой; 4 — с цилиндрическим углублением в головке, с номинальным диаметром резьбы от 6 до 48 мм, длиной от 8 до 300 мм.

Согласно ГОСТ 10549—80*, для шагов 0,5...0,7 катет z равен 0,5 мм; для шагов 0,75...1 — 1,0 мм; для шагов 1,25...1,75 — 1,6 мм; для шага 2 — 2,0 мм; для шагов 2,5...3,5 — 2,5 мм. Подробнее см. в указанном стандарте. Диаметры и шаги для болтов, винтов и шпилек см. на с. 228.

Болт 3М12×1,25—6g×60.109.40Х.016 ГОСТ 7798—70, где 3 — исполнение, 1,25 — мелкий шаг резьбы, 6g — поле допуска, 60 — длина болта, 109 — класс прочности 10.9.40Х — марка стали, 016 — вид покрытия (цинковое, хромированное), толщиной 6 мкм;

Болт М12—6g×60.58 ГОСТ 7798—70 — болт исполнения 1 (не указывают) с крупным шагом (не указывают), длиной 60 мм, класс прочности 5.8, без покрытия.

Класс точности (в данных примерах В) и размеры головки (в данных примерах — нормальной) определены номером стандарта. Если заменить в приведенном обозначении ссылку на ГОСТ 7798—70 ссылкой, например, на ГОСТ 7805—70* (СТ СЭВ 4727—84), то она определит такой же болт, в том же исполнении, но повышенной точности (класса А) и с уменьшенной головкой под ключ.

Этот пример показывает, как важно точно записывать условное обозначение любого изделия, для которого оно установлено стандартом.¹

На учебных чертежах принимают, что болты изготовлены из углеродистой стали класса прочности 5.8 и что они не подвергались покрытию.

Таблица поясняет значение указываемых в обозначениях резьб полей допусков (бывш. 1, 2, 3-го классов точности).

24 — номинальный наружный диаметр резьбы, $d = 24$ мм, $p = 3$ мм

Болт	4h	6h	6g	8g
Верхнее отклонение МКМ	0	0	—48	48
Нижнее отклонение МКМ	—236	—375	—423	—648
Гайка	4H5H	6H	6G	7G
Нижнее отклонение	0	0	+48	+48
Верхнее отклонение	+170	+265	+313	+383

¹ Более подробные сведения об обозначении резьбовых изделий и наносимых на них знаков см. ГОСТ 1759.0—87.

Примечание. Номинальный размер d_1 (рис. 8.43) равен d , и на учебных чертежах его не указывают. Если резьбу изготавливают накаткой (выдавливанием), то на рабочем чертеже болта указывают размер d_1 , равный приблизительно среднему диаметру резьбы (рис. 8.42).

Однако на чертежах болтов для отверстий из-под развертки (т. е. когда не предусмотрен зазор между стержнем болта и стенкой отверстия) размер d_1 указывают. Пример такого болта, выпускаемого по ГОСТ 7817—80*, дан на рис. 8.44¹. Структура обозначения, как и в приведенных примерах.

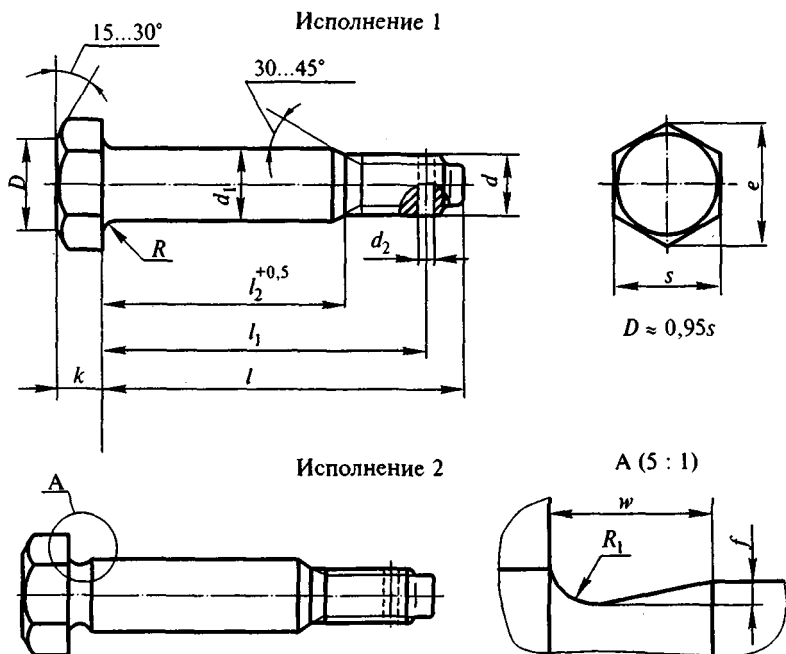


Рис. 8.44

ГОСТ 18125—72* является общим для болтов классов точности В и А (с диаметром резьбы свыше 48 мм). Поэтому в обозначении последних добавляют букву А.

Болт $A2M56 \times 4 - 6g \times 300.07.019$ ГОСТ 18125—72, где А — повышенная точность, 2 — исполнение, 56 — номинальный диаметр резьбы, 4 — ее шаг, 300 — длина болта.

Класс точности В не указывают.

Болт $M56 \times 300.02$ ГОСТ 18125—72, где 07 и 02 — группы материалов по ГОСТ 18126—72*.

Не указывают поле допуска в обозначении болтов грубой точности (класса точности С), изготавливаемых по ГОСТ 15589—70*...15591—70*, в четырех исполнениях, например:

Болт $M24 \times 120.46$ ГОСТ 15591—70.

¹ Исполнение 1 (исполнения 1, а и 2, а без отверстий под шпалит).

Выпускают классов прочности 3.6; 4.6; 5.6, с диаметром резьбы 20... 48 мм.

При записи обозначения необходимо следить, чтобы промежутки между его составными частями не были излишне малыми или большими (рекомендуются равными ширине буквы данного размера шрифта), чтобы знак умножения \times отличался от буквы X , и т. п.

На рис. 8.45 показано выполняемое на учебных чертежах, когда это требует задание, построение дуг гипербол на боковых гранях головки болта, образующихся при сечении конуса вращения (конической фаски) плоскостями (гранями головки), параллельными его оси. Обычно эти дуги заменяют дугами окружностей, определяемыми каждая тремя точками.

Винты подразделяют на *крепежные* и *установочные* (нажимные, регулирующие и др.). На рис. 8.46 — пример винта с риф-

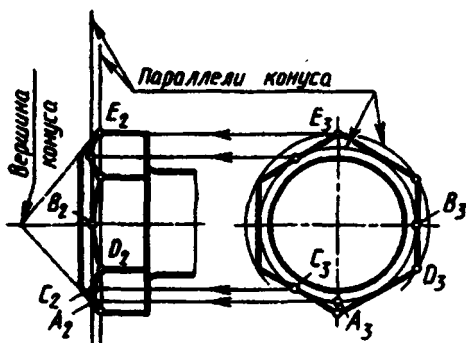


Рис. 8.45

Рифление сетчатое $0,8 \times 45^\circ$
по ГОСТ 21474-75

Исполнение 1

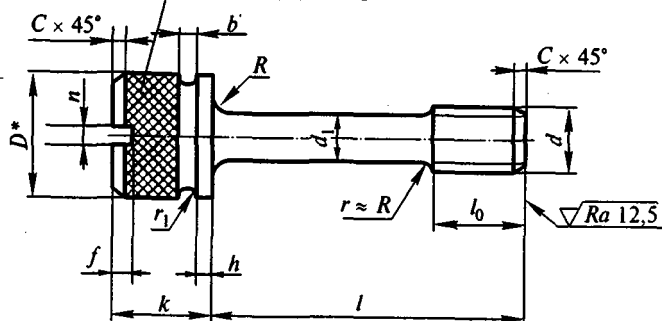


Рис. 8.46

ленной головкой, невыпадающего по ГОСТ 10344—80*, на рис. 8.47 — с квадратной головкой и буртиком по ГОСТ 1488—84*.

Наиболее широко применяют винты крепежные общего назначения с *цилиндрической головкой* по ГОСТ 1491—80* (СТ СЭВ 2653—80), рис. 8.48, а; с *полукруглой* — по ГОСТ 17473—80*, рис. 8.48, б; с *потайной* — по ГОСТ 17475—80* (СТ СЭВ 2652—80), рис. 8.48, в; с *полупотайной* головкой по ГОСТ 17474—80*

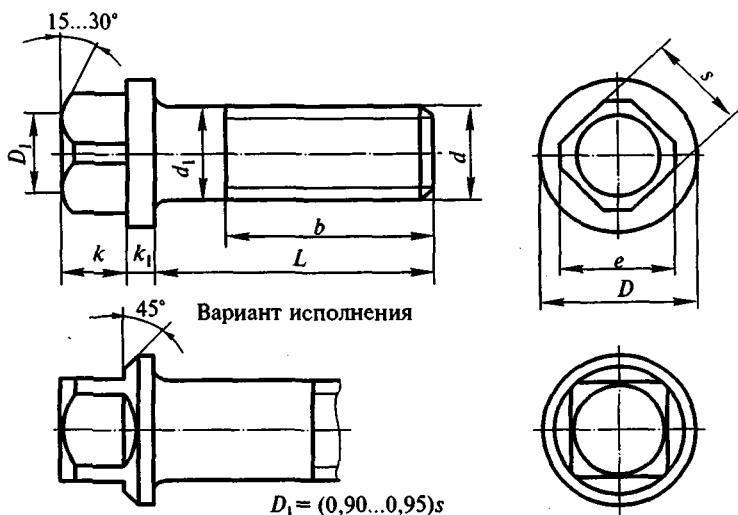


Рис. 8.47

(СТ СЭВ 2655—80), рис. 8.48. *г.* В приведенных примерах d_1 равно или d , или диаметру стержня под накатывание метрической резьбы по ГОСТ 19256—73. У винтов с потайной и полупотайной головкой размер длины l включает размер k . Примеры обозначений:

Винт А. М8—6g×50.48 ГОСТ 1491—80;

Винт В2. М8×1—8g×50.48.016 ГОСТ 17475—80, где А и В — классы точности, 2 — исполнение. Дальнейшие части обозначений пояснений не требуют.

Класс точности в обозначении винтов указывают, так как каждый упомянутый стандарт содержит данные на винты обоих классов.

Аналогичные структуры обозначений имеют винты установочные. Выпускают их с различной формой головки и конца — с плоским, коническим, цилиндрическим и др. (рис. 8.49)¹. Примеры обозначения (рис. 8.47):

Винт А. М10—6g×25.45Н.05 ГОСТ 1488—84;

Винт В. М10—6g×25.14Н ГОСТ 1488—84,

где А и В — классы точности, 45Н и 14Н — классы прочности, 05 — покрытие.

Шурупы — винты для скрепления деревянных и пластмассовых деталей, а также металлических с ними, выпускают с полукруглой ГОСТ 1144—80* (СТ СЭВ 2329—80), потайной ГОСТ 1145—80* (СТ СЭВ 2327—80), полупотайной ГОСТ 1146—80* (СТ

¹ См. ГОСТ 12414—66* (СТ СЭВ 215—82). Концы болтов, винтов и шпилек.

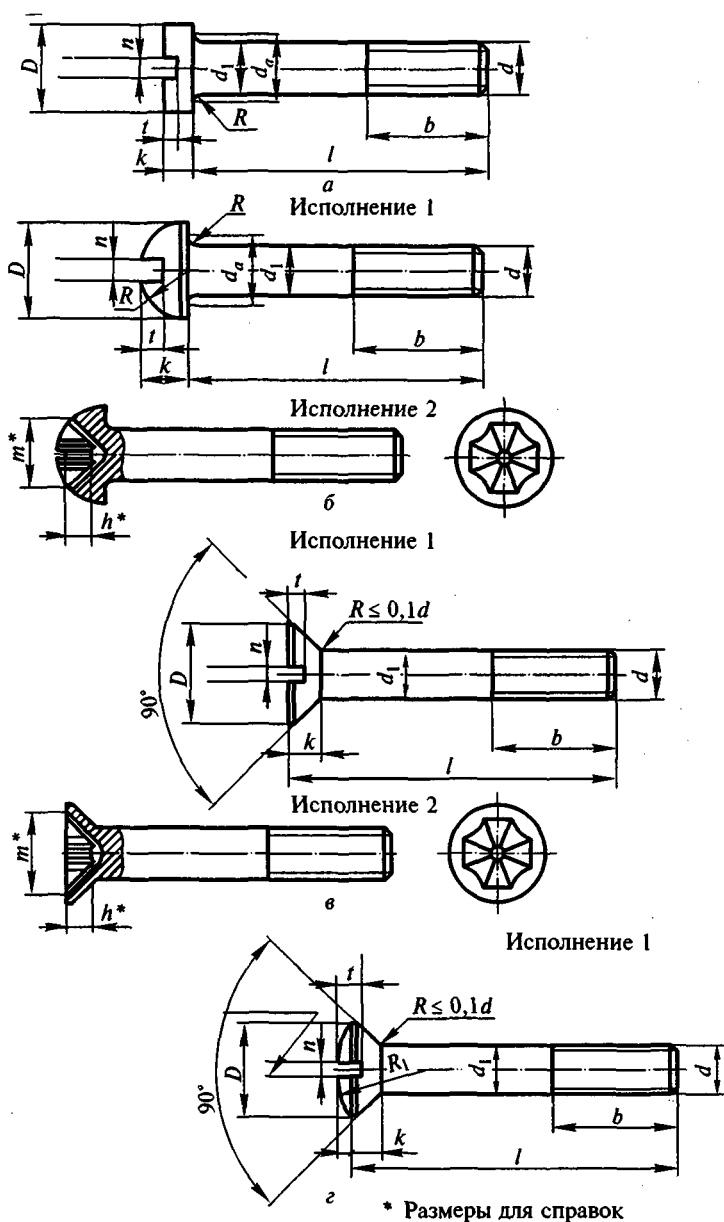


Рис. 8.48

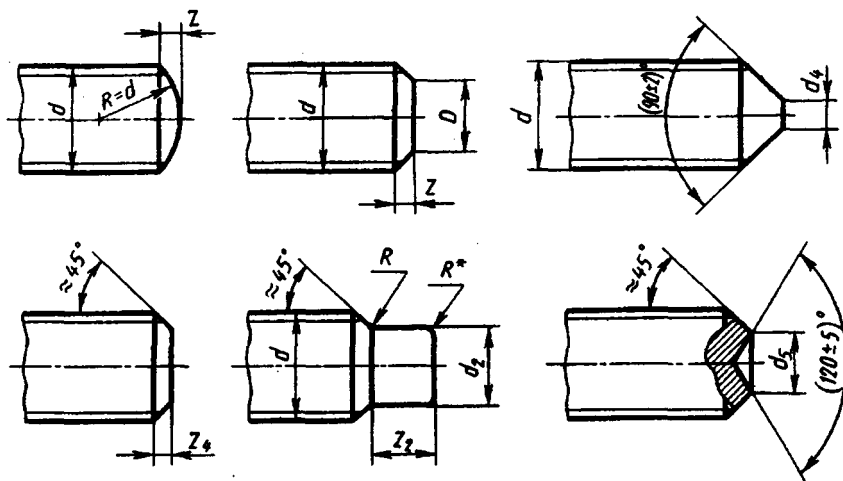


Рис. 8.49

СЭВ 2328—80) головкой, в четырех исполнениях, с диаметром стержня 1,6...10 мм и длиной 7...100 мм; с шестигранной головкой ГОСТ 11473—75* (СТ СЭВ 2330—89), в одном исполнении, с диаметром стержня 6...20 мм и длиной 20...200 мм. Изготавливают из углеродистых (в обозначении не указывают) или коррозионных сталей (обозначают цифрой 2) и латуни (обозначают цифрой 3). Примеры обозначений:

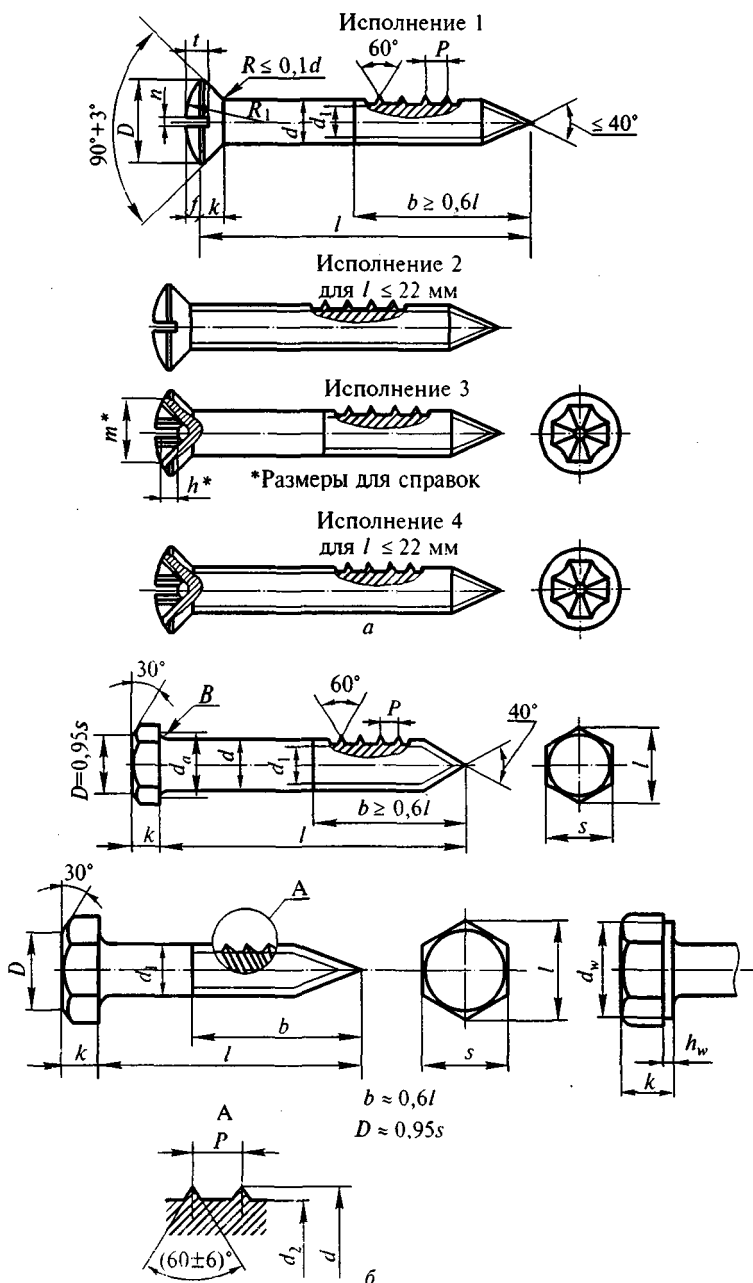
Шуруп 1—3×20 ГОСТ 1146—80 (рис. 8.50, а), где 1 — исполнение, 3 — диаметр, 20 — длина шурупа, изготовленного из углеродистой стали, без покрытия;

Шуруп 4—3×20.2.016 ГОСТ 1146—80, где 4 — исполнение, 3 — диаметр, 20 — длина шурупа, изготовленного из коррозионностойкой стали (2); 016 — покрытие;

Шуруп 8×40.2.016 ГОСТ 11473—75 (рис. 8.50, б).

На сборочных чертежах, по которым винты и шурупы не изготавливают, допускается головки вычерчивать по относительным размерам, причем шлицы изображают линией толщиной $2s$ (рис. 8.51).

Шпильки выпускают по ГОСТ 22032—76*...ГОСТ 22043—76* классов точности А и В с диаметром резьбы 2...48 мм и длиной 10...300 мм, l (рис. 8.52) — длина шпильки, указываемая в обозначении, l_0 — длина гаечного конца (без сбега), l_1 — длина резьбы, включая сбеги ввинчиваемого конца (посадочного) шпильки. При этом $l_1=d$ для ввинчивания в резьбовые отверстия в деталях из стали, бронзы, латуни и титановых сплавов; $l_1=1,25d$ и $1,6d$ — в деталях из ковкого и серого чугуна; $l_1=2d$ и $2,5d$ — в деталях из легких сплавов. Все стандарты на шпильки содержат только по одному исполнению. Допускается изготавливать шпильки с d_1 приблизительно равным среднему диаметру резьбы d_2 . В обозначении этих шпилек после слова



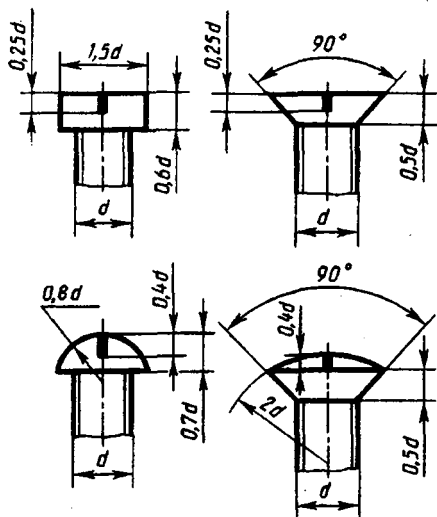


Рис. 8.51

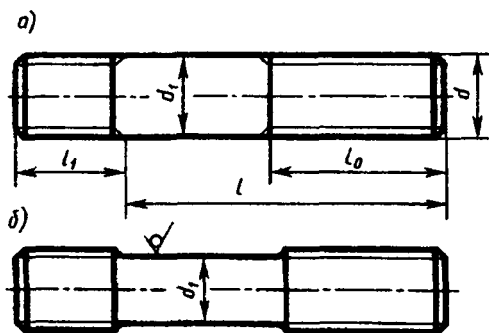


Рис. 8.52

«Шпилька» ставят цифру 2. При применении калиброванного проката поверхность гладкой части стержня d_1 не обрабатывают (см. знак в «состоянии поставки» на рис. 8.52, б). Размеры фасок — по ГОСТ 10549—80* (см. с. 219) как у болтов. Примеры обозначения:

Шпилька М16—6gX120.58 ГОСТ 22032—76;

Шпилька 2М16X1,5—8gX120.109.40X.026 ГОСТ 22032—76.

При выполнении учебных чертежей допускается принимать, что шпильки выполнены из стали прочностью 5.8 и без покрытия; указание поля допуска (оно входит в обозначение) **обязательно**.

Гайки в зависимости от назначения и условий эксплуатации бывают **шестигранные, шестигранные прорезные и корончатые, гайки-барашки** (рис. 8.53, а), **крыльчатые** (б), **круглые шлицевые** (в), **копачковые, квадратные** и др.

Наиболее широко применяют гайки шестигранные, выпускаемые в одном, двух и трех исполнениях (рис. 8.54), повышенной, нормальной и грубой точности (классов точности А, В и С соответственно), нормальной высоты, низкие, высокие и особо высокие (применяют, когда их приходится часто отвинчивать и завинчивать) (рис. 8.55), с нормальным или уменьшенным размером «под ключ», с крупным или мелким шагом. Примеры обозначений (см. рис. 8.54).

Гайка 2М12X1,25—6Н.12.40X.016 ГОСТ 5915—70¹, где 2 — исполнение, 1,25 — мелкий шаг резьбы, 6Н — поле допуска, 12 — класс прочности, 40X — марка стали, 016 — вид и толщина покрытия. Класс точности, высоту гайки, размер «под ключ» определяет стандарт. В данном примере — гайка класса точности В, нормальной высоты (0,8d);

¹ ГОСТ 5915—70* полностью соответствует СТ СЭВ 3683—82, но в обозначения гаек, как и у других крепежных изделий, ссылки на СТ СЭВ не включают.

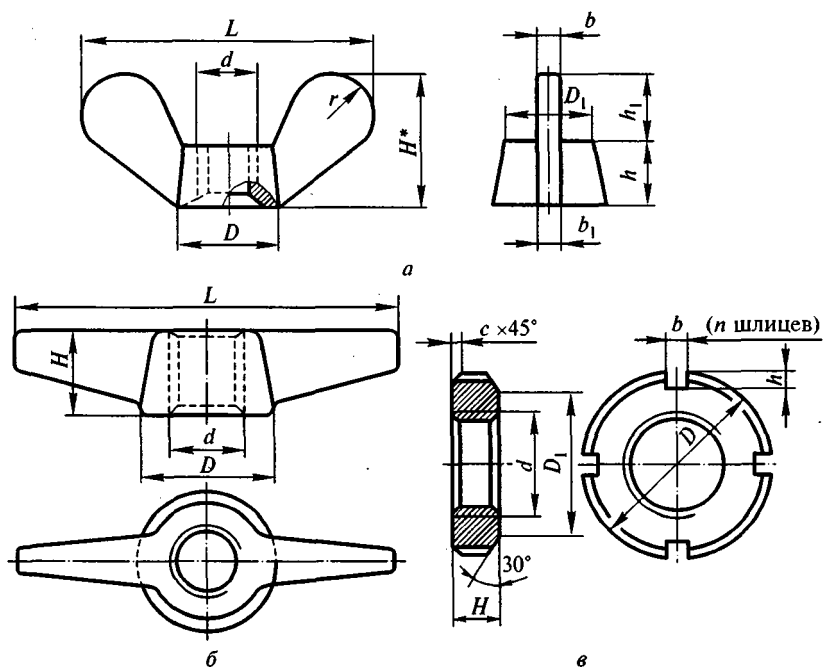


Рис. 8.53

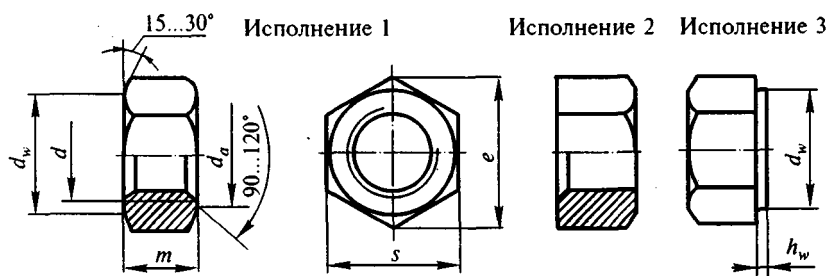


Рис. 8.54

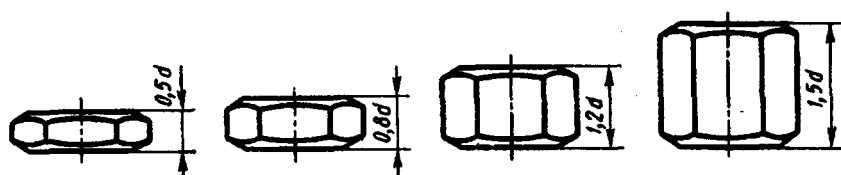


Рис. 8.55 (размеры см. в приложении 3)

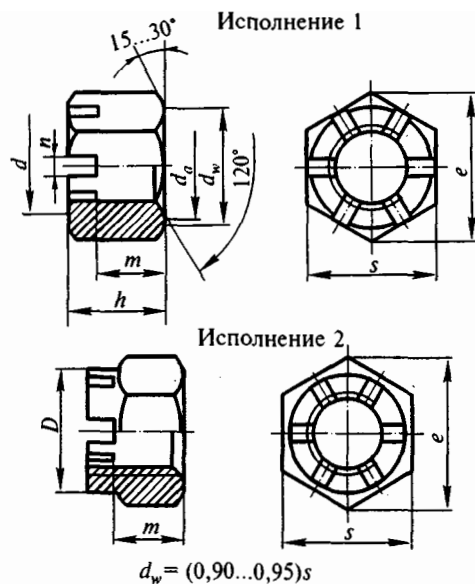


Рис. 8.56

Гайка M12—6H.04 ГОСТ 2526—70, где 1 — исполнение (не пишут), резьба с крупным шагом (не пишут), класс прочности 0,4, без покрытия. Гайка низкая (0,5d), с уменьшенным размером под ключ, класса точности А (определяет номер стандарта).

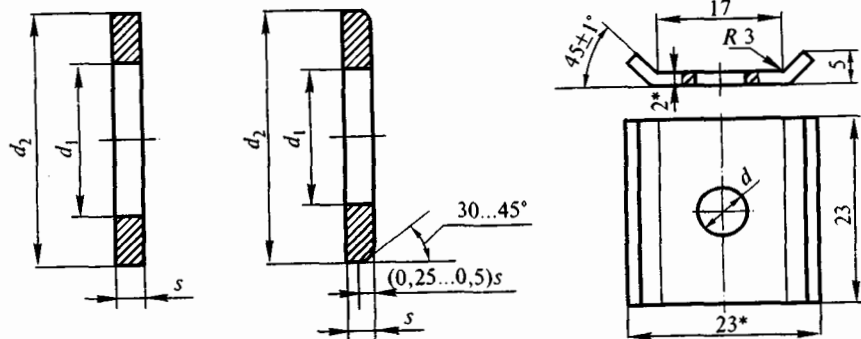
Аналогично обозначают гайки шестигранные прорезные и корончатые (рис. 8.56):

Гайка M12—6H.5 ГОСТ 5918—73, где 1 — исполнение, т. е. гайка прорезная (не пишут);

Гайка 2M12×1,25—6H.5.019 ГОСТ 5918—73, где 2 — испол-

Исполнение 1

Исполнение 2



Класс точности А и С

Класс точности А

*Размеры для справок
б

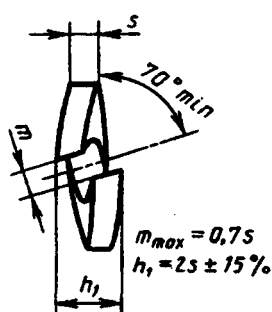
Рис. 8.57 (размеры на шайбы круглые см. в приложении 1)

нение (т. е. корончатая). В обоих примерах — класс точности В, высота и размеры «под ключ» нормальные (определяет номер стандарта).

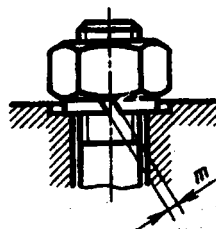
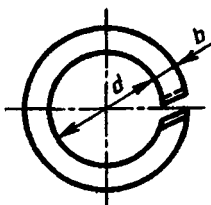
При выполнении *учебных чертежей* допускается принимать, что гайки выполнены из материала класса прочности 5 и не подвергались покрытию.

Дуги кривых на гранях гаек — дуги гипербол, их, как правило, заменяют дугами окружностей.

Шайбы применяют для предохранения поверхности детали от повреждения гайкой при затяжке последней и увеличения опорной площади гайки, головки болта или винта, для устранения возможности самоотвинчивания гаек при испытываемых ими вибрациях, изменения температуры в других случаях. Различают шайбы круглые (рис. 8.57, а), квадратные (рис. 8.57, б), пру-



Исполнение 1



жинные (представляющие собой виток винтового выступа левого направления) (рис. 8.58), многолапчатые (рис. 8.59), стопорные, сферические, устраняющие перекос шпильки или болта при изменении положения части соединенных деталей (рис. 8.60), быстростъемные (рис. 8.61), косые (рис. 8.62) для выравнивания уклонов полок швеллеров и двутавровых балок и др.

Изготавливают шайбы вырубкой из листового материала (металла, кожи, резины, пластмассы) или точением из пруткового металла, в частности калиброванного. Примеры обозначений¹:

Шайба А.12.01.08кп.016 ГОСТ 11371—78 (рис. 8.57, а), где исполнение 1 (не указывают), для крепежной детали с диаметром резьбы 12 мм, с толщиной, установленной стандартом, из стали марки 08кп (указывают для групп 01, 02, 11, 32, так как

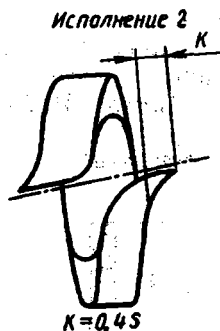


Рис. 8.58

¹ См. ГОСТ 18123—82* (СТ СЭВ 219—87). Шайбы. Общие технические требования.

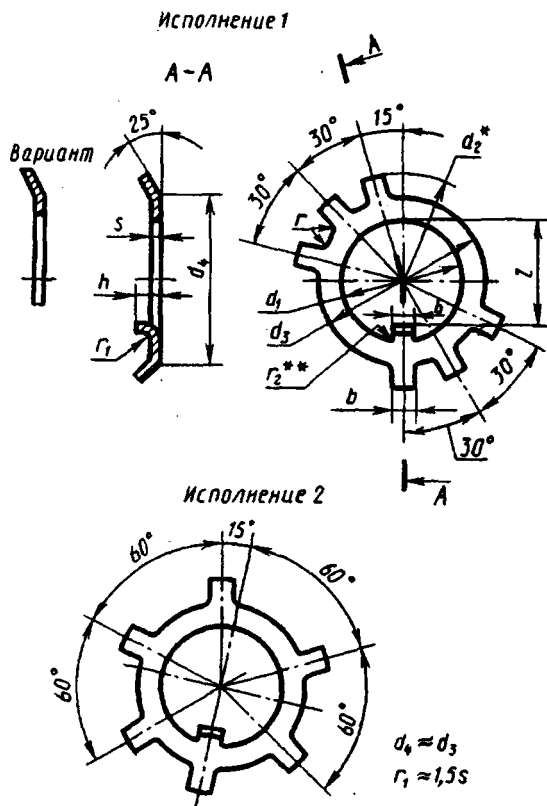


Рис. 8.59

каждая из них содержит по две марки стали); 016 — покрытие. То же, исполнения 2 (класса точности А):

Шайба 2.12.01.08кл. 016 ГОСТ 11371—78.

Фактический диаметр отверстия в шайбах немного больше указываемого в обозначении на 0,5...2 мм в зависимости от диаметра резьбы.

Аналогично обозначают шайбы многолапчатые (имеют по одному исполнению):

Шайба 64.02. Ст3.016 ГОСТ 11872—89 (см. рис. 8.59), где 64 — диаметр резьбы круглой шлицевой гайки, 02 — группа материала.

Пример обозначения *быстросъемной шайбы* (см. рис. 8.61):

Шайба 5.03.016 ГОСТ 11648—75, где 5 — диаметр d отверстия, согласованный с диаметром d_1 проточки на валу.

Пружинные шайбы (см. рис. 8.58) выпускают четырех типов: легкие (Л), нормальные (Н), тяжелые (Т); особо тяжелые (ОТ). Пример обозначения:

Шайба 12 65Г ГОСТ 6402—70, где 12 — диаметр резьбы кре-

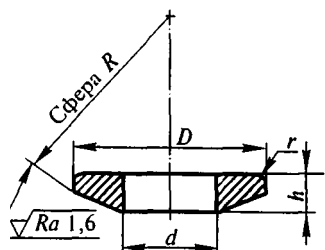


Рис. 8.60

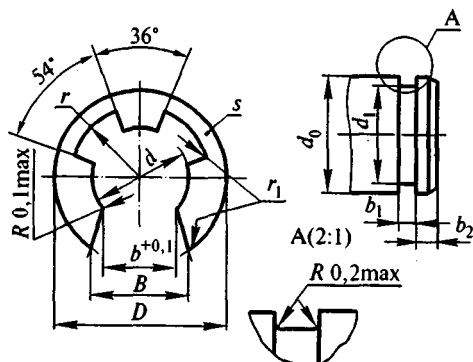
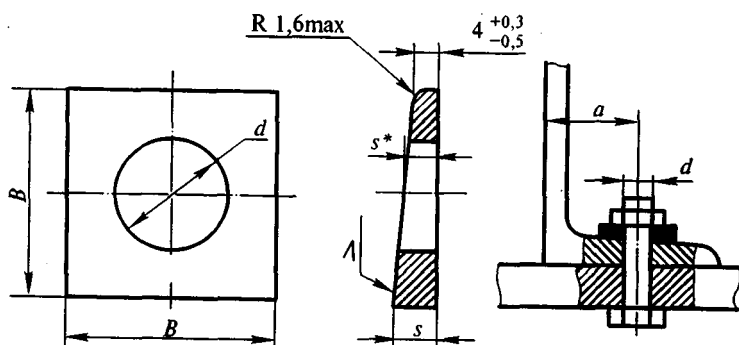


Рис. 8.61



*Размеры для справок

Рис. 8.62

пешной детали, 65Г — марка стали (пружинная марганцовистая). Исполнение 1 не пишется, шайба нормального типа (литеру Н не указывают), без покрытия. Запись в обозначении, например, 12Т определит шайбу тяжелого типа. На рис. 8.58, а — шайба пружинная исполнения 2.

Шайбы типа, показанного на рис. 8.57, б, обозначают:

Шайба 6 ГОСТ 24197—80, где 6 — диаметр отверстия. Материал не указан, так как он предусмотрен стандартом (СтЗпк по ГОСТ 380—71**). При применении спокойной стали после размера диаметра отверстия ставят букву С, например 6С. На учебных чертежах обычно принимают, что шайбы не имеют покрытия.

ГОСТ 6402—70* дополнен данными о пружинных шайбах исполнения 2.

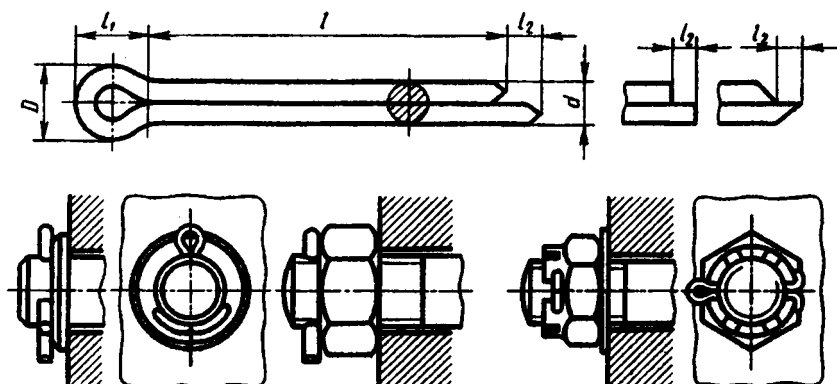


Рис. 8.63

Шплицы (рис. 8.63) применяют для предупреждения самоотвинчивания прорезных или корончатых гаек при вибрации изделия, а также для контровки в случаях, показанных на рисунке.

Изготавливают их по ГОСТ 397—79* (СТ СЭВ 220—75) с условным диаметром 0,6...20 мм и длиной 4...280 мм из низкоуглеродистой (в обозначение не входит) или коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т (2), латуни марки Л63 (3), сплава АМЦ (4). Примеры обозначения:

Шплиц 5×45.3.036 ГОСТ 397—79, где 5 — условный диаметр шплица, т. е. диаметр отверстия в крепежной детали, в которое будет вставляться шплиц (действительный диаметр шплица в данном примере равен 4,4...4,6 мм), 45 — длина, 3 — условное обозначение материала (Л63), 036 — никелевое покрытие толщиной 6 мкм;

Шплиц 5×40 ГОСТ 397—79 — шплиц из углеродистой стали, без покрытия. Такое обозначение стальных шплицов обычно применяют на учебных чертежах.

Размеры шплицов в зависимости от диаметра резьбы болта или шпильки приведены в стандартах на гайки прорезные и корончатые. Так, для диаметра резьбы 12 мм шплиц имеет размеры 3,2×32 (25), для 16 — 4×36 (32), для 20 — 4×40 (36), для 24 — 5×45 (40), для 30 — 6,3×63 (50) мм; числа в скобках — для корончатых гаек.

Рис. 8.64 иллюстрирует согласование диаметра (3,2) отверстия в болте или шпильке с шириной прорези (3,5) в гайке и диаметром (2,9—2,7) шплица. Длина шплица — 32 мм для прорезной и 25 — для корончатой.

Штифты применяют для точного фиксирования деталей, они позволяют при необходимости разъединения деталей повторную сборку с сохранением точности их расположения.

Подразделяют штифты на цилиндрические и конические (конусность 1:50), с наружной или внутренней резьбой на их концах или без нее, с насечкой на посадочных поверхностях или без

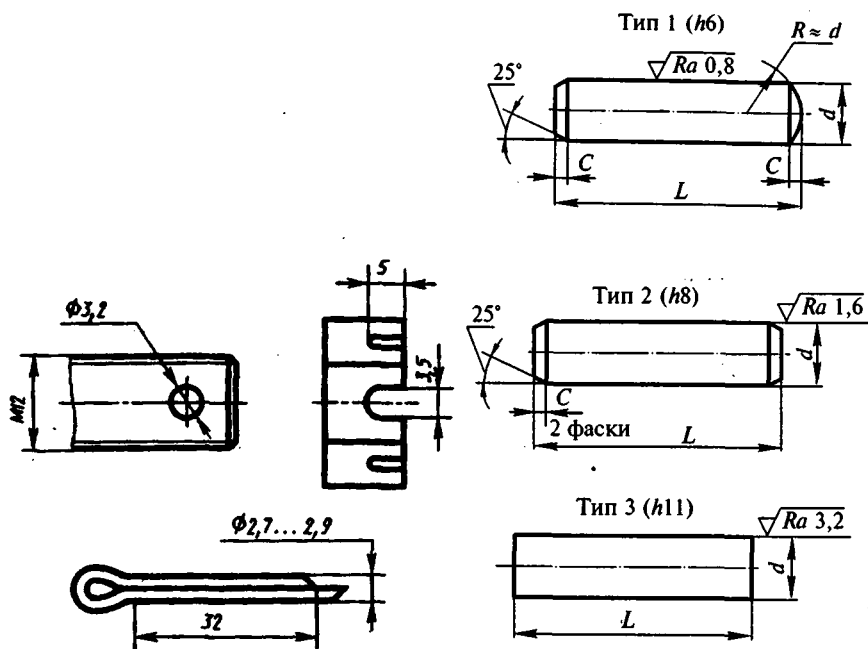


Рис. 8.64

Рис. 8.65

нее, пружинные и др. Конические соединения проще в изготовлении и допускают неоднократную разборку и сборку изделия. В этих случаях штифты в одну из деталей устанавливают с натягом, в другую — с зазором.

Примеры обозначения наиболее широко применяемых закаленных штифтов из стали 45:

Штифт 10×60 ГОСТ 3128—70 (рис. 8.65), где 10 — диаметр, 60 — длина.

В отличие от обозначения цилиндрических штифтов в обозначении конических указывают тип штифта (тип 1 не указывают), определяющий и поле допуска, в данном примере штифт типа 2 с полем допуска *h11*;

Штифт 2. 10×60 ГОСТ 3129—70 (рис. 8.66).

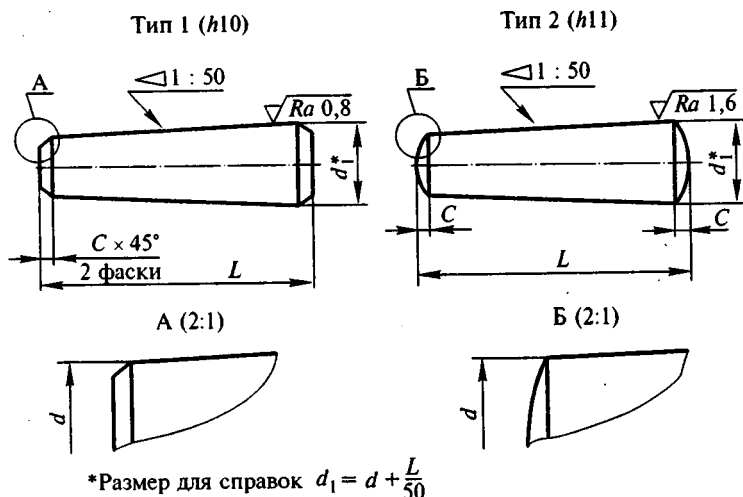
Примечание. В обозначения этих стандартов входят и обозначения СТ СЭВ 238—85, 239—75 и 240—75, но в обозначении штифтов их не указывают.

Пример обозначения пружинного штифта:

Штифт 5×20 65Г ГОСТ 14229—78 (рис. 8.67).

Отверстия под штифты сверлят в соединяемых деталях одновременно, как правило, с последующим развертыванием (для доведения размера отверстия до необходимой точности). Поэтому размеры отверстий указывают только в сборочных чертежах, на чертежах же деталей их не указывают (см. рис. 11.10).

На деталях с левой резьбой согласно ГОСТ 1759.0—87* нано-



сят на торцевой поверхности головки болта, винта, гайки и на торце гаечного конца шпильки знак левой резьбы в виде стрелки, показывающей направление ввинчивания болта, винта, шпильки и навинчивания гайки (рис. 8.68, а, б). Стрелка может быть заменена надрезами на ребрах шестигранных болтов и гаек (рис. 8.68, в). На рис. 8.68, а, б показаны также места (два

варианта) нанесения клейма изготовителя и знака прочности на головках болтов и на гайках. У шпильки эти знаки наносят на торце гаечного конца.

На других деталях с левой резьбой должны быть нанесены согласно ГОСТ 2904—45 метки в виде прорезей и канавок. Их размеры зависят от диаметра резьбы.

8.7. Соединение деталей

болтами, винтами и шпильками. Различают два случая: когда диаметр отверстия больше диаметра стержня крепежной детали (рис. 8.69) и когда их номинальные размеры равны (рис. 8.70). Величину d_k выбирают в зависимости от требуемой точности сборки по ГОСТ 11284—75* (СТ СЭВ 2515—80). Так, например, для диаметра стержня d крепежной детали (болта, винта, шпильки), равного 10 мм, $d_k=10,5; 11$ и 12 ; для $d=12-d_k=13, 14$ и 15 ;

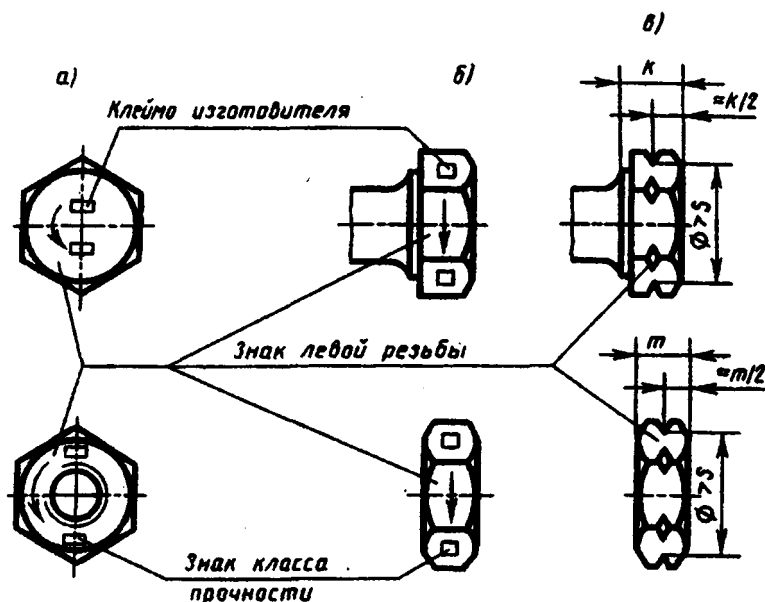


Рис. 8.68

для $d=16$ — $d_h=17$, 18 и 19; для $d=20$ — $d_h=21$, 22 и 24 мм и т. д. Если зазор на чертеже (при его изображении) получается меньшим 1 мм, то его слегка увеличивают.

В соединениях без зазора необходимо устранять контакт кромки отверстия с галтелью под головкой болта или винта (рис. 8.70), руководствуясь ГОСТ 24670—81 (СТ СЭВ 1014—78).

Размеры сквозных квадратных и продолговатых отверстий см. в ГОСТ 16030—70*.

В сборочных чертежах соединения крепежными деталями, как правило, изображают с упрощенными или условными знаками (если диаметр резьбы на чертеже меньше 2 мм), установленными ГОСТ 2.315—68* (СТ СЭВ 1978—79), а в специфика-

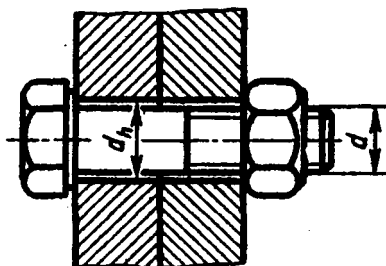


Рис. 8.69

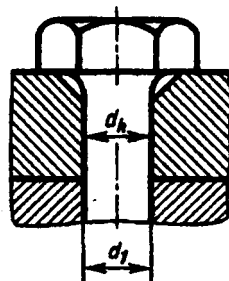
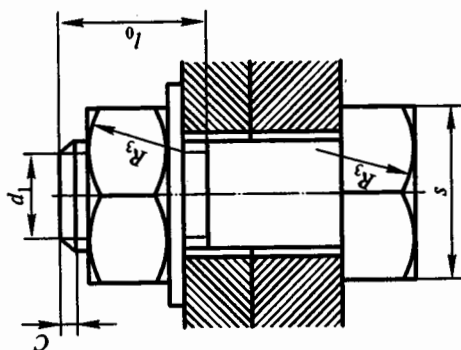
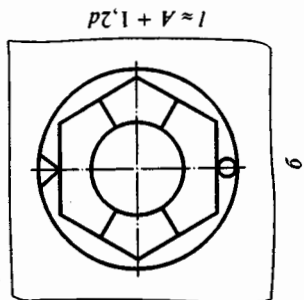
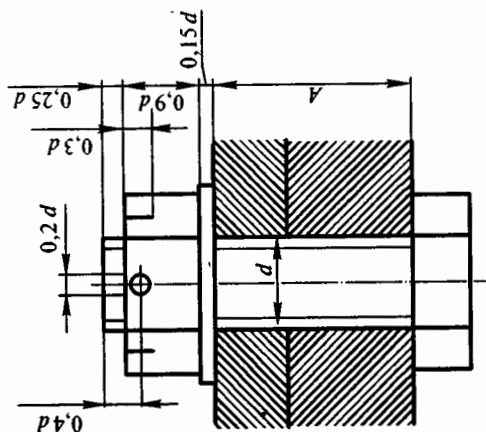


Рис. 8.70



$$l_0 = 2d + 6 \text{ mm}$$

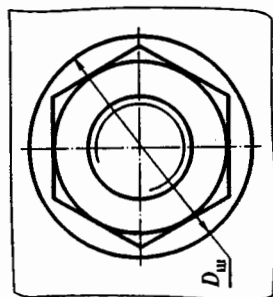
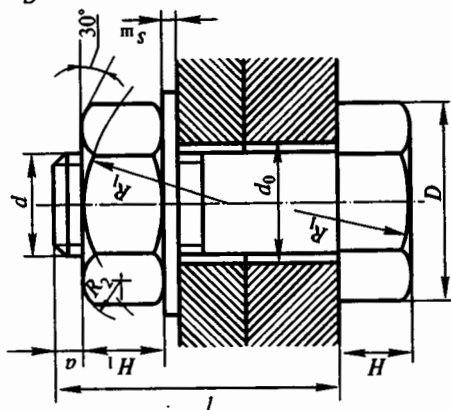
$$d_1 = 0.85d$$

$$s \approx 1.7d$$

$$R_1 = 1.5d$$

$$R_3 \approx d$$

$$s_w = 0.15d$$



a

Рис. 8.71

циях, прилагаемых к сборочным чертежам, приводят условные обозначения, позволяющие судить о действительных формах и размерах крепежных деталей.

По размерам, взятым из соответствующих стандартов, изображения крепежных деталей строят только на рабочих чертежах, по которым их будут изготавливать.

На учебных чертежах изображение болтового соединения обычно строят по относительным размерам, являющимся функциями диаметра резьбы (рис. 8.71, а)¹ и округляемым при расчетах до целых чисел. Эти относительные размеры используют только для построения изображения и на чертежах их указывать нельзя.

На рис. 8.71, б приведено упрощенное изображение болтового соединения. На нем не показаны фаски, зазоры между стержнем болта и отверстием, резьба нанесена на всей длине стержня, на виде сверху не показан внутренний диаметр резьбы, корончатая гайка изображена, как и прорезная.

На рис. 8.71, б приведена формула для подсчета длины болта по заданной величине A — толщине скрепляемых деталей.

В случаях, аналогичных показанному на рис. 8.73, предусматривают возможность затяжки гайки.

На рис. 8.74, а дано изображение соединения винтом, построенное по размерам, взятым из соответствующих стандартов, на рис. 8.74, б — упрощенное изображение, на рис. 8.74, в — условное.

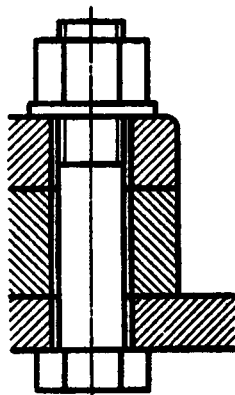


Рис. 8.72

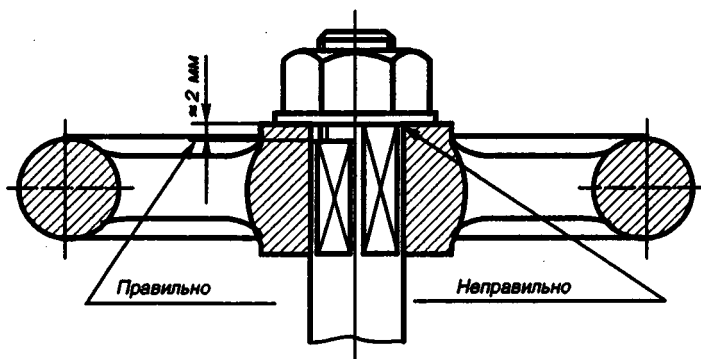


Рис. 8.73

¹ Эти соотношения содержались в ОСТ 356 (1928 г.), и хотя этот стандарт давно отменен, его широко используют в практике. Больше приближение к действительным размерам диаметров гаек, головок болтов и шайб получим, если принять $D \approx 2d, \approx 1,7d$ и $D_{ш} \approx 2,2d, \approx 1,9d$ (рис. 8.72), однако эти соотношения требуют несколько большей затраты времени на построение изображения.

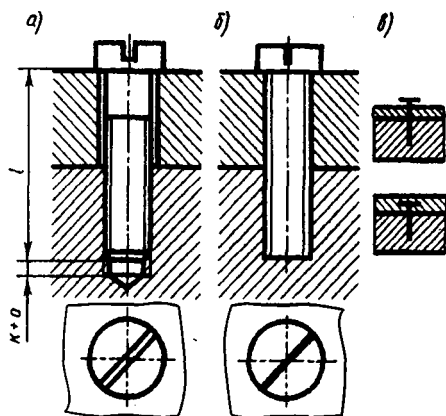


Рис. 8.74

Шлицы изображают линиями контура удвоенной толщины (как правило, во всех случаях и на всех изображениях, см. рис. 8.51, а). Изображение соединения винтом по рис. 8.74, а применяют только в ответственных случаях. На учебных чертежах обычно величину $k+a$ принимают равной $4P$ или $0,5d$, как показано на рис. 8.74, а.

На рис. 8.75, а изображено шпилечное соединение, построенное по размерам,

взятым из стандартов. Такое изображение применяют на сборочных чертежах только в ответственных случаях. Как правило, пользуются упрощенным изображением по рис. 8.75, в или, когда диаметр резьбы на чертеже в проекции меньше 2 мм, условным по рис. 8.75, г. На учебных чертежах шпилечное соединение обычно изображают, как показано на рис. 8.75, б.

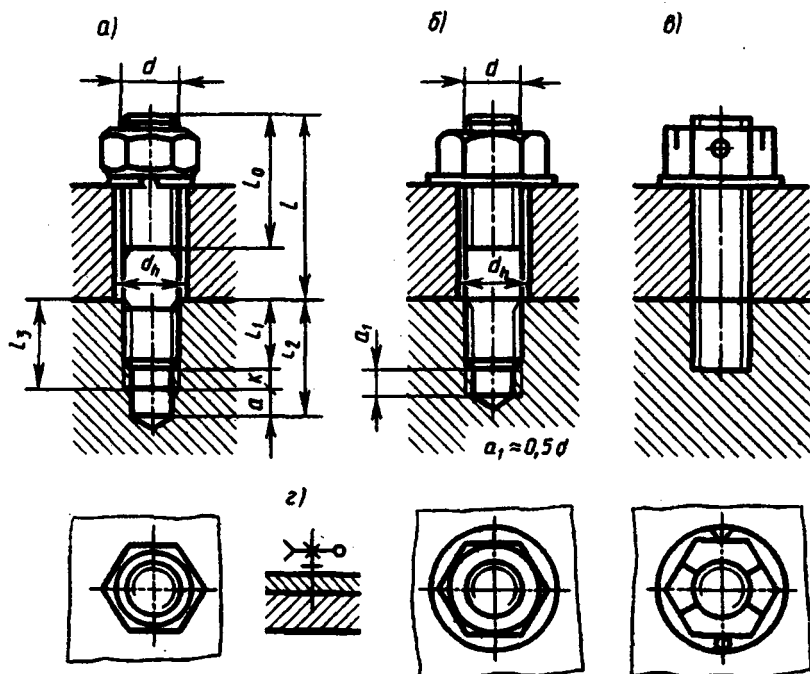


Рис. 8.75

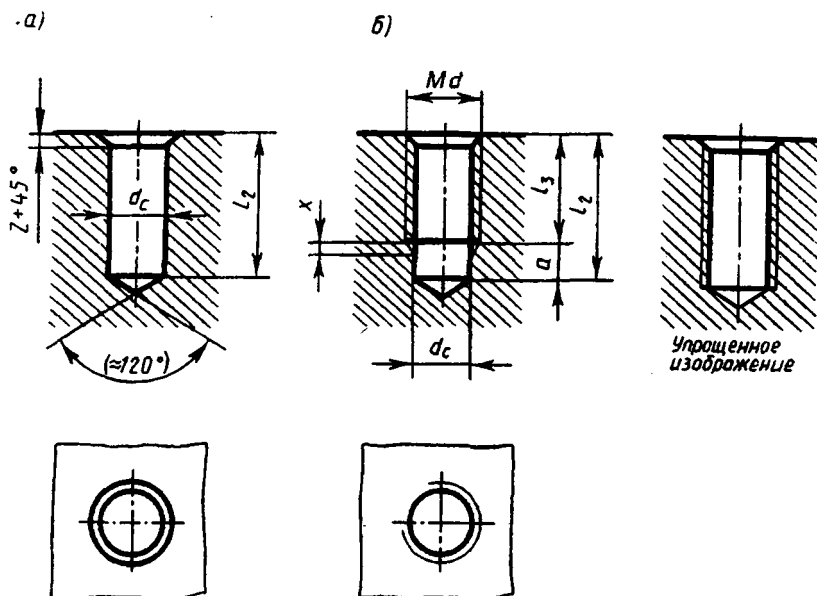


Рис. 8.76

Гнездо под шпильку сначала высверливают¹, затем делают фаску, после чего нарезают резьбу (рис. 8.76, а, б). Глубина сверления l_2 зависит от размера l_1 — ввинчиваемого конца шпильки, запаса k резьбы полного профиля в гнезде, равного двум-трем шагам, и недореза a , зависящего от шага резьбы и равного примерно четырем шагам резьбы (см. табл. 2, ГОСТ 10549—80*). Размеры l_2 и l_3 указывают на чертеже, по которому изготавливают гнездо под шпильку. Дно гнезда имеет коническую форму, размер 120° — условный (угол конуса зависит от угла заточки конического конца сверла, на котором расположены режущие лезвия), поэтому на рабочих чертежах его не указывают, а только используют при изображении гнезда.

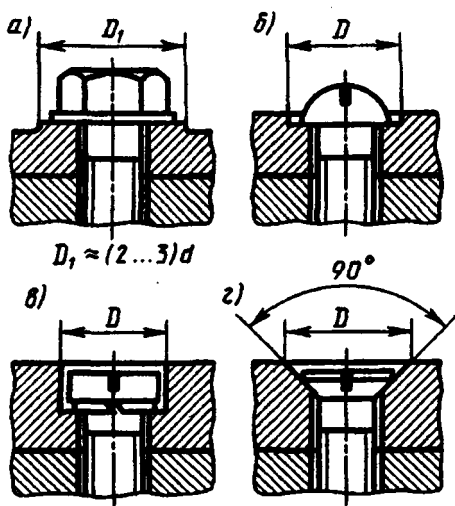


Рис. 8.77

¹ Диаметр сверления зависит от номинального диаметра резьбы, ее шага и требуемой точности изготовления (см. ГОСТ 19257—73).

Головки болтов, винтов и гайки с подложенными под них шайбами или без них могут располагаться на специальных выступках (рис. 8.77, а) или быть частично (рис. 8.77, б) или полностью утоплены (впотай, рис. 8.77, в, г). Размеры выступов, гнезд в таких случаях берут из ГОСТ 12876—67* (СТ СЭ 213—82).

8.8. Соединение шпонками. Шпонки общего назначения по разделениям на призматические, клиновидные и сегментные.

Наиболее широко применяют *призматические: нормальные высоты*, выпускаемые по ГОСТ 23360—78* (СТ СЭВ 189—78) в трех исполнениях (рис. 8.78); *высокие*, выпускаемые по ГОСТ

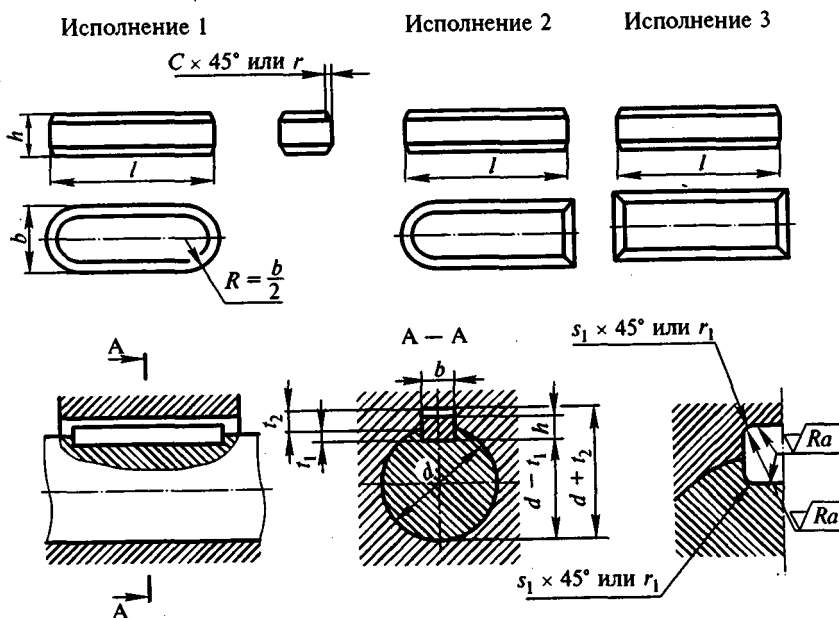


Рис. 8.78

10748—79*; *направляющие с креплением на валу*, выпускаемые по ГОСТ 8790—79* (рис. 8.79) в трех исполнениях.

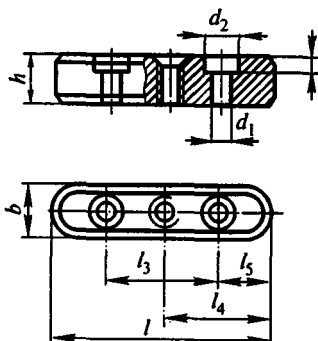
Боковые грани у этих шпонок — рабочие, над верхней имеется зазор (рис. 8.78 и 8.79).

Сечение шпонки зависит от диаметра вала, длина — от передаваемого крутящего момента и конструктивных особенностей соединения, например для диаметра вала 44...50 мм сечении 14×9 мм или 14×12 (для высокой), а интервал длин — 36...160 мм. Примеры обозначений:

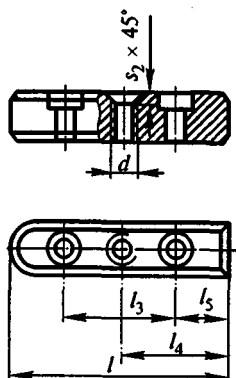
Шпонка 2— $18 \times 11 \times 100$ ГОСТ 23360—78;

Шпонка 2— $18 \times 16 \times 100$ ГОСТ 10748—79;

Исполнение 1



Исполнение 2



Исполнение 3

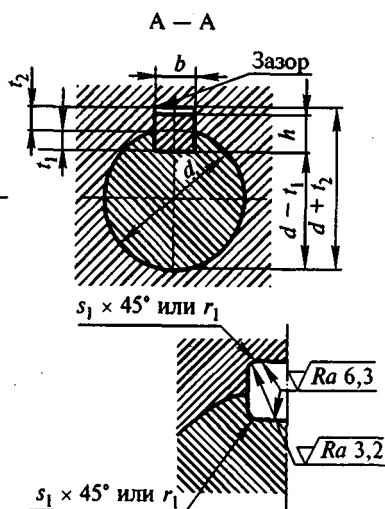
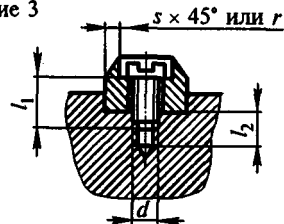
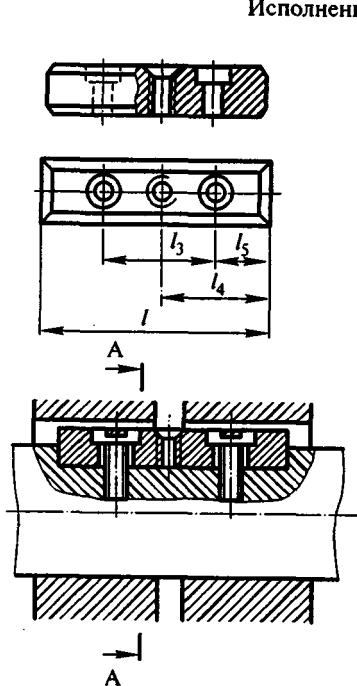


Рис. 8.79

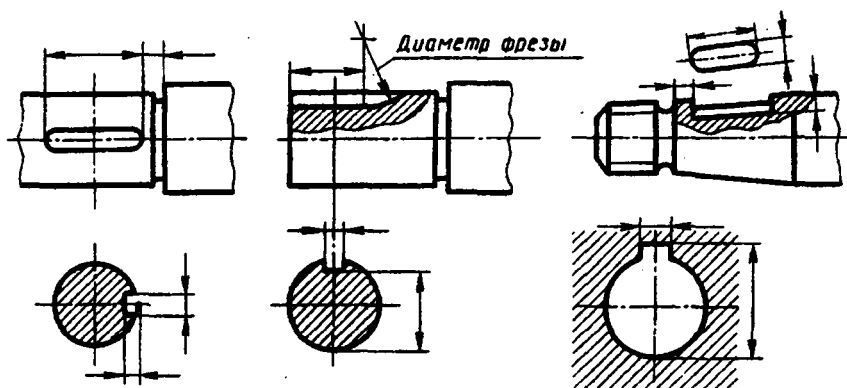


Рис. 8.80

Шпонка 18×11×100 ГОСТ 8790—79, где 2 — исполнение (исполнение 1 не пишут), 18×11 — сечение (18 — ширина), 100 — длина.

На рис. 8.80 даны примеры нанесения размеров шпоночного паза.

Клиновые шпонки выпускают по ГОСТ 24068—80* (СТ СЭВ 645—77) в четырех исполнениях (рис. 8.81). Применяют их в тихоходных механизмах. Рабочие поверхности — верхняя и нижняя грани, между боковыми гранями шпонки и паза — зазоры. Пример обозначения:

Шпонка 4—18×11×100 ГОСТ 24068—80, где 4 — исполнение, 18×11 — размеры сечения (18 — ширина), 100 — длина.

Разновидность клиновидных шпонок — **шпонки тангенциальные** [ГОСТ 24069—80* и 24070—80* (СТ СЭВ 646—77)].

Шпонки сегментные выпускают по ГОСТ 24071—80* (СТ СЭВ 647—77) в двух исполнениях (рис. 8.82). Применяют при передаче небольших крутящих моментов (так как глубокий паз ослабляет вал) на концах валов небольших диаметров ($d \leq 55$ мм). Пример условного обозначения:

Шпонка 5×6,5 ГОСТ 24071—80, где 5 — ширина и 6,5 — высота шпонки (исполнение 1).

На рис. 8.83, а показан процесс фрезерования паза и два случая нанесения его размеров (рис. 8.83, б).

Вопрос. Каково назначение отверстия с резьбой в направляющей шпонке (см. рис. 8.79)?

8.9. Шлицевые соединения. Эти соединения называют *многошпоночными*, в нем шпонки выполнены как одно целое с валом, что позволяет передавать большие крутящие моменты по сравнению со шпоночным соединением. Кроме того, шлицевое соединение хорошо обеспечивает взаимное центрирование втулки (колеса) и вала, что очень важно для валов с большим числом оборотов.

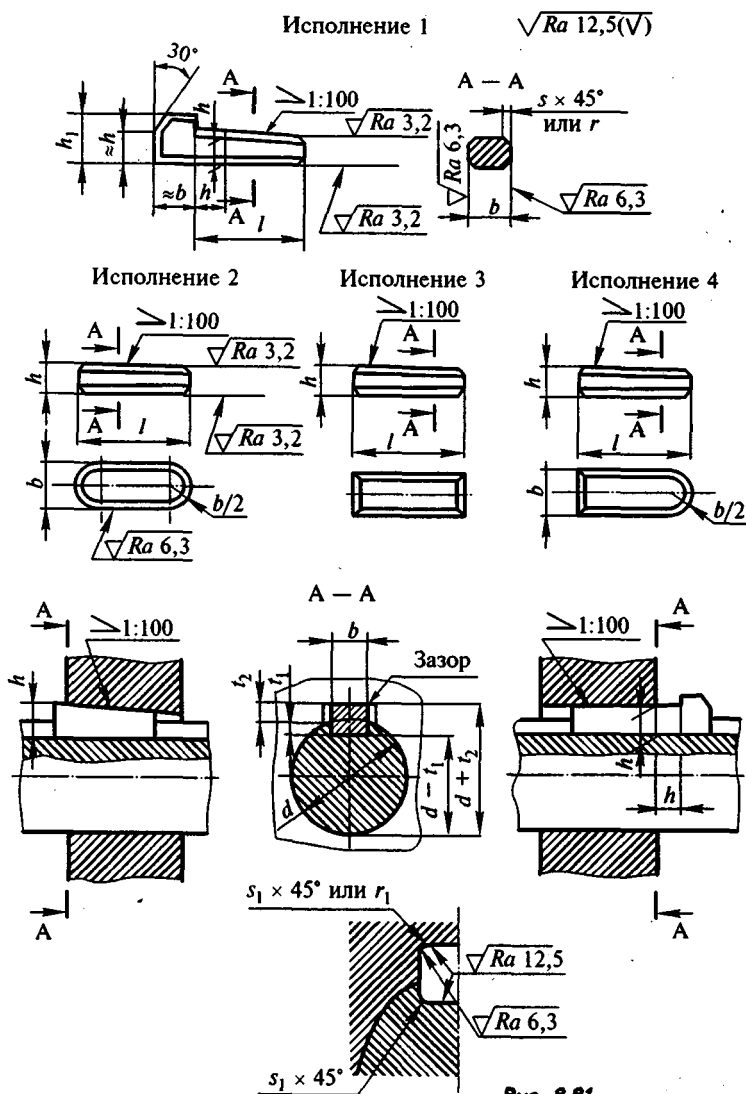


Рис. 8.81

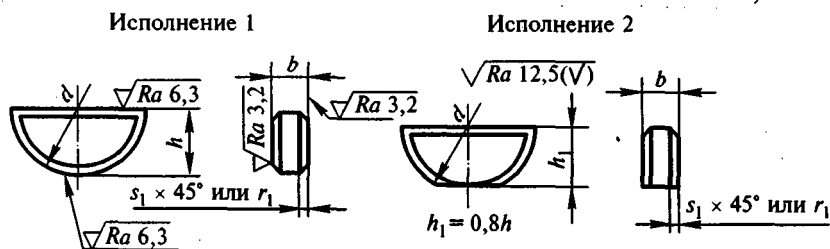


Рис. 8.82

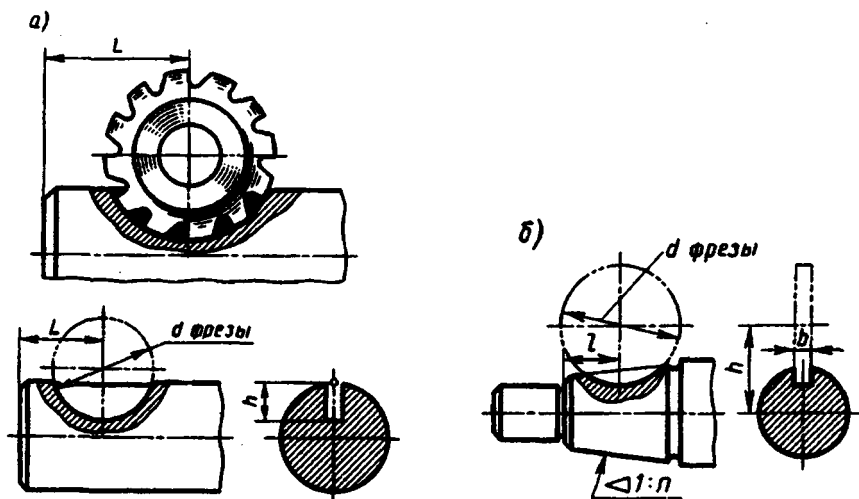


Рис. 8.83

Стандартизованы соединения с *прямобоочным* и *эвольвентным* профилем зубьев. Наиболее широко применяют первое соединение.

Размеры прямобоочных шлицевых соединений установлены ГОСТ 1139—80* (СТ СЭВ 187—75 и 188—75), предусматривающим три исполнения — 1, 2, 3 и три серии соединения — легкую, среднюю и тяжелую.

Основные параметры: число зубьев z , внутренний диаметр d , наружный D , ширина зуба b (рис. 8.84). Для легкой и средней серии $z=6, 8, 10$, для тяжелой — 10, 16 и 20.

Поверхности зубьев вала и втулки могут соприкасаться (центрироваться) по внешнему диаметру D (с образованием зазора по внутреннему диаметру, рис. 8.85, а), по внутреннему диаметру d (с образованием зазора по наружному диаметру, рис. 8.85, б) и боковыми сторонами зубьев (с образованием зазоров по наружному и внутреннему диаметрам, рис. 8.85, в).

Обозначение втулки при центрировании по внутреннему диаметру d :

$d-8 \times 36H7 \times 40H12 \times 7D9$, где d — указывает вид центрирования; 8 — число зубьев; 36 — внутренний диаметр с полем допуска H7; 40 — наружный диаметр с полем допуска H12; 7 — ширина зуба с полем допуска D9; то же, для вала $d-8 \times 36e8 \times 40a11 \times 7f8$, где e8, a11 и f8 — поля допусков d, D, b соответственно.

В обозначении не отражается исполнение зуба — А, В или С (приводится на рабочем чертеже или решает технолог), а серию (устанавливает на основе расчета конструктор) определяют значения z, d и D ; в данном примере числа 8, 36 и 40 относятся к легкой серии.

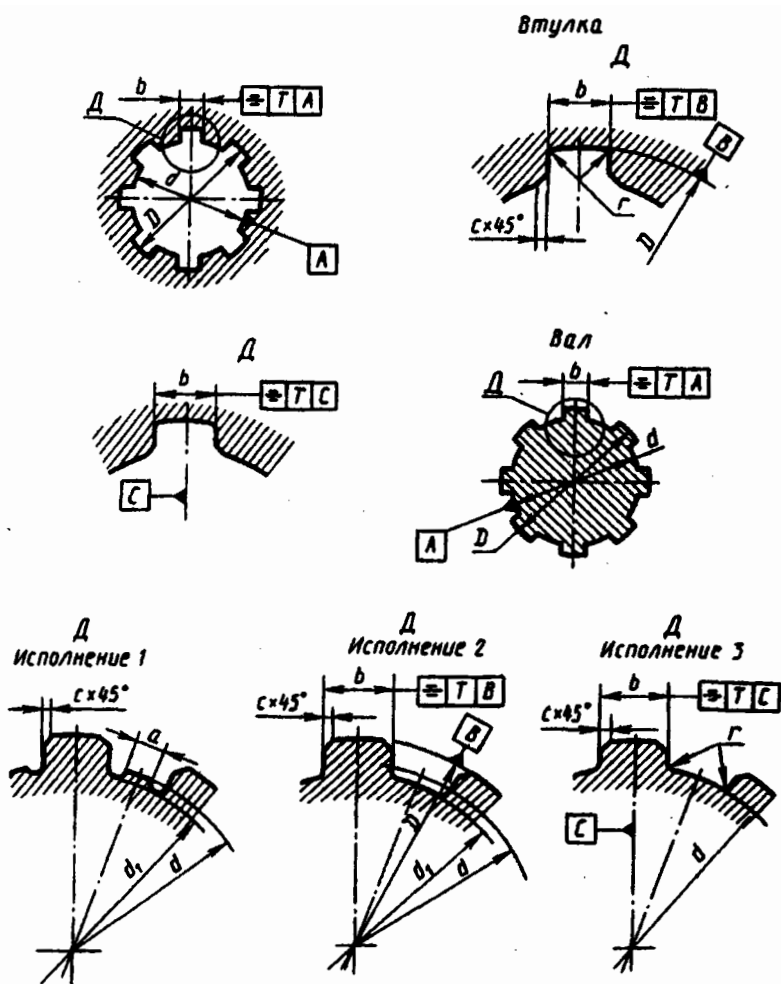


Рис. 8.84

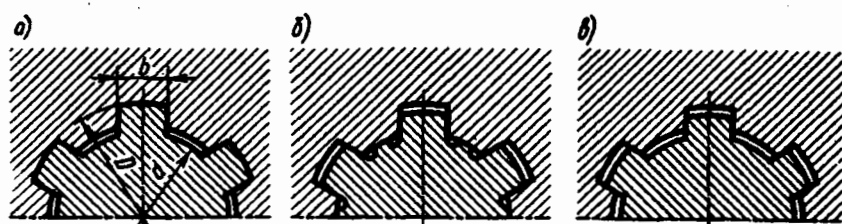


Рис. 8.85

На учебных чертежах обычно ограничиваются указанием числа зубьев, размеров внутреннего и наружного диаметров и ширины зуба: $8 \times 36 \times 40 \times 7$.

Шлицевое эвольвентное соединение с углом профиля 30° (ГОСТ 6033—80*) предусматривает основное центрирование по боковым поверхностям зубьев (рис. 8.86) и допускаемые — по наружному или внутреннему диаметрам.

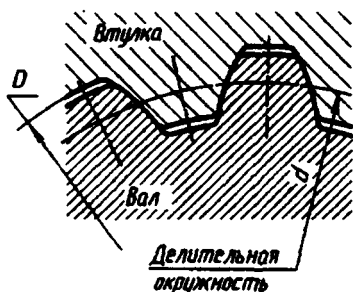


Рис. 8.86

Основные параметры: номинальный диаметр D , модуль m' и число зубьев z . Примеры обозначений:

соединения — $50 \times 2 \times 9H/9g$ ГОСТ 6033—80;

втулки — $50 \times 2 \times 9H$ ГОСТ 6033—80;

вала — $50 \times 2 \times 9g$ ГОСТ 6033—80,

где 50 — номинальный диаметр, 2 — модуль, 9H и 9g — поля допусков.

Число зубьев не указывают, так как оно определено значениями D и m . Вид центрирования (в примере — по боковым поверхностям зубьев) определен значениями полей допусков.

На учебных чертежах обычно ограничиваются указанием D , m и обозначением стандарта.

Шлицевые соединения изображают согласно ГОСТ 2.409—74* (СТ СЭВ 650—77) упрощенно, как показано на рис. 8.87, а (на валу), рис. 8.87, б (в отверстии) и рис. 8.88 (в соединении). В изображениях эвольвентных соединений добавляют делительную окружность, как на рис. 8.88.

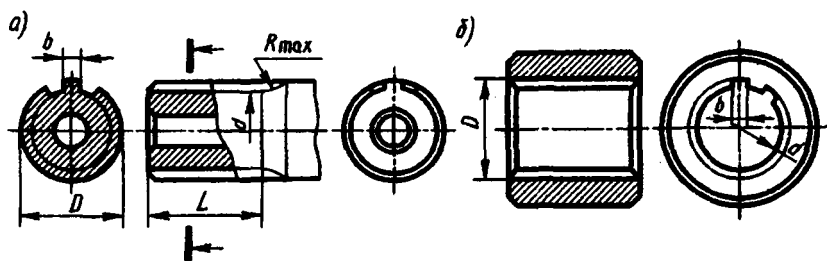


Рис. 8.87

На чертежах, содержащих нестандартизованные шлицевые соединения (например, с треугольным профилем зуба), помещают изображение профиля зуба с впадинами (шлицами) со всеми необходимыми сведениями (рис. 8.89).

8.10. Соединения заклепками. Применяют для деталей из

* Модуль m показывает число миллиметров делительного диаметра, приходящихся на один зуб ($m=d/z$), см. раздел «Зубчатые колеса»

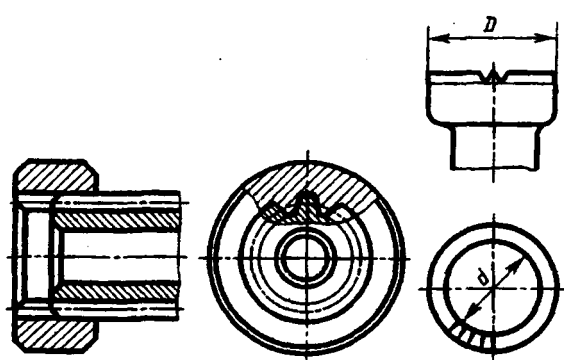


Рис. 8.88

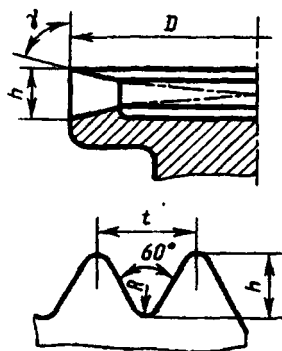


Рис. 8.89

несвариваемых, а также не допускающих нагрева материалов в самых различных областях техники — металлоконструкциях, котлах, судо- и самолетостроении и др. Вытесняются более экономичными сварными и клеевыми соединениями.

Заклепки изготавливают из достаточно пластичных для образования головок материалов: сталей марок Ст2 (условное обозначение — 00), Ст3 (02), стали 10 и 10 кп (01), нержавеющей стали — 12Х18Н9Т (21), латуни — Л63 (32), меди М3 (38), алюминиевых сплавов — Д18 (36), АД1 (37) и др. Материал заклепок должен быть однородным с материалом соединяемых металлических деталей.

Наиболее широко применяют заклепки с *полукруглой* (рис. 8.90, а) по ГОСТ 10299—80* (СТ СЭВ 1019—78), *потайной* (рис. 8.90, б) по ГОСТ 10300—80* (СТ СЭВ 1020—78), *полупотайной* (рис. 8.90, в) по ГОСТ 10301—80* (СТ СЭВ 1022—78) и *плоской* (рис. 8.90, г) головкой по ГОСТ 10303—80*, классов точности В и С, с покрытием или без него. Примеры обозначений:

Заклепка 8Х20.38.М3.136 ГОСТ..., где С — класс точности, 8 — диаметр, 20 — длина, 38 — обозначение группы материала, М3 — марка материала (медь), 136 — обозначение вида и толщины покрытия.

Заклепка 8Х20.00 ГОСТ... класса точности В (не указывают), 8 — диаметр, 20 — длина, 00 — группа материала, в данном случае — Ст2 (марку материала указывают только для групп 01, 03, 38, так как каждая из них содержит по две марки), без покрытия.

Это обозначение обычно применяют на учебных чертежах для заклепок из стали.

Такие же заклепки, но повышенного качества (потайные выпускают с углом 90 и 120°) изготавливают по ГОСТ 14797—85... 14803—85. Обозначают так же, но без указания марок материала, например:

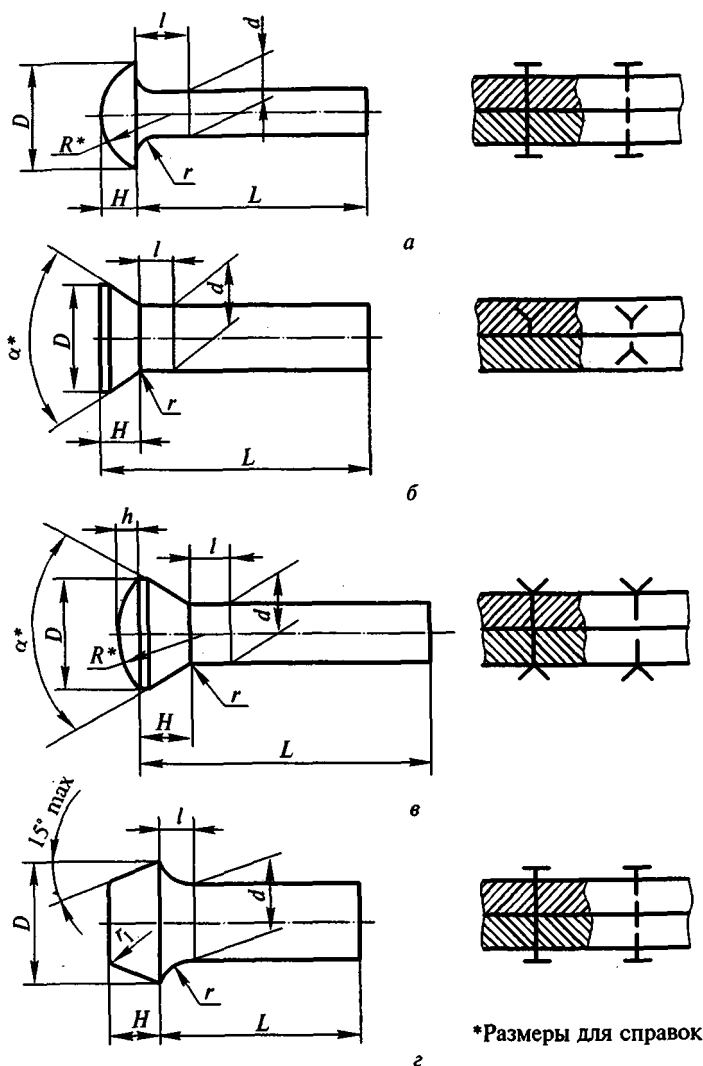


Рис. 8.90

Заклепка 4×8.01 ГОСТ 14797—85.

Стандартизованы *пустотелые* и *полупустотелые* заклепки, выпускаемые по ГОСТ 12638—80*...12641—80* в двух-трех исполнениях. Их применяют для соединения металлических деталей, не требующего высокой плотности, и деталей из легко деформируемых материалов (кож, пластмассы, картона и т. п.). Пример обозначения (рис. 8.91):

Заклепка 3×20.03 ГОСТ 12638—80, где 3 — диаметр, 20 — длина, 03 — группа материала, заклепка исполнения 1 (не ука-

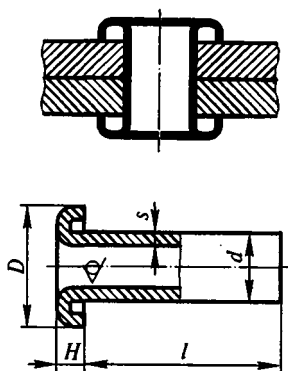


Рис. 8.91

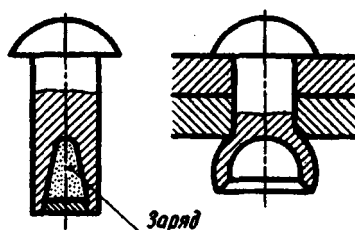


Рис. 8.92

зывают). Марку материала указывают только для групп 01; 04; 21.

В случаях, когда нет доступа к зоне изготовления замыкающей головки, применяют взрывные заклепки (рис. 8.92).

Отверстия под заклепки пробивают или сверлят немного большего размера (на 0,5...1 мм) диаметра заклепки. Свободный конец должен иметь длину, необходимую для изготовления замыкающей головки (рис. 8.93) и выбираемую по ГОСТ 14802—85; например, расчетный диаметр заклепки 10 мм, общая толщина скрепляемых листов — 20 мм. По таблице стандарта находят, что для образования головки требуется 12 мм. Следовательно, общая длина заклепки, указываемая в обозначении, — 32 мм¹. Размеры гнезд под потайные и полупотайные головки находят по ГОСТ 12876—67* (СТ СЭВ 213—62).

По назначению заклепочные швы делят на *прочные*, *плотные*, обеспечивающие герметичность, и *плотно-прочные*; по конструктивным признакам — *одно-, двух-, трехрядные* и т. д.; с листами расположенными *встык* с одной или двумя накладками, *внахлестку* (рис. 8.94), с *цепным* или *шахматным* расположением заклепок и т. д.

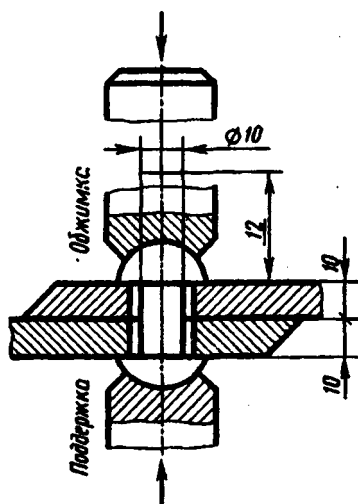


Рис. 8.93

Если шов содержит заклепки одного типа и с одинаковыми

¹ Можно рассчитать по приближенной формуле: $L = s + 1,2d$, где s — толщина пакета; d — диаметр заклепки.

размерами, то на чертежах согласно ГОСТ 2.313—82 (СТ СЭВ 138—81) их обозначают одним из условных знаков, приведенных на рис. 8.90 справа, в одном-двух местах каждого соединения, а в остальных — центровыми или осевыми линиями (рис. 8.94, а). При этом на чертеже наносят размеры (получен-

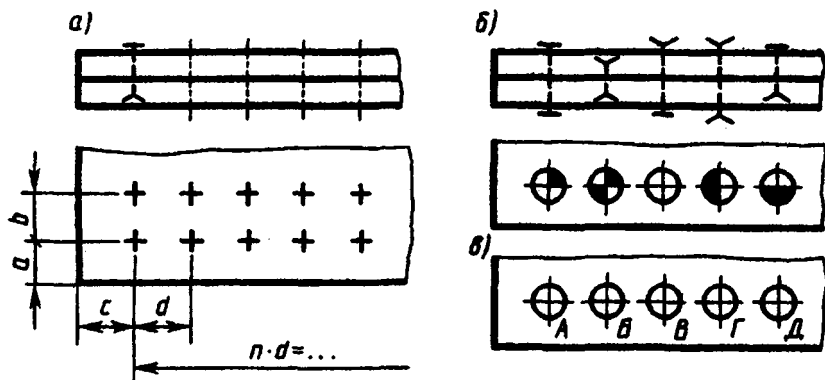


Рис. 8.94

ные расчетом) расстояний между заклепками в ряду, между рядами и от кромок листов.

Если шов содержит несколько групп заклепок различных типов, то поступают так, как показано на рис. 8.94, б или в.

Обозначения заклепок и их количество указывают в спецификации сборочного чертежа (см. п. 11.1), в отдельных случаях — на полках линий-выносок или в табличке, помещаемой на поле чертежа.

8.11. Соединения сварные (ГОСТ 2601—84*). Сварка — один из наиболее прогрессивных способов соединения составных частей изделия — имеет значительные преимущества перед литьем и соединением заклепками. Существует много видов сварки и способов их осуществления, например: *ручная дуговая* (ГОСТ 5264—80*), *автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом* (ГОСТ 11533—75), *дуговая сварка в защитном газе* (ГОСТ 14771—76*), *контактная сварка* (ГОСТ 15878—79) и др. (Подробнее см. ГОСТ 19521—74. Сварка металлов. Классификация.)

Столь же многочисленны и условные обозначения швов сварных соединений и способов сварки, установленные как государственными, так и отраслевыми стандартами.

Здесь приведены основные сведения, достаточные для правильного изображения и обозначения наиболее широко применяемых типов сварки.

Соединения различают: *стыковое* (рис. 8.95, а, б), *нахлесточное* (в, г), *угловое* (д, е), *тавровое* (ж, з), *торцовое* (и). Их обозначают первыми буквами — С, Н, У, Т, Тр соответственно.

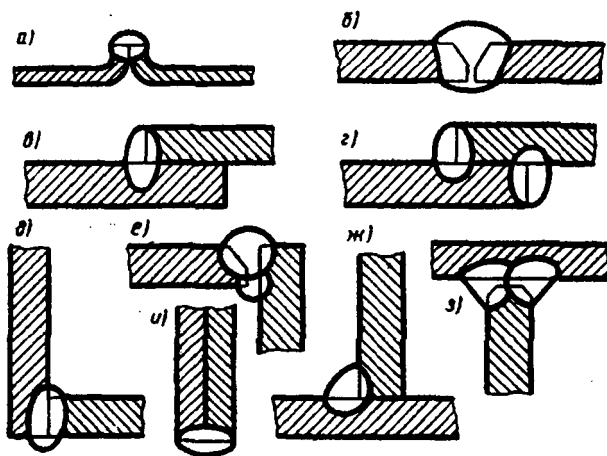


Рис. 8.95

Кромки свариваемых деталей могут быть подготовлены: с отбортовкой (а), без скосов (в, г, д, ж), со скосом одной кромки (е), со скосом обеих кромок (б), с двумя симметричными скосами одной кромки (з), с криволинейными скосами, замковыми и др. Шов может быть односторонним (а, б, в, д, ж) и двусторонним (г, е, з), с остающейся или удаляемой подкладкой.

На чертежах к буквенному обозначению добавляют цифровое: С1, С2, С3, ...; Н1, Н2, Н3, ...; У1, У2, У3, ...; Т1, Т2, Т3, ..., характеризующее вид подготовки кромок и интервал толщин свариваемых деталей, например (рис. 8.95, а—з): а — стыковое соединение с отбортовкой кромок, толщина свариваемых листов 1...4 мм — С1; б — то же, со скосом обеих кромок, толщина 3...60 мм — С7; в — нахлесточное соединение без скоса кромок, толщина 2...60 мм, шов односторонний — Н1; г — нахлесточное соединение с такими же условиями, но шов двусторонний — Н2; д — угловое соединение без скоса кромок, толщина листов 1...30 мм — У4; е — угловое соединение со скосом одной кромки, толщина листов 3...60 мм — У7; ж — тавровое соединение, шов односторонний, без скоса кромок, толщина листов 2...30 мм — Т1; з — тавровое соединение, шов двусторонний с двумя скосами одной кромки, толщина листов 12...100 мм — Т9. (Более подробные сведения см. в ГОСТ 5264—80.)

Выступающую часть шва над поверхностью основного металла называют *выпуклостью шва* (рис. 8.96). В условном обозначении шва могут быть применены следующие зна-

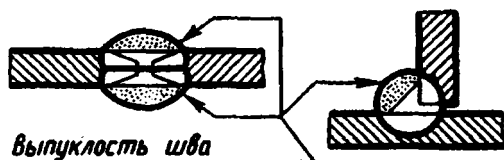


Рис. 8.96

№ знака	1	2	3	4	5	6	7	8
знак	/	Z	⊖	⌒	Δ	○	⊐	└

Рис. 8.97

ки (рис. 8.97): № 1 — для прерывистого шва с цепным расположением провариваемых участков с указанием длины участка l и шага t (рис. 8.98, а); № 2 — для прерывистого шва с шахматным расположением провариваемых участков с указанием размеров l и t (рис. 8.98, б); № 3 — если требуется снять выпук-

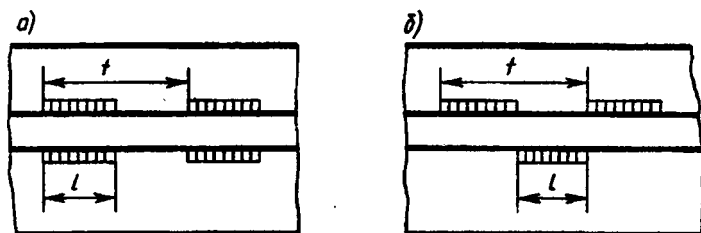


Рис. 8.98

лость (см. рис. 8.96) с указанием (или без указания) шероховатости обработанной поверхности шва; № 4 — когда требуется наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу; № 5 — когда требуется указать размер катета поперечного сечения шва (в нахлесточном, угловом и тавровом соединениях); № 6 — при выполнении шва по замкнутой линии; № 7 — при выполнении шва по незамкнутой линии, если расположение шва ясно из чертежа; № 8 — когда сварку осуществляют при монтаже изделия.

Знаки выполняют тонкими линиями. Высота знаков должна быть одинаковой с высотой цифр, входящих в обозначение шва.

В условное обозначение шва может быть включено также буквенное обозначение способа сварки, например сварку автоматическую обозначают *А*, полуавтоматическую — *П* (ГОСТ 11533—75), контактную точечную — *К_т*, шовную — *К_ш* (ГОСТ 15878—79) и др.

На рис. 8.99 приведено полное условное обозначение стандартного шва или одиночной сварной точки по ГОСТ 2.312—72: 1 — обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений; 2 — буквенно-цифровое обозначение шва; 3 — условное обозначение способа сварки согласно стандарту, обозначенному в п. 1 (допускается не указывать); 4 — знак и размер катета; 5 — размеры l и t для прерывистого шва, помещаемые соответственно перед и после знака цепного или шахматного расположения провариваемых участков (см.

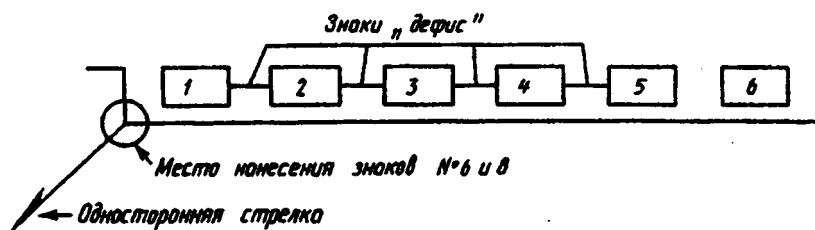


Рис. 8.99

рис. 8.97); расчетный диаметр для одиночной сварной точки; то же — для шва контактной точечной или электрозаклепочной сварки плюс знак № 1 или № 2 и шаг; расчетная ширина шва контактной роликовой сварки плюс знак умножения; размер l , знак № 1 и размер t для прерывистого шва; b — знак снятия выпуклости шва (см. рис. 8.96) или плавного перехода, параметр шероховатости обработанного шва, знак шва по незамкнутой линии.

В зависимости от условий сварки из условного обозначения могут быть исключены те или иные его структурные составляющие.

В обозначение нестандартного шва входят только данные поз. 5 и 6 или только поз. 5.

Согласно ГОСТ 2.312—72, шов сварного соединения независимо от способа сварки условно изображают сплошной основной (видимый шов) или штриховой (невидимый шов) линией. Одиночные сварные точки обозначают знаком «+» высотой и шириной 5...10 мм, толщина линий s (см. рис. 8.101, а).

Невидимые сварные точки не изображают.

Условное обозначение шва наносят на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны (рис. 8.100, а) или под полкой линии-выноски, проводимой от оборотной стороны (рис. 8.100, б).

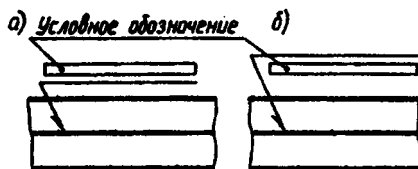


Рис. 8.100

Примечание. За лицевую сторону одностороннего шва принимают сторону, с которой производят сварку, двустороннего шва с несимметрично подготовленными кромками — сторону, с которой производят сварку основного шва (рис. 8.101, а). При симметрично подготовленных кромках за лицевую может быть принята любая сторона.

Линию-выноску начинают *односторонней стрелкой* (см. рис. 8.99 и последующие).

Примеры обозначений (рис. 8.101):

а — шов стыкового соединения со скосом одной кромки, двусторонний, со снятием выпуклости с обеих сторон, с требуемой шероховатостью обработанных поверхностей, выполняемый ручной

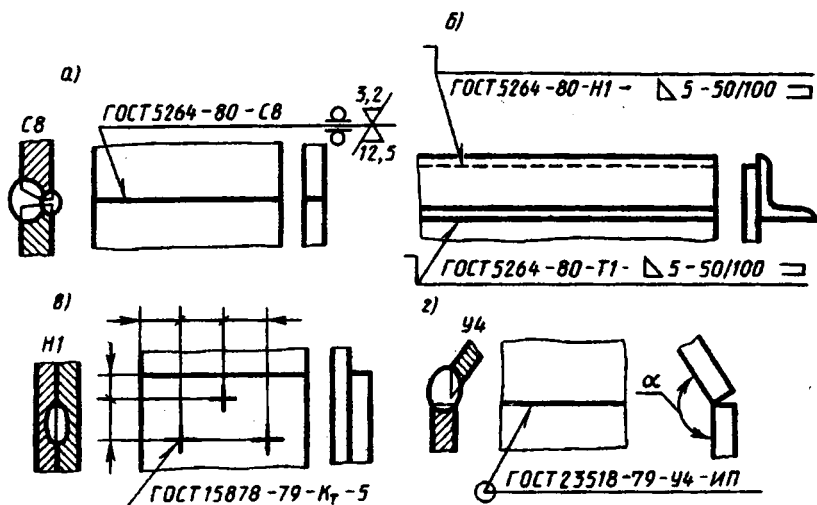


Рис. 8.101

дуговой сваркой по ГОСТ 5264—80. Слева изображена форма поперечного сечения шва, условное обозначение которого — С8. Материал свариваемых частей — углеродистая сталь толщиной 3...60 мм; б — верхний шов (на чертеже изображен штриховой линией) нахлесточного соединения, нижний — таврового. Оба шва прерывистые цепные (высота катета равна 5, $l=50$ и $l=100$ мм), выполняемые ручной дуговой сваркой при монтаже по незамкнутым линиям; в — нахлесточное соединение, осуществляемое контактной сваркой, в трех сварных точках, расчетный диаметр точки — 5 мм; г — соединение под тупым углом со скосом одной кромки (У4), выполняемое по ГОСТ 23518—79 дуговой сваркой в инертных газах плавящимся электродом (ИП) по замкнутой линии.

Аналогично обозначают швы сварных соединений деталей из пластмасс (полиэтилена, полипропилена и винипласта, см. ГОСТ 16310—80).

При наличии одинаковых швов обозначение наносят у одного изображения, а у остальных проводят

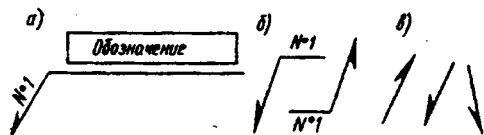


Рис. 8.102

линии-выноски с полками для указания номера шва (рис. 8.102, а, б) или без полок, если все швы одинаковые (рис. 8.102, в).

Если все сварные швы, изображенные на чертеже изделия, хотя и разных типов, выполняют по одному и тому же стандарту, например по ГОСТ 5264—80, его обозначение на полке не указывают, а дают ссылку в технических требованиях.

8.12. Изображение паяных соединений. Пайку применяют для получения герметичности, образования покрытия от коррозии (лужение), при соединении деталей, несущих небольшую нагрузку, и т. д. В ряде случаев способ соединения пайкой имеет преимущество перед сваркой, в частности его широко применяют в радиотехнике, электронике, приборостроении.

Существует большое число способов пайки, например (по источнику нагрева): паяльником (простейший способ), погружением в расплавленный припой, газопламенный, лазерный, электронно-лучевой и др. (Подробнее см. ГОСТ 17349—79. Пайка. Классификация способов; ГОСТ 17325—79*. Пайка и лужение. Основные термины и определения.)

Способ пайки указывают в *технологической документации*¹.

Припой подразделяют: *по температуре плавления* — на обособлегокоплавкие (до 145 °С), легкоплавкие (до 450 °С), среднеплавкие (до 1100 °С), высокоплавкие (до 1850 °С) и тугоплавкие (свыше 1850 °С); *по основному компоненту* — на оловянные (ПО), оловянно-свинцовые (ПОС), цинковые (ПП), медно-цинковые (латунные, ПМЦ), серебряные (ПСр) и др. (см. ГОСТ 19248—90*. Припой. Классификация). Припой ПСр применяют, в частности, когда место пайки не должно сильно снижать электропроводимость.

Выпускают припой в виде проволоки (Прв), прутков (Пт), лент (Л), и др. (см. ГОСТ 21931—76*).

Марку припоя записывают в технических требованиях (ТТ) по типу: *ПОС 40 ГОСТ 21931—76* (без указания сортамента) или *Припой Прв КР2 ПОС 40 ГОСТ 21931—76* (с указанием сортамента), где Прв КР2 — проволока круглого сечения диаметром 2 мм. Число 40 указывает содержание олова в процентах (остальное — свинец); припой *ПСр70 ГОСТ 19733—74** — 70 % серебра, 26 % меди и 4 % цинка; *припой ПОС40* — мягкий, *ПСр70* — твердый.

Как и сварные, паяные швы (П) подразделяют (рис. 8.103) на: *а — стыковые* (ПВ-1, ПВ-2, ...); *б — нахлесточные* (ПН-1, ПН-2, ...); *в — угловые* (ПУ-1, ПУ-2, ...); *г — тавровые* (ПТ-1, ПТ-2, ...) плюс *д — соприкасающиеся* (ПС-1, ПС-2, ...). (Подробнее см. ГОСТ 19249—73*. Соединения паяные. Основные типы и параметры.)

Независимо от способа пайки швы на видах и разрезах изображают, согласно ГОСТ 2.313—82 (СТ СЭВ 138—81), сплошной линией толщиной 2s (рис. 8.103). На линии-выноске, выполняемой тонкой линией и начинающейся от изображения шва двусторонней стрелкой (а не односторонней, как у сварного шва), помещают условный знак пайки (похожий на букву С), наносимый основной линией (рис. 8.104). Шов по замкнутой линии обозначают тем же знаком, что и аналогичный сварной шов.

Согласно ГОСТ 19249—73*, тип шва указывают на полке ли-

¹ См. ГОСТ 3.1704—81*. ЕСТД. Пайка и лужение.

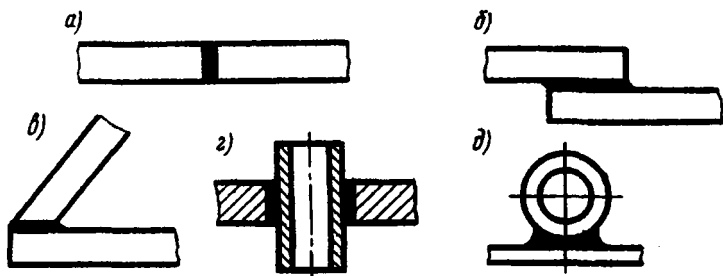


Рис. 8.103

нии-выноски (см. рис. 5.46) на стадии эскизного и технического проектов, в некоторых случаях — на рабочей КД.

8.13. Изображение соединений, получаемых склеиванием. Этот способ соединения деревянных, пластмассовых и металлических деталей и конструкций находит широкое применение в промышленности. В некоторых случаях склеивание является единственным способом, который можно использовать, например, при соединении деталей из пластика.

Правила изображения полностью совпадают с изложенными выше для паяных соединений, с тем лишь отличием, что знак

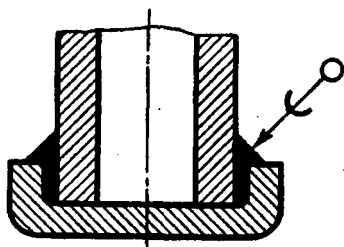


Рис. 8.104

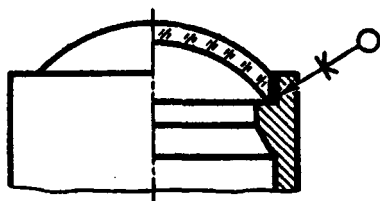


Рис. 8.105

пайки заменяют знаком склейки, похожим на букву К (рис. 8.105 и 8.106). Обозначение клеящего вещества приводят в ТТ по типу: *Клей БФ—10Т ГОСТ 22345—77*Е*, в простейших случаях — на полке линии-выноски.

8.14. Изображение соединений, получаемых сшиванием. Шов изображают тонкой сплошной линией с отводимой от нее линией-выноской с условным знаком сшивки, похожим на латинскую букву *N*. Толщина линий знака — *s* (рис. 8.107). Если соединение имеет несколько швов, то изображают только один, расположенный ближе к краю, а количество швов и расстояние между ними указывают под полкой линии-выноски (верхняя выноска на рисунке). Все необходимые сведения о шве (нитках и т. д.) помещают в ТТ, причем номер пункта указывают на полке линии-выноски.

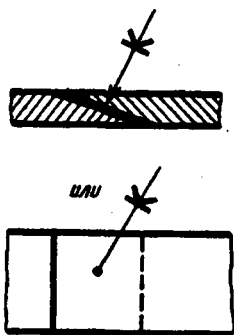


Рис. 8.106

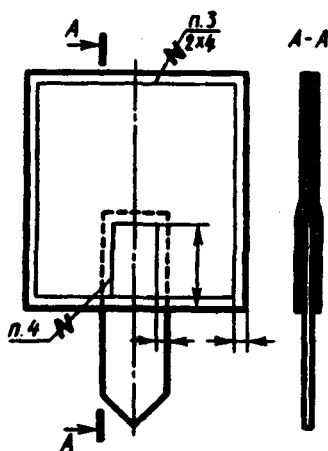


Рис. 8.107

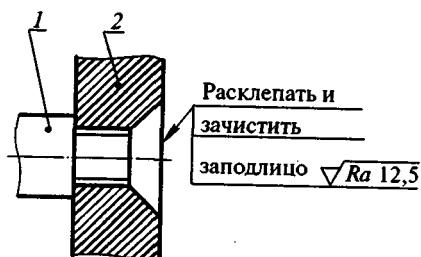


Рис. 8.108

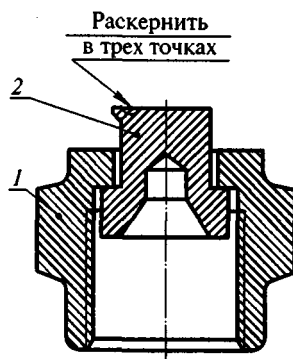


Рис. 8.109

8.15. Изображение соединений деталей методом деформации — расклепкой (рис. 8.108), раскерновкой (рис. 8.109), развальцовкой (рис. 8.110), обжатием (рис. 8.111) и т. п.

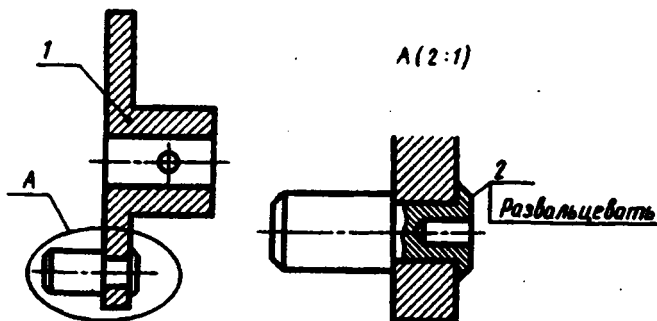


Рис. 8.110

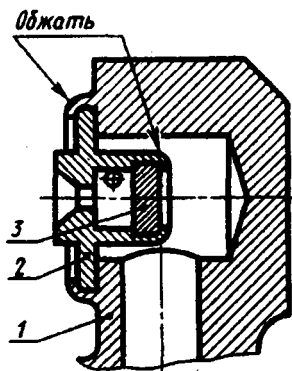


Рис. 8.111

Отметим, что такие указания в рабочих чертежах устанавливают требования к конструктивному исполнению изделия, а потому не являются технологическими указаниями.

На рабочих чертежах детали, элементы которых подлежат деформированию, изображают в том виде, в котором они поступают на сборку, т. е. с недеформированными элементами без каких-либо оговорок.

Вопросы. Каково назначение резьбы на детали поз. 1 (рис. 8.108)? раскерновки (рис. 8.109)?

8.16. Чертежи пружин. Общие сведения. Функции, выполняемые пружинами, весьма разнообразны. Их применяют: в тормозах, фрикционных передачах; для аккумулирования энергии с последующим использованием пружины как двигателя (напри-

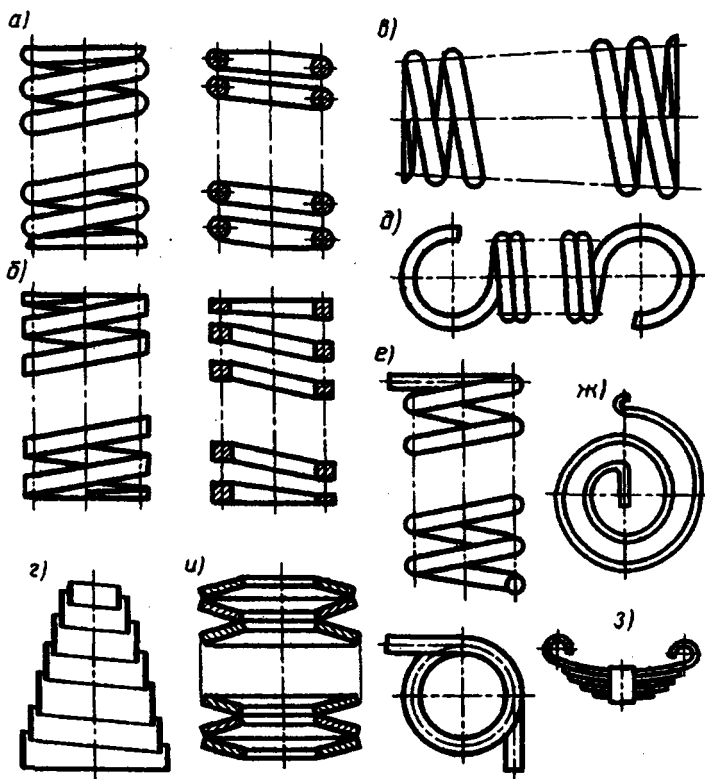


Рис. 8.112

мер. часовые); для амортизации ударов и вибраций (рессоры, буферы); для возвратных перемещений клапанов, кулачковых механизмов и др.

Во всех этих случаях используют основное свойство пружины — по окончании действия на нее внешней силы возвращаться под действием внутренних сил упругости к своей первоначальной форме.

По виду нагружения пружины подразделяют на пружины сжатия, растяжения, кручения и изгиба; по форме (рис. 8.112, а—г) — на винтовые цилиндрические (а, б) и конические (в, г), сжатия с различной формой сечения витка; цилиндрические растяжения (д); кручения (е); спиральные (ж); листовые (з); тарельчатые (и) и др., см. ГОСТ 2.401—68* (СТ СЭВ 285—76 и 1185—78).

Витки винтовой цилиндрической или конической пружины изображают прямыми линиями, касательными к соответствующим участкам контура (рис. 8.112, а, в, д, е). Допускается в разрезе изображать только сечения витков.

Если диаметр проволоки или толщина сечения материала на чертеже 2 мм и менее, то пружину изображают линиями толщиной 0,5...1,4 мм (рис. 8.113).

Пружины изображают с правой навивкой, с указанием направления навивки в ТТ.

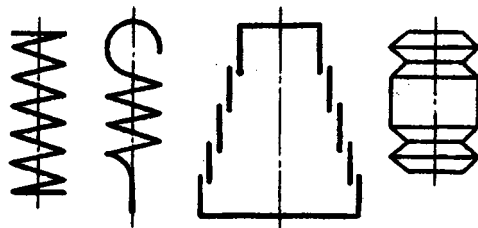


Рис. 8.113

8.17. Винтовые цилиндрические пружины сжатия и растяжения из стали круглого сечения (ГОСТ 13774—86* ... ГОСТ 13776—86*). При вычерчивании винтовых пружин с числом витков более четырех показывают с каждого конца пружины один-два витка, кроме опорных (рис. 8.112), проводя осевые линии через центры сечений витков по всей длине пружины. Пружины изображают с осью, параллельной основной надписи чертежа.

Как правило, на рабочем чертеже помещают диаграмму испытаний, показывающую зависимость деформации (растяжения, сжатия) от силы F_1 — при предварительной деформации в Н (кгс)¹, F_2 , обеспечивающей предусмотренные рабочие деформации, и F_3 , вызывающей максимальную деформацию (рис. 8.114). Деформации указывают или изменение высоты пружины (рис. 8.115, где l — высота пружины при предварительной деформации, l_2 — то же, при рабочей и l_3 — при максимальной деформации; l_0 — высота пружины в свободном состоянии), или

¹ В большинстве случаев пружины устанавливают не в свободном состоянии, а предварительно сжатыми или растянутыми для плотного прилегания опорных витков или зацепов соответственно.

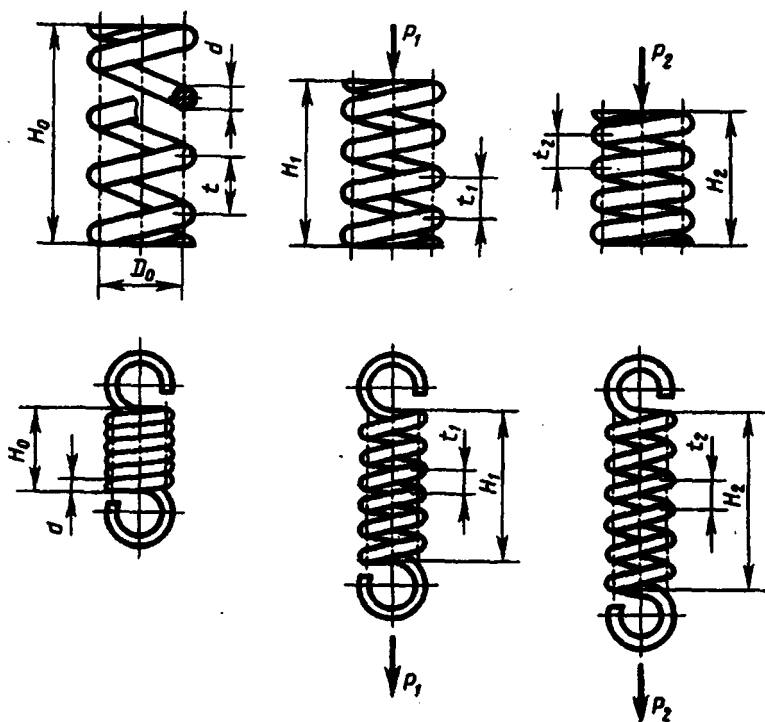
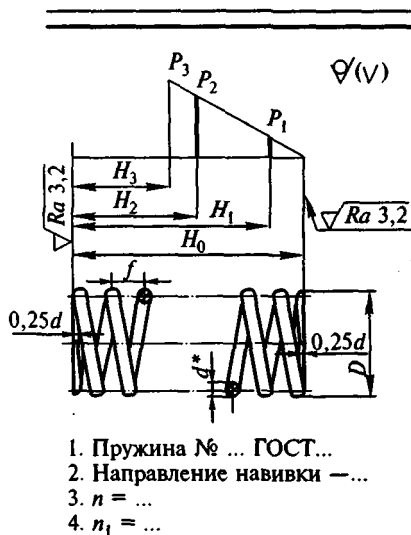


Рис. 8.114.



1. Пружина № ... ГОСТ...
2. Направление навивки — ...
3. $n = \dots$
4. $n_1 = \dots$

*Размеры для справок

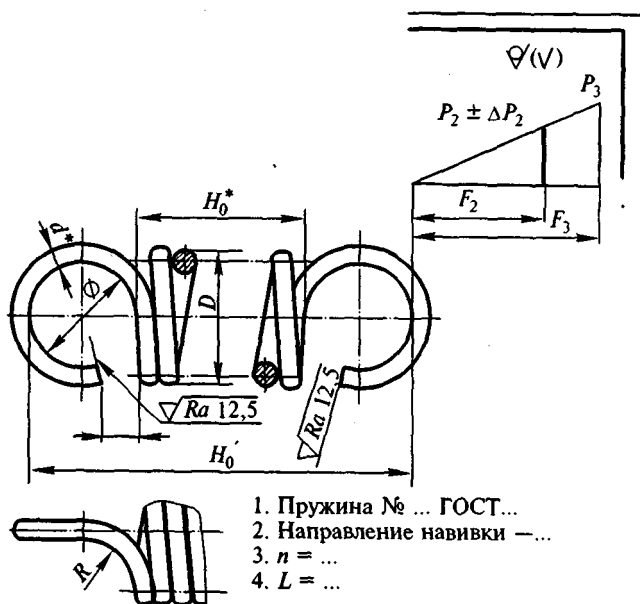
Рис. 8.115

удлинение под соответствующей нагрузкой (рис. 8.116), величины l_2 и l_3 ; l_0 — длина пружины без зацепов в свободном состоянии; l_0 — то же, с зацепами¹.

Примечание. На учебных чертежах диаграмму вычерчивают без указания числовых значений l , F .

В технических требованиях, располагаемых под изображением пружины, указывают: 1) номер стандарта на пружину (если таковой имеется); 2) направление навивки; 3) n — число рабочих витков (у пружин растяжения все витки рабочие, кроме зацепов); 4) полное число витков n_1 , обычно равное $n + 1,5 \dots 2$ (см.

¹ В некоторых случаях на диаграмме показывают зависимость нагрузки от деформации пружины (см. ГОСТ 2.401—68*).

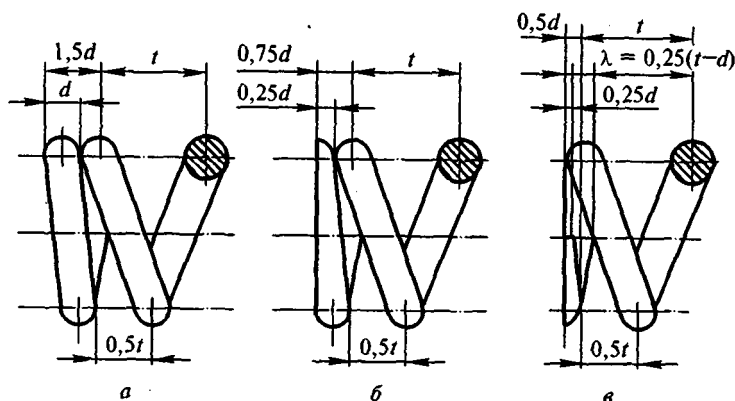


*Размеры для справок

Рис. 8.116

рис. 8.115); 5) твердость HRC, (при необходимости, на учебных чертежах не указывают); 6) длину L развернутой пружины, вычисляемой по формуле: $L \approx 3,2D_0n$, (без учета зацепов), где D — средний диаметр пружины; 7) размеры для справок; 8) другие технические требования (на учебных чертежах их не помещают).

В ответственных случаях указывают диаметры контрольной гильзы (D_r) и стержня (D_c) для контроля кривизны оси пружины.



Для образования опорных витков поджимают или целый виток (рис. 8.117, а, б), или $\frac{3}{4}$ (рис. 8.117, в), причем, как правило, в случаях б, в их шлифуют на $\frac{3}{4}$ дуги окружности для предупреждения перекоса оси пружины (см. рис. 8.115)¹. Радиус гiba зацепов принимают равным $D-2d$.

В зависимости от условий эксплуатации пружины (требуемая сила пружины, перепад температур и др.) изготавливают из проволоки класса I (высокой прочности) или классов II и IIA (менее прочной), выпускаемой по ГОСТ 9389—75* (–60... +120 °С), из более дешевой проволоки, из стали марки 65Г, из стали марки 50ХФА, применяемой для изготовления пружин I класса в условиях перепада температур от –180 до +250 °С и требуемой силы $P_3 = 140...6000$ Н (14...600 кгс), из пружинной бронзовой проволоки, например БрОЦ4-3, и других материалов.

Пример записи в графе 3 (материал) основной надписи: *Проволока 4—I* ГОСТ 9389—75, где 4 — диаметр проволоки первого класса из стали марки 45 по ГОСТ 1050—88.

Примечание. Размер диаметра в обозначении материала проволоки указан для удобства пользования чертежом и является справочным.

Правила оформления чертежей пружин конических, спиральных, листовых и других см. в ГОСТ 2.401—68* (СТ СЭВ 285—76 и 1185—76).

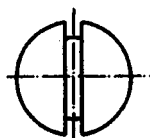
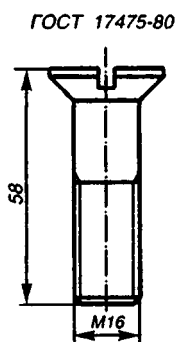
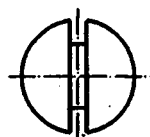
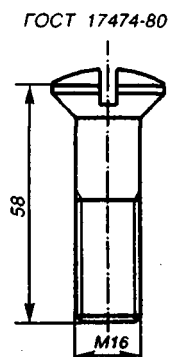
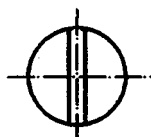
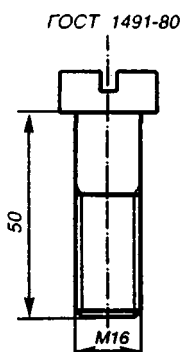
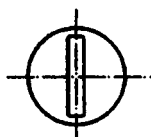
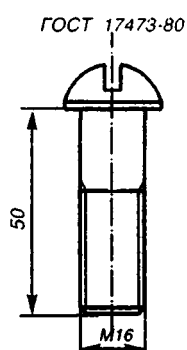
Все разъемные и неразъемные соединения деталей машин, а также пружины, рассмотренные в этой главе, изучаются в курсе инженерной графики и в последующих курсах инженерно-конструкторского образования студентов. Наиболее трудоемкое и часто встречающееся отдельно и в сочетании со шлицевым и шпоночным соединениями — резьбовое соединение — поддерживается программными средствами компьютерной графики. В традиционном (ручном) процессе ИГ студент выполняет одно из резьбовых соединений (винтовое, болтовое или шпильчное) по заданным параметрам ($Md \times P \times l$) и ГОСТу резьбового изделия.

В лабораторной работе на ЭВМ студент может выполнить все три соединения. При этом, как и в случае с элементарными геометрическими телами и их поверхностями (см. гл. 4), первоначально изучаются элементы резьбового соединения — вызывается на экран ГД по заданным параметрам и ГОСТу ПП винта, болта, шпильки (два изображения — рис. 8.118), формируется программно гнездо и опорные поверхности, а затем синтезируется соответствующее резьбовое соединение (два изображения — рис. 8.119).

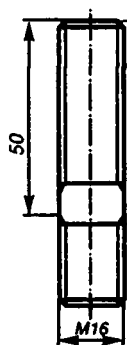
¹ Стандарт дополнен случаем поджатия на полвитка с зашлифовкой на $\frac{1}{2}$ дуги окружности (см. ИУС 11—90).

KRI- крепежные резьбовые изделия

Винты М16х50:



Шпилька М16х50
ГОСТ 22034-76



Болт М16х50
ГОСТ 7805-70

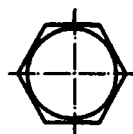
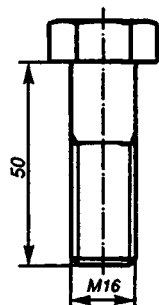


Рис. 8.118

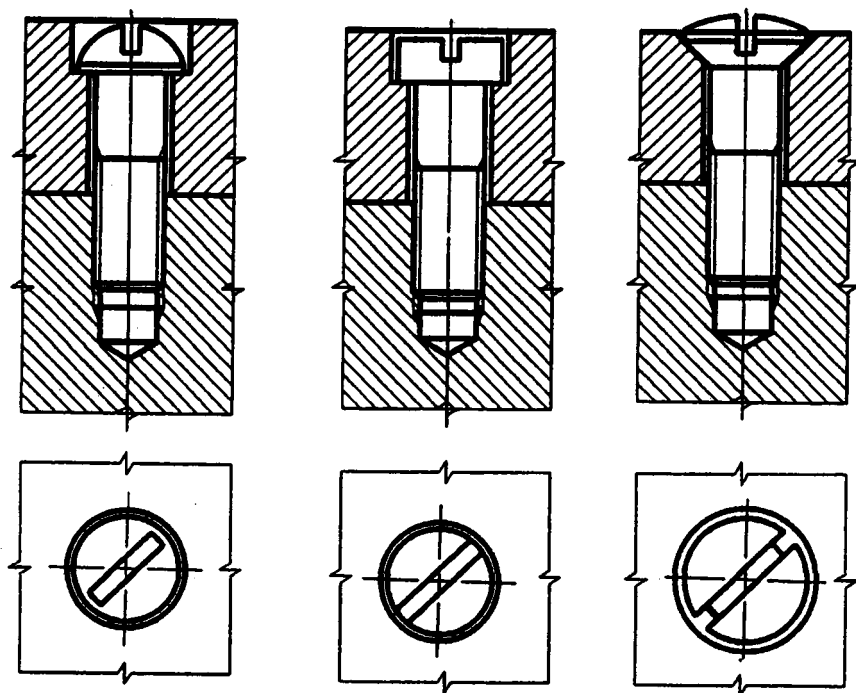


Рис. 8.119

ИГМ и алгоритмы ПП крепежных резьбовых изделий (KR1), а также блок-схема функционирования комплекса ПП KR1 при выполнении резьбовых изделий и их соединений в «ЛПМГ» [39]

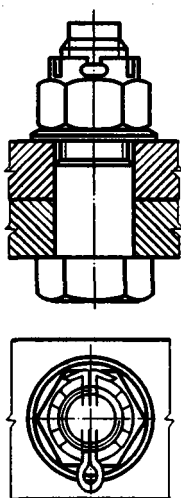


Рис. 8.120

Второе издание «ЛПМГ» дополнено блок-схемой функционирования комплекса ВКТОР — болтового комплекта по относительным размерам. Описано ручное и автоматическое программное выполнение (в ЛГР на ПК) болтового комплекта. Относительными размерами избраны средние арифметические отношения всех размеров (болта, гайки, шайбы, шпинта, их модификаций и исполнений по ГОСТ) к диаметру резьбы d . При этом ошибка изображений по сравнению с действительными размерами не превышает 3—5 % (на рис. 8.71 ошибка 15—20 %).

На рис. 8.120 приведен пример машинного выполнения болтового комплекта на формате А4. На формате А3 выполняется трехкартинный чертеж с обозначением по ГОСТ 2.201-80 и К.ЕСКД (см. «ЛПМГ», 2-е изд., прил. 15).

Я здесь таких токарных мастеров, которые превосшли российских мастеров, не нашел и чертежи машинам, которые ваше царское величество приказало здесь сделать, я мастерам казал и оные сделать по ним не могут.

Из письма А. К. Нартова от 20 марта
1719 г. из Англии Петру I

9. ИЗОБРАЖЕНИЕ И ОБОЗНАЧЕНИЕ ПЕРЕДАЧ И ИХ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

9.0. Общие сведения. *Передачами* (подвижными соединениями) называют устройства, передающие усилия от двигателя к исполнительным механизмам. Передачи бывают: электрические, пневматические, гидравлические и механические. Последние подразделяют на передачи, использующие трение (фрикционные и ременная) и использующие зацепления (зубчатые, червячные, винтовые, реечные и цепные передачи). К составным частям передач относят катки (ролики), шкивы, зубчатые колеса, червяки, рейки, валы, муфты, подшипники, ремни, цепи и др.

9.1. Фрикционные передачи. На рис. 9.1 даны примеры простейших фрикционных передач: два цилиндрических (а) или конических (б) катка плотно прижимают друг к другу с помощью специальных устройств (например, пружин). Один из катков ведущий, другой — ведомый. Достоинства таких передач — простота устройства, бесшумность в работе, недостатки — возможность передачи только небольших мощностей.

9.2. Ременные передачи позволяют передавать мощности на расстояния до 15 м и более. Они просты в конструктивном отношении и эксплуатации. В общем случае состоят из ведущего шкива 1 (рис. 9.2), приводимого в движение, например, электродвигателем, приводного ремня 2 и ведомого шкива 3, приводящего во вращение вал 4, являющийся частью какого-либо механизма — станка. Форма обода шкива зависит от формы поперечного сечения ремня — плоского, трапецеидального, круглого. На рис. 9.3 — чертеж чугунного шкива для передачи плоским ремнем. Его основные элементы: 1 — обод, плоский или выпуклый; 2 — ступица со шпоночной канавкой (ось симметрии которой, как правило, должна совпадать с осью спицы); 3 — спицы, имеющие обычно эллиптическое сечение, большего размера у ступицы и меньшего — у обода, с соотношением осей: $a_1/a = b_1/b \approx 0,8$ (рассчитывают на изгиб); 4 — ребра жесткости, усиливающие прочность обода и ступицы.

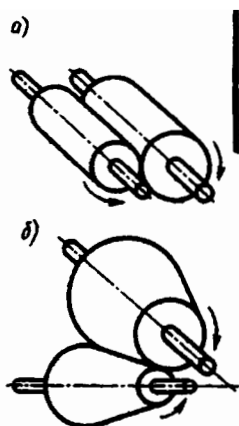


Рис. 9.1

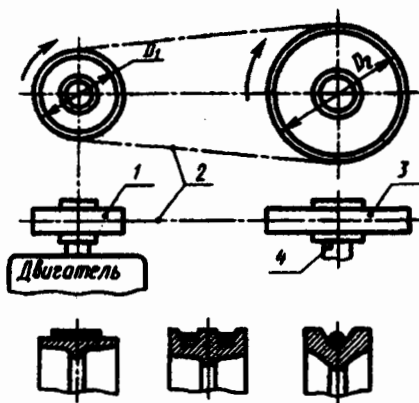


Рис. 9.2

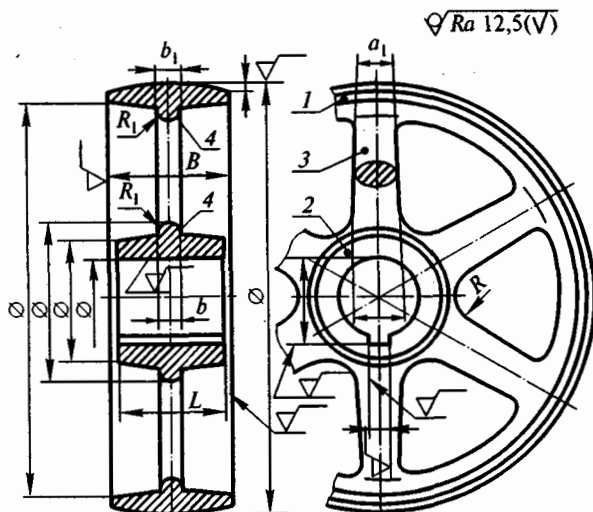
У шкивов небольших размеров спицы обычно заменяют дисками.

Уклоны внутренних конических поверхностей у обода и наружных у ступицы повышают прочность этих элементов и облегчают извлечение модели из формы. Уклоны указывают на чертеже или записью в ТТ типа:

*Уклоны формовочные по ГОСТ 3212—80** (см. рис. 9.3).

Материал — СЧ25...СЧ35 ГОСТ 1412—85. Применяют также стальное литье и литье из алюминиевых сплавов.

Обратите внимание: хотя плоскость разреза на рис. 9.3 про-



Уклоны формовочные по ГОСТ 3212-80

Рис. 9.3

ходит через спицы, последние на фронтальном разрезе оставлены незаштрихованными.

Основные размеры шкивов — B и D стандартизованы.

В о п р о с. Какие поверхности ограничивают ребра жесткости 4 на рис. 9.3?

9.3. Передачи зацеплением. Общий обзор (рис. 9.4, а—ж).

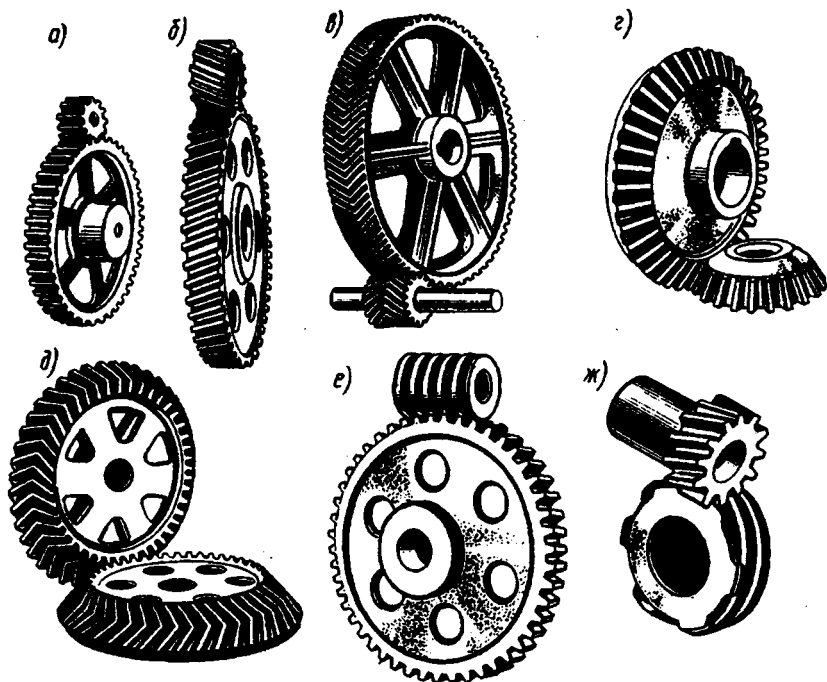


Рис. 9.4

Между параллельными валами применяют цилиндрические зубчатые колеса с внешним или внутренним зацеплением, *прямозубые* (а), *косозубые* (б), *шевронные* (в); между валами, оси которых пересекаются (под острым, прямым или тупым углом), применяют *конические зубчатые колеса* (г, д); между пересекающимися валами применяют *червячные* (е) и *винтовые* (ж) передачи.

Частные виды зубчатых передач — *реечные* (рис. 9.5, а), *цепные* (рис. 9.5, б) и *храповые механизмы* (рис. 9.5, в).

Зубчатые передачи обладают высоким коэффициентом полезного действия (до 0,95 %), надежны, но требуют высокой точности изготовления.

Колесо с меньшим числом зубьев называют *шестерней*, а с большим — *колесом*. При одинаковом числе зубьев шестерней называют ведущее зубчатое колесо, а колесом — ведомое.

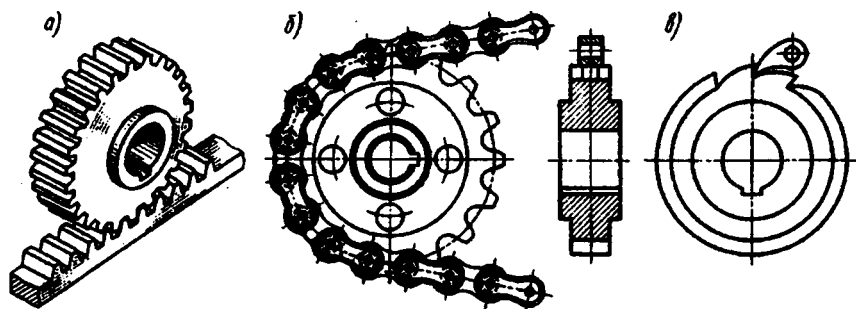


Рис. 9.5

9.4. Цилиндрические зубчатые колеса. На рис. 9.1, а изображены два цилиндрических катка, катящихся один по другому без проскальзывания. Назовем их *начальными цилиндрами* (в их проекции — *начальными окружностями*) и преобразуем катки в зубчатые колеса, прорезав с этой целью на них впадины и нарастив выступы. (рис. 9.6), образующие в своей совокупности зубья определенного профиля.

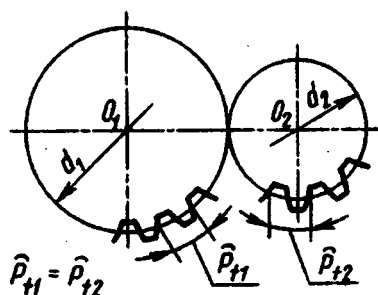


Рис. 9.6

Очевидно, необходимое условие возможности работы передачи — равенство *окружных шагов*, измеренных по дугам начальных окружностей.

Боковые стороны профиля зуба (рабочими являются одна или обе стороны) могут быть очерчены по эвольвенте (что чаще всего применяют, рис. 9.7, а), циклическим кривым, образованным

качением окружностей O_1 и O_2 по начальным окружностям (рис. 9.7, б), по дугам окружностей (в передаче Новикова, рис. 9.7, в).

В процессе зацепления нормаль, проведенная к кривым в точке касания, всегда проходит через полюс зацепления P .

Геометрическое место точек касания в эвольвентном зацеплении — прямая, составляющая угол 20° с перпендикуляром, восстановленным в P к O_1O_2 (все нормали совпадают). Отрезок l этой прямой — длина зацепления (рис. 9.8); в циклоидальном зацеплении — кривая AB ; в круговом — одна или две прямые AB и CD .

В дальнейшем рассматриваются цилиндрические зубчатые колеса с эвольвентным зацеплением.

Пусть z_1 и z_2 — числа зубьев колес (в частном случае $z_1 = z_2$). Установим зависимость между окружным шагом [напомним, что у обоих колес они равны (см. рис. 9.6)], числом зубьев и диаметром начальной окружности.

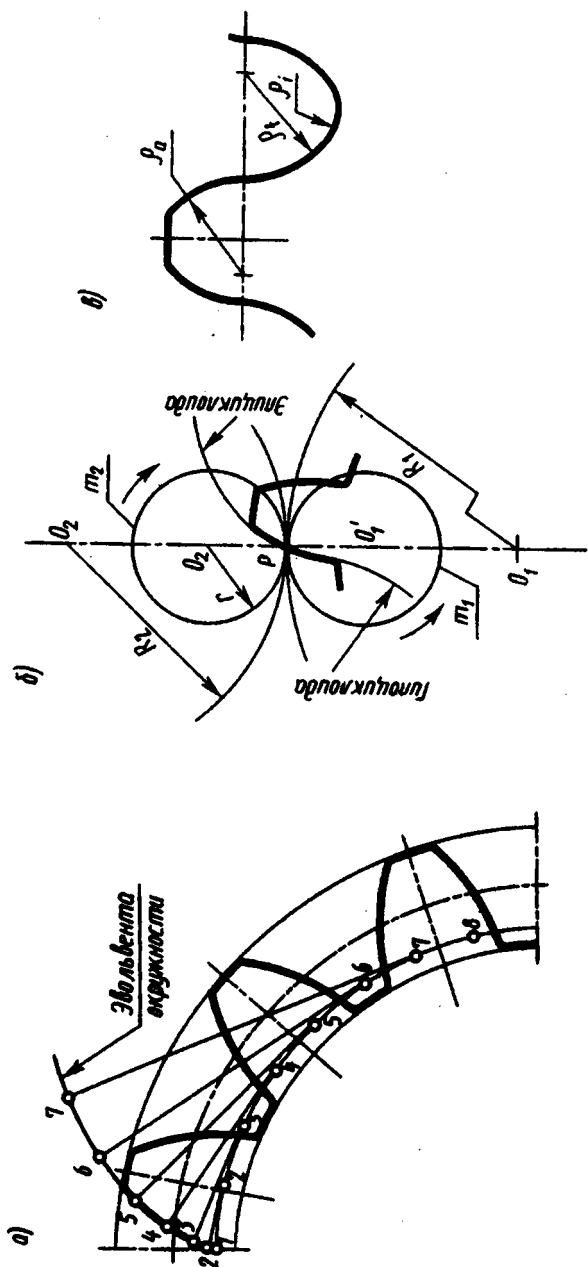


Рис. 9.7

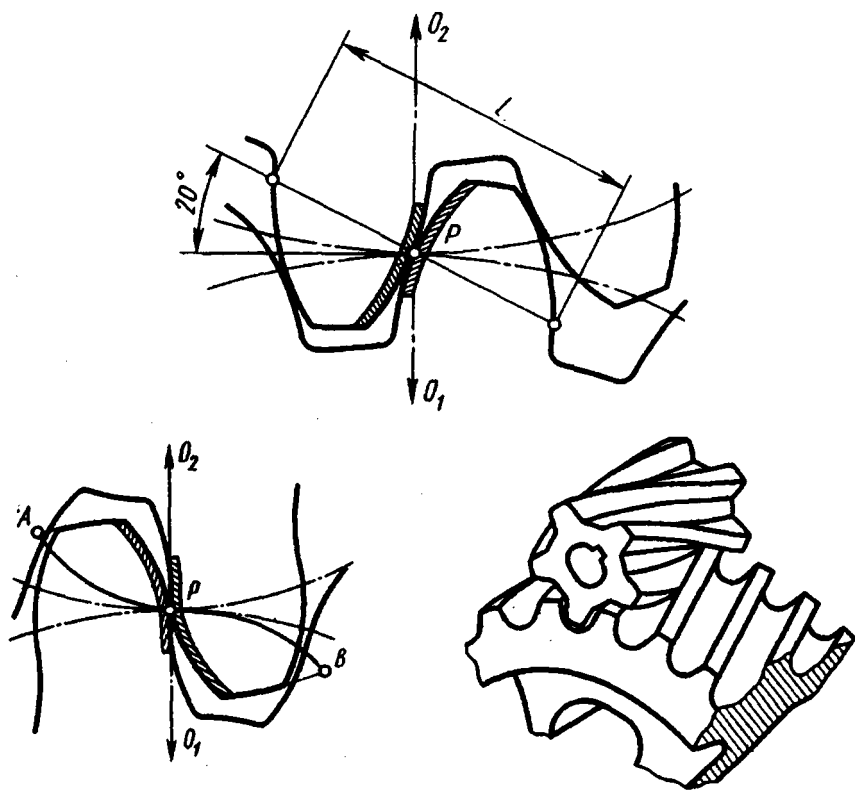


Рис. 9.8

Очевидно, $p_1 z_1 = \pi d_{w1}$ и $p_2 z_2 = \pi d_{w2}$, или

$$d_{w1} = \frac{p_1}{\pi} z_1 \text{ и } d_{w2} = \frac{p_2}{\pi} z_2.$$

Чтобы исключить из формул несонизмеримое число π , величину p_i выбирают так, чтобы она была кратной π , например $0,5\pi$; π ; 2π и т. д. Кратность (в мм) называют *окружным модулем* зубчатого колеса и обозначают m_i . (Согласно ГОСТ 16530—83, модуль — линейная величина, в π раз меньшая окружного шага;

$m_i = \frac{p_i}{\pi}$). Теперь приведенные выше формулы можно переписать и так: $d_{w1} = m_1 z_1$ и $d_{w2} = m_2 z_2$.

Так как у зубчатых колес, находящихся в зацеплении, окружные шаги равны, то, следовательно, у них равны и модули.

Из формулы $m_i = d_w / z$ следует другое определение модуля — это *число миллиметров начального (делительного) диаметра, приходящихся на один зуб*.

Модуль является основным расчетным параметром зубчатой передачи. Его значения (0,05...100 мм) при проектировании вы-

бирают из ГОСТ 9563—60* (СТ СЭВ 310—76). Приведем извлечение из этого стандарта для наиболее часто встречающихся в учебной практике значений модуля: 1-й ряд — 1; 1,25; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 2-й ряд — 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7,0; 11; 14; 18. Значения 1-го ряда предпочтительны.

Колеса с модулем, меньшим единицы, называют *мелкомодульными*.

Начальные цилиндры (теперь уже воображаемые) отделяют в зубьях головки от ножек (рис. 9.9). Опишем через дно впадин

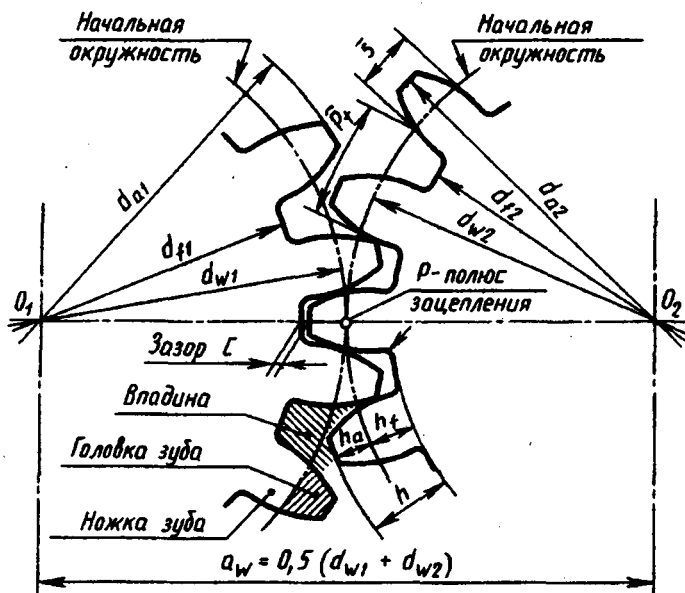


Рис. 9.9

и вершины головок концентрические цилиндрические поверхности. Их проекции — *окружности выступов* (d_a) и *впадин* (d_f). (Нижние индексы «1» и «2» в дальнейшем будем отмечать только при необходимости.)

Высоту головки обычно принимают равной модулю, а ножки — 1,25 модуля. Следовательно,

$$d_a = d_w + 2m_t = m_t z + 2m_t = m_t(z + 2); \quad d_f = m_t(z - 2,5).$$

Для повышения прочности и уменьшения износа зубья подвергают *корригированию*: высоту головки меньшего колеса увеличивают за счет ножки, а большего колеса — уменьшают, и начальные окружности уже не будут являться делительными, как на рис. 9.6. У каждого колеса появится своя *делительная окружность* d , не совпадающая с начальной (рис. 9.10), причем $d \geq d_w$.

Осуществляют корригирование путем сдвига зубонарезающе-

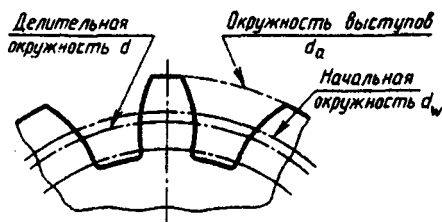


Рис. 9.10

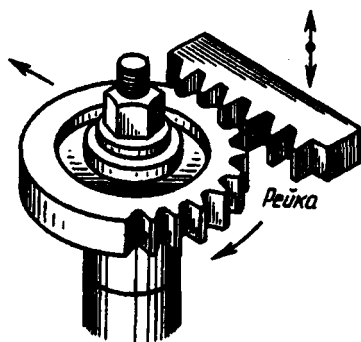


Рис. 9.11

го инструмента — рейки (рис. 9.11), зубья которой имеют так называемый *нормальный исходный контур*, установленный ГОСТ 13755—81 для эвольвентных цилиндрических передач (рис. 9.12), на величину mx , где x — коэффициент смещения исходного контура (коэффициент коррекции). Таким образом, делительная окружность — окружность, на которой шаг и угол зацепления равны шагу и углу зацепления основной рейки.

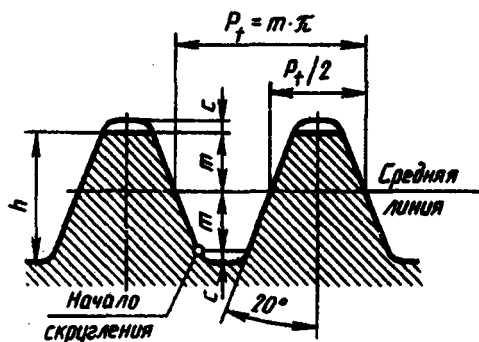


Рис. 9.12

Делительная окружность — основная база для определения элементов зубьев и их размеров.

Модулем m здесь также является отношение окружного шага, измеренного по дуге делительной окружности, к π . Следовательно, $d = mz$ — основная расчетная формула для цилиндрического зубчатого колеса.

У некорригированных колес делительная окружность совпадает с начальной ($x=0$), как на рис. 9.6 и 9.9. Колеса, у которых $z_1=z_2$, не корригируют.

На рабочем чертеже колеса, согласно ГОСТ 2.403—75* (СТ СЭВ 859—78) в табличке параметров, помещаемой в правом верхнем углу чертежа (рис. 9.13), указывают модуль, число зубьев, номер стандарта на нормальный исходный контур, коэффициент смещения и степень точности по ГОСТ 1643—81, например 7—Н ГОСТ 1643—81, где 7 — седьмая степень точности (всего их 1...12 в порядке убывания), Н — вид сопряжения (с нулевым боковым зазором).

Во второй и третьей частях таблицы (их отделяют основными



Рис. 9.13

линиями) помещают данные для контроля (см. ГОСТ 2.403—75) и справочные соответственно.

На учебных чертежах обычно помещают данные, отмеченные на рис. 9.13 условно двойной рамкой, принимая колесо некорректированным ($x=0$), или даже указывают только значения m , z , d .

На фронтальном разрезе указывают только наружный диаметр колеса. Шероховатость боковых поверхностей зубьев наносят на линии делительной поверхности. Зубья в осевых разрезах во всех случаях оставляют незаштрихованными.

На чертеже косозубого колеса после графы «Число зубьев» добавляют две графы для указания угла наклона зубьев и их направление — правое (рис. 9.14) или левое, для шевронных колес добавляют еще графу с надписью «Шевронное».

Как видно из рис. 9.14, у косозубого колеса различают *торцовый шаг* и *нормальный* — в плоскости, перпендикулярной направлению зубьев. Соответственно различают *торцовый* и *нормальный модули*. Так как $p_n = p_t \cos \beta$, то и $m_n = m_t \times \cos \beta$. Отсюда, принимая $h_a = -m_n$, $d = m_t z = \frac{m_n}{\cos \beta} z$ и $d_a = \frac{m_n}{\cos \beta} z + 2m_n$.

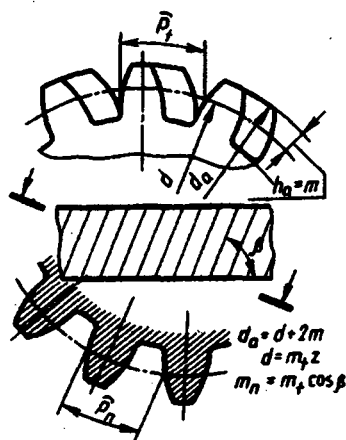


Рис. 9.14

$\sqrt{Ra\ 12,5(V)}$

Модуль	m	1,5
Число зубьев	z	120
Делительный диаметр	d	180
Число зубьев сектора	-	17

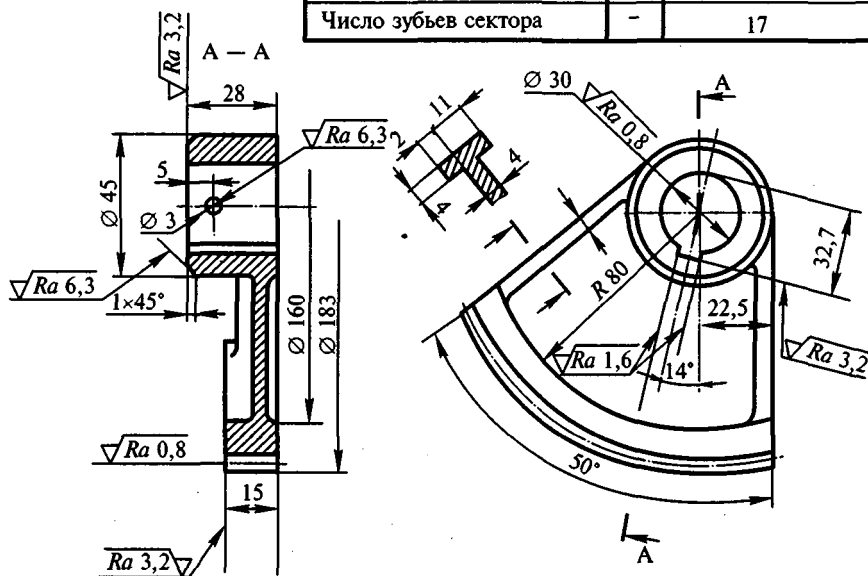


Рис. 9.15

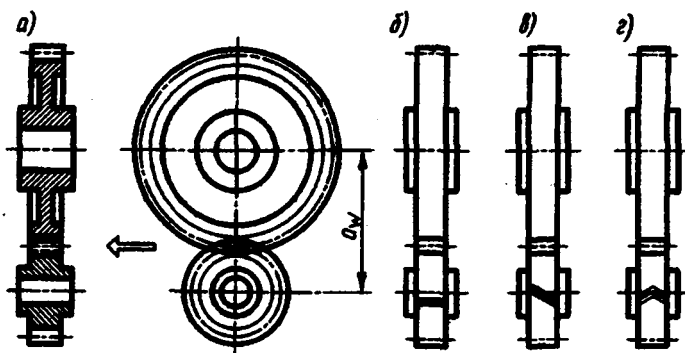


Рис. 9.16

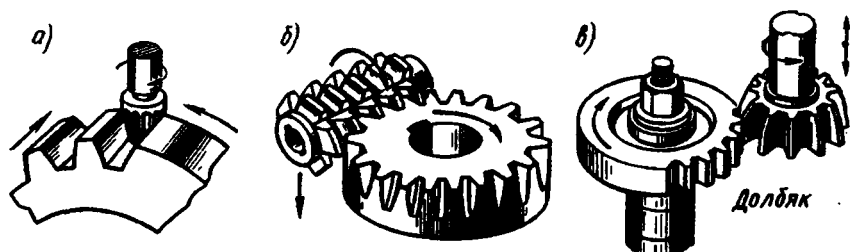


Рис. 9.17

Так как косозубые колеса изготавливают тем же модульным инструментом, что и прямозубые колеса (см. рис. 9.17), то на его рабочем чертеже в таблице параметров указывают модуль m (m_n всегда равен m).

На чертеже сектора (рис. 9.15) в графе «Число зубьев» указывают их число на полной окружности (120 в данном примере), а после графы «Делительный диаметр» добавляют графу «Число зубьев сектора» (17 в данном примере).

На сборочных чертежах (рис. 9.16, а—г) на плоскостях, перпендикулярных осям зубчатых передач, окружности выступов показывают основными линиями (без разрывов в зоне зацепления): начальные — тонкими штрихпунктирными (они должны касаться друг друга), впадин — тонкими сплошными (их можно не показывать). Делительные окружности колес не наносят.

На разрезе зуб одного из колес (предпочтительно ведущего) показывают расположенным перед зубом ведомого (см. стрелку на рис. 9.16, а). Если колеса мелкомодульные (или мелкий масштаб), то зазоры не изображают. При необходимости тип зацепления и направление зубьев показывают, как на рис. 9.16, б, в, г¹.

При снятии эскиза шестерни (допускаемое общее название зубчатых колес) надо измерить диаметр окружности выступов d_a , сосчитать число зубьев и из формулы $d_a = m(z+2)$ определить модуль. При этом возможно, что полученное значение модуля будет отличаться от стандартного (например, при приведенных выше для значений в диапазоне 1...20 мм). Тогда следует принять ближайшее значение стандартного модуля и уточнить замеренное значение d_a .

Изготавливают шестерни из чугуна (например, марки СЧ-40), стали (например, марок 45, 12ХНЗА), цветных сплавов и других материалов на зуборезных станках — зубофрезерных, зубодолбежных и других, придающих зубьям необходимую им форму с очень высокой степенью точности.

На рис. 9.17, а, б, в даны примеры способов изготовления:

¹ Более подробные сведения о цилиндрических зубчатых колесах эвольвентного зацепления см. в ГОСТ 2.403—75; 1643—81; 2185—66*; 16531—83; 16532—70; 19274—73 и в ГОСТ 9178—81 и 13733—77 для мелкомодульных.

уже воображаемые), которые в дальнейшем будем называть *делительными*. (Согласно ГОСТ 19325—73, если начальные конусы в передаче совпадают с делительными ее зубчатых колес, то применяют термин «делительный конус».)

Конические колеса изготавливают с прямыми, тангенциальными, криволинейными, круговыми и другими зубьями (ГОСТ 19325—73). В дальнейшем рассматриваются прямозубые некорректированные колеса (высота головки равна модулю).

Геометрия конических колес значительно сложнее цилиндрических. Окружной шаг, высота зуба, диаметр делительной окружности у них переменные. В связи с этим введено понятие *внешний дополнительный конус*, образующие которого перпендикулярны образующим делительного (рис. 9.20).

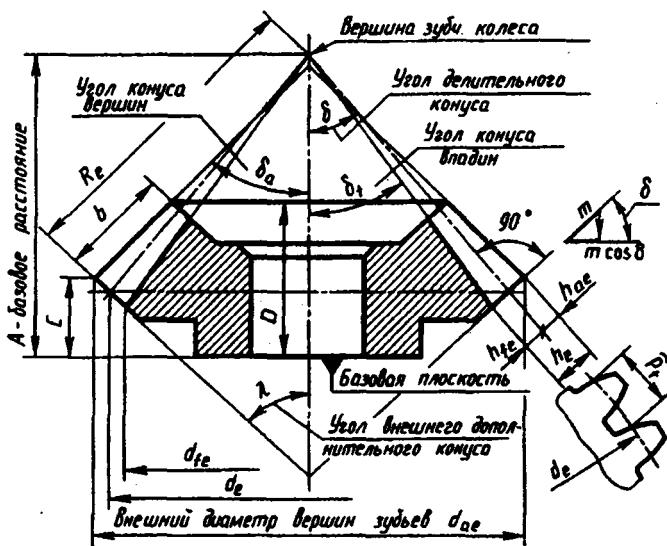


Рис. 9.20

За основную (расчетную) делительную окружность принимают окружность d_e , лежащую в воображаемой плоскости общего «основания» конусов — делительного и внешнего дополнительного. По дуге этой окружности измеряют окружной шаг p , кратный, как и в цилиндрической передаче, π . Величину $m_e = p/\pi$ называют *внешним окружным модулем*. Его значения также выбирают из ГОСТ 9563—60 (см. с. 291). Очевидно, $d_e = m_e z$.

Высоту зуба, головки и ножки измеряют по образующей внешнего дополнительного конуса (поэтому их полные названия: внешняя высота зуба, внешняя высота головки и т. д.). Принимая высоту головки равной модулю, получаем

$$d_{ae} = d_e + 2m_e \cos \delta = m_e(z + 2 \cos \delta).$$

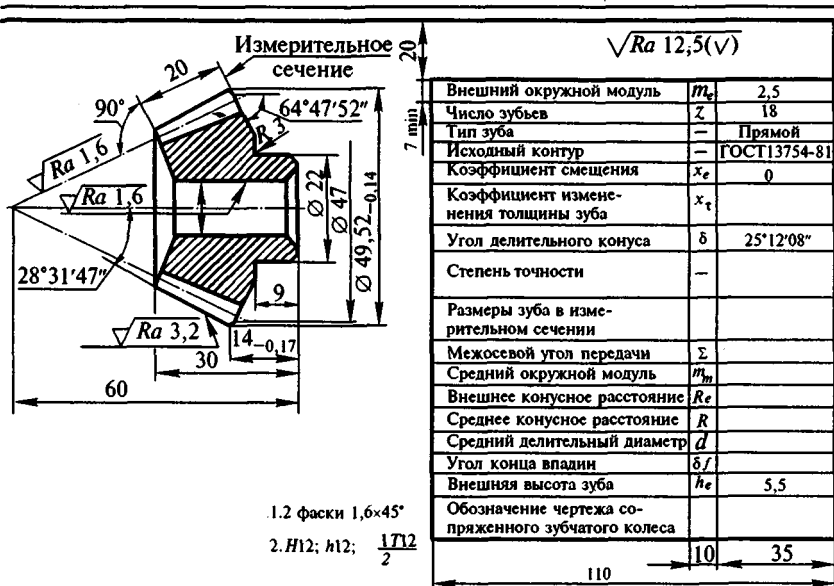


Рис. 9.21

На рабочем чертеже прямозубого колеса (рис. 9.21), согласно ГОСТ 2.405—75* (СТ СЭВ 859—78), часть параметров указывают в таблице, часть — на изображении (обычно фронтальный разрез, при этом зубья в осевых разрезах во всех случаях оставляют незаштрихованными).

Таблица, располагаемая, как и на рис. 9.13, состоит из трех частей, отделяемых друг от друга основными линиями: первая — основные данные, вторая — для контроля, третья — справочные. Неиспользуемые строки таблицы исключают или прочеркивают.

Заполнение всех трех частей таблицы требует знаний, которыми студенты 1-го и 2-го курсов не располагают. Поэтому на учебных чертежах обычно помещают только первую часть — полностью или с сокращениями, отмеченными на рис. 9.21. На изображении указывают (см. рис. 9.20):

а) внешний диаметр вершин зубьев d_{aa} до притупления кромки;

б) то же, после притупления (при необходимости);

в) расстояние C от базовой плоскости до плоскости внешней окружности вершин зубьев;

г) угол конуса вершин зубьев δ_a (его вершина не совпадает с общей вершиной делительного конуса и конуса впадин, называемой *вершиной колеса*, см. рис. 9.20 и работу [5]);

д) угол внешнего дополнительного конуса λ ;

е) ширину зубчатого венца b ;

ж) базовое расстояние A ;

з) размеры фасок или радиусов скруглений на кромках зубьев (допускается указывать в ТТ);

и) размер D .

Шероховатость боковых поверхностей зубьев указывают на линии делительной поверхности.

Перечисленные величины при составлении чертежа (эскиза) колеса с натуры замеряют с возможной точностью. Величины, связанные определенной геометрической зависимостью, проверяют вычислениями, например: $d_{fe} = d_{ae} - 2h_e \cos \delta'$, вводя соответствующие поправки. Углы измеряют угломером. При его отсутствии прочерчивают на бумаге угол, образованный двумя плоскостями (например, треугольниками), касательными к крайним образующим конуса вершин зубьев и перпендикулярными к плоскости бумаги (рис. 9.22), и вычисляют его тангенс (измерение транспортиром начерченного угла дает менее точные результаты). Так же поступают при определении угла внешнего дополнительного конуса, и из формулы $\delta = 90^\circ - \lambda$ находят делительный угол, который нельзя непосредственно измерить.

Определение параметров конического зубчатого колеса по его изображению (например, при детализовании, см. гл. 11) не представляет трудностей, причем и в этом случае углы находят по их тангенсам, а не путем обмера чертежа транспортиром.

Изготавливают конические колеса примерно из тех же материалов, что и цилиндрические (см. выше), а также методом копирования или обкатки. Пример на рис. 9.23.

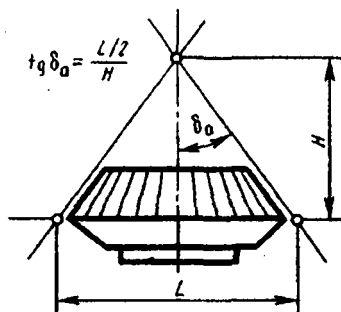


Рис. 9.22

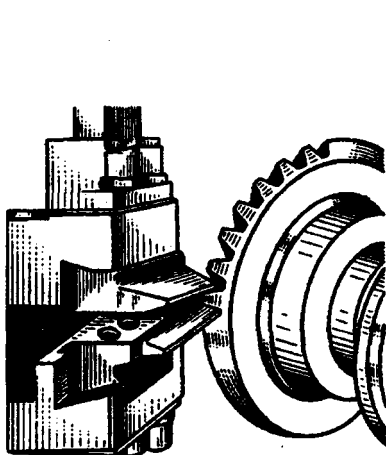


Рис. 9.23

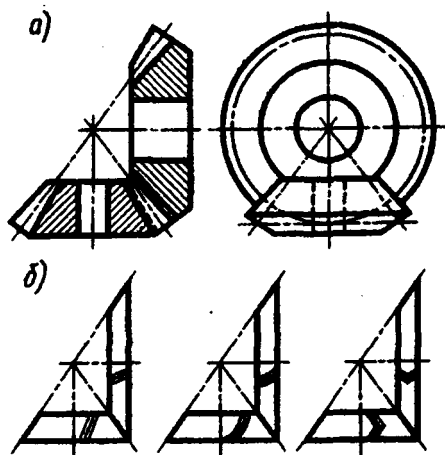


Рис. 9.24

На чертеже передачи показывают крайние образующие начальных конусов, причем зуб ведущего колеса, как и в цилиндрической передаче, закрывает зуб ведомого (рис. 9.24, а). На схематическом изображении передачи может быть показан тип зубьев (рис. 9.24, б).

9.6. Червячная передача состоит из *червячного колеса* и *червяка*. Последний представляет собой винт с одним или несколькими витками (заходами), например с тремя (рис. 9.25), определенного профиля.

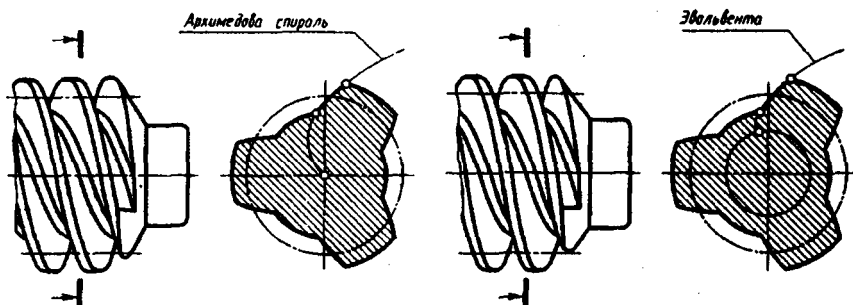


Рис. 9.25

Различают передачи с *цилиндрическим червяком* — делительные поверхности у червяка и колеса цилиндрические (рис. 9.26, а) и *глобоидным* — делительная поверхность у червяка является частью поверхности тора (рис. 9.26, б), у колеса — цилиндрическая (рис. 9.26, в).

Примечание. На рисунках обозначения даны как бы для разъединенных колес и червяков. Поэтому для удобства дальнейшего их использования опущены нижние индексы «ш».

Боковые поверхности витков могут быть линейчатыми (геликоидными) и нелinearчатыми.

Наиболее широко применяют три типа линейчатых цилиндрических червяков: *архимедов* (ЗА), *эвольвентный* (ZI) и *конволютный* (ZN).

У архимедова червяка боковые поверхности винтовых витков ограничены архимедовыми геликоидами, их торцовые сечения (торцовый профиль) — спиралями Архимеда (см. рис. 9.25). При их изготовлении направление режущей прямолинейной кромки резца, образующей поверхность, пересекает геометрическую ось червяка под некоторым постоянным углом.

У эвольвентного червяка аналогичные поверхности ограничены эвольвентными (развертывающимися) геликоидами. Их торцовые сечения — эвольвенты окружности (см. рис. 9.25). Направления режущих кромок резцов касательны к винтовым линиям червяка.

У конволютного червяка аналогичные поверхности — конволютные геликоиды. Их торцовые сечения — удлиненные или укор-

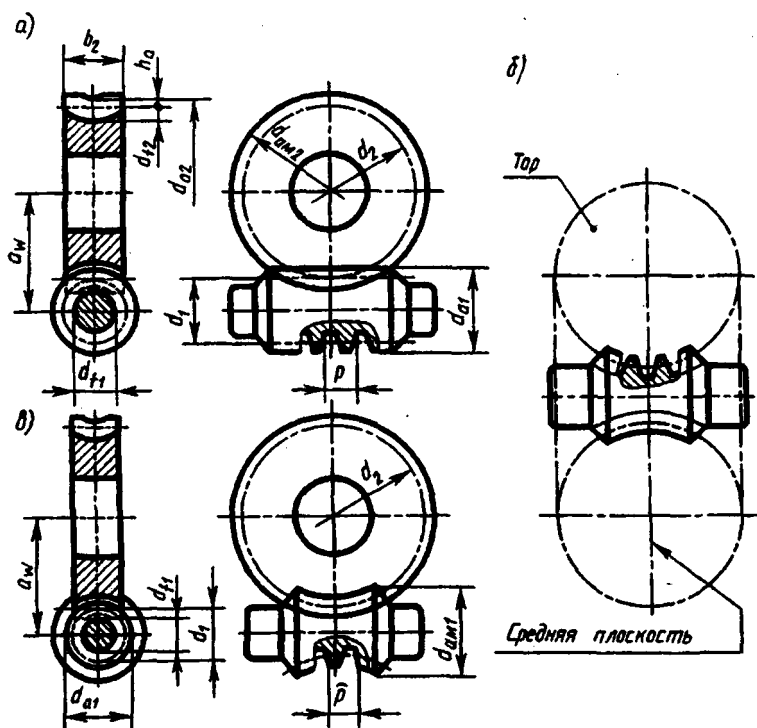


Рис. 9.26

роченные эвольвенты (см. рис. 8.10). Направления режущих кромок резцов касательны к цилиндрическим поверхностям, оси которых совпадают с осью червяка.

Осевое сечение витков указанных червяков — равнобокая трапеция с углом 40° . У некорригированных червячных передач $a_w = 0,5(d_1 + d_2)$, высоты головки зуба колеса и витка червяка равны модулю $m = p/\pi$ (см. рис. 9.26), ножек — $1,2m$.

Делительный диаметр колеса d_2 , как и у некорригированных цилиндрических и конических зубчатых передач, равен mz_2 .

Следовательно, диаметр окружности вершин зубьев $d_{a2} = d_2 + 2m = m(z_2 + 2)$, впадин — $d_{f2} = m(z_2 - 2,4)$.

Делительный диаметр червяка $d_1 = m q$, где q — коэффициент червяка, значения которого приведены в ГОСТ 2144—76*. Диаметр вершин витков червяка $d_{a1} = d_1 + 2m = m(q + 2)$, впадин $d_{f1} = m(q - 2,4) = d_1 - 2,4m$.

Вместо числа зубьев у червяка указывают число витков z_1 (заходов), равное 1...4. В число параметров передачи входит ход витка — $p_{z1} = p z_1 = \pi m z_1$ и делительный угол подъема линии витка $\gamma = p/\pi d_1$.

На рабочих чертежах червяков и колес часть параметров помещают на изображениях, часть — в таблицах, аналогичных



Рис. 9.27

указанным на рис. 9.13 и 9.21. Их полное содержание см. в ГОСТ 2.406—76* для цилиндрических червяков и колес и в ГОСТ 2.407—75 — для глобоидных.

На учебных чертежах некоторые графы таблиц оставляют незаполненными или исключают (рис. 9.27 и 9.28). При составлении чертежа (эскиза, см. в п. 10.1) с натуры измеряют возможно точнее d_a (у колес и глобоидных червяков в среднем се-

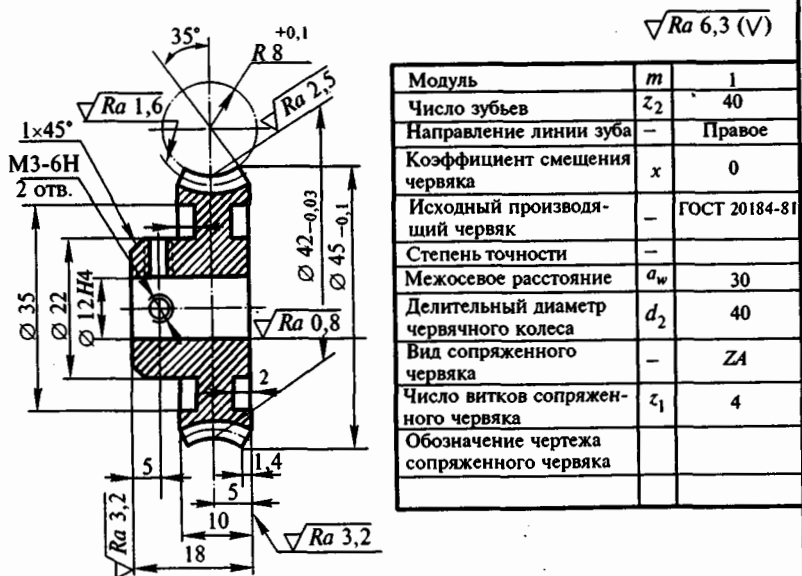


Рис. 9.28

чении), высоту витка или зуба и, принимая $h=2,2m$, вычисляют модуль. Полученные значения сверяют со стандартными модулями (см. с. 291) и при расхождении принимают ближайшее, используемое в дальнейших расчетах. Измеряют p , подсчитывают z_1 и z_2 .

Делительный диаметр червяка определяют из формулы $d_1 = d_{a1} - 2m$. Зная d_1 и m , можно определить q — коэффициент диаметра червяка, который можно использовать для уточнения расчетов, так как он может иметь значения 8; 9; 10; 11,2; 12,5; 14; 16; 18; 20; 25 (ГОСТ 2144—76*).

Угол подъема вычисляют по формуле (с точностью до минут) или определяют измерением его на развертке поверхности цилиндрического червяка, которую легко получить, обернув червяк листом бумаги и оттиснув на нем винтовые линии.

Если чертежи червяка и колеса выполняют при детализовании чертежа общего вида (см. гл. 11), то он должен содержать соответствующие параметры. При их отсутствии параметры определяют путем обмера соответствующих элементов изображения.

Изображение червяков надо выполнять, как показано на рис. 9.27 и 9.29.

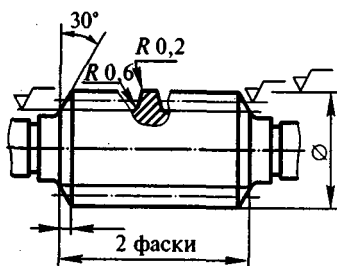


Рис. 9.29

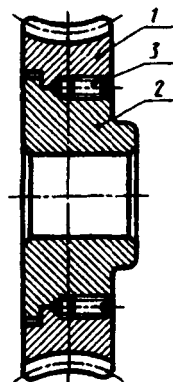


Рис. 9.30

Шероховатость боковых поверхностей зубьев и витков наносят на линиях делительных поверхностей.

Изготавливают червяки и колеса из стали (например, стали 45, 40Х и др.), бронзы (например, БрОЦО5-3-5) и полимеров. Для экономии дорогостоящей бронзы из нее изготавливают только зубчатый венец, укрепляемый тем или иным способом на ступице из чугуна или дешевой стали (рис. 9.30). Такие чертежи оформляют как сборочные (см. гл. 11).

См. ГОСТ 2144—76 (СТ СЭВ 221—75; 267—76; 2820—80). Передачи червячные цилиндрические. Основные параметры; ГОСТ 18498—89. Передачи червячные. Термины, определения и обозначения; ГОСТ 19650—74. Передачи чер-

вяные цилиндрические. Расчет геометрии; ГОСТ 19672—74* (СТ СЭВ 267—76) Передачи червячные цилиндрические. Модули и коэффициенты диаметра червяка.

9.7. Реечные передачи. Они преобразуют вращательное движение в поступательное и наоборот и состоят из эвольвентного цилиндрического колеса и рейки с прямыми или косыми зубьями (см. рис. 9.5, а)

Как и в предыдущих передачах, согласно ГОСТ 2.404—75*, часть параметров указывают на изображении рейки, часть —

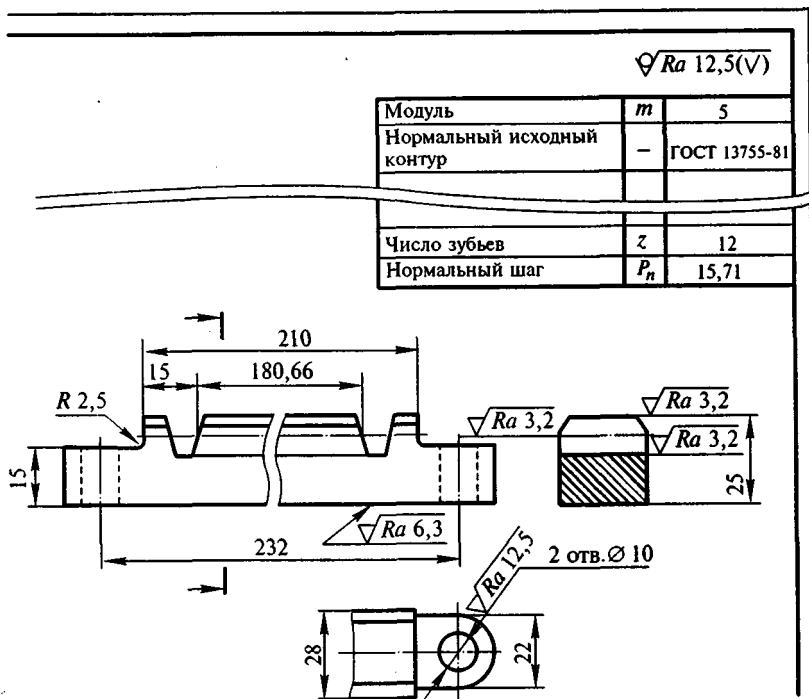


Рис. 9.31

в таблице. На рис. 9.31 дан пример оформления учебного чертежа прямозубой рейки. Профиль зуба — трапециевидный с углом 40°.

9.8. Цепные передачи. Их применяют в сельскохозяйственных машинах, велосипедах, мотоциклах, автомобилях, дорожно-строительных машинах и т. д. Они универсальны, просты и экономичны. Состоят из ведущих и ведомых звездочек и охватывающих их одно-, двух-, трехрядных и более цепей. Схематическое изображение дано на рис. 9.32.

Профиль зуба звездочки зависит от вида цепи — роликовой или втулочной, ГОСТ 13568—75* (СТ СЭВ 2640—80); пластинчатой, ГОСТ 588—81* (СТ СЭВ 1011—78); зубчатой (ГОСТ

13552—81*); разборной ГОСТ 589—85 (СТ СЭВ 535—77) и др. (рис. 9.33). Правила выполнения рабочих чертежей звездочек изложены в ГОСТ 2.408—68*; 2.421—75*; 2.425—74 и 2.426—74 соответственно.

9.9. Храповые механизмы (см. рис. 9.5, в). Их применяют для предотвращения обратного вращения барабана лебедки под действием груза, для преобразования возвратно-вращательного движения в прерывистое вращательное в одном направлении и других случаях. Пример оформления чертежа дан на рис. 7.97.

9.10. Опоры (подшипники). Общие сведения. Опоры служат для поддержки шеек вращающихся валов и осей (или цапф, расположенных на их концах) различных передач. От их конструкции в большой степени зависит надежность работы передачи.

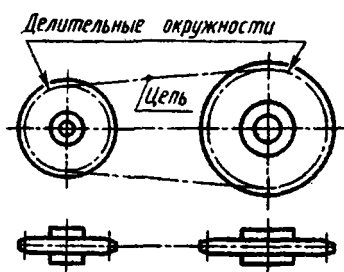


Рис. 9.32

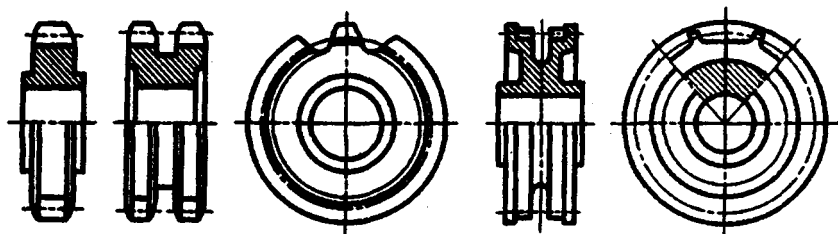


Рис. 9.33

Различают опоры *скольжения* (подшипники скольжения) и *качения* (подшипники качения). Первые в общем случае состоят из разъемного корпуса с двумя или четырьмя крепежными отверстиями и вкладышей (рис. 9.34), вторые (рис. 9.35) — из на-

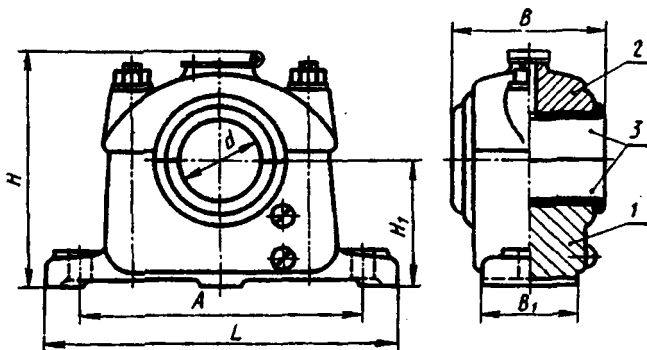


Рис. 9.34

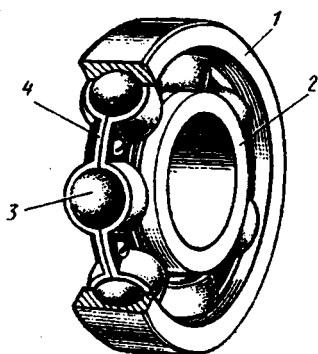


Рис. 9.35

ружного (1) и внутреннего (2) колец, между которыми помещают тела качения (3) в виде шариков или роликов, и сепаратора (4), удерживающего тела качения на строго определенном расстоянии друг от друга.

Подшипники могут не иметь наружного или внутреннего кольца, когда их функции выполняют соответствующие части вала или корпуса, и сепаратора, когда беговые дорожки полностью заполнены телами качения.

Подшипники скольжения имеют ряд преимуществ, в частности их устанавливают на шейках коленчатых валов

в случаях, когда возможность применения подшипников качения исключена. Недостаток этих подшипников — высокие потери на трение и сложность систем смазки.

Подшипники качения имеют незначительные потери на трение, просты в эксплуатации. Их выпускают свыше тысячи типоразмеров.

9.11. Подшипники качения. Существуют много типов подшипников качения (рис. 9.36, а—з): по направлению воспринимаемой нагрузки — *радиальные* (а, б, г, е), *упорные* (ж, з) и *радиально-упорные* (в, д); по форме тела качения — *шариковые* (а, ж, з), *роликовые с цилиндрическими* (б), *коническими* (в), *бочкообразными* (г, д) и *игельчатыми* (е) роликами; по числу рядов тел качения — *однорядные* (а, б, в, г), *двухрядные* (д) и *многорядные*, *одинарные* (з) и *двойные* (ж). Кроме того, их выпускают *сверхлегкой, особо легкой, легкой, средней и тяжелой* серий по диаметру, обозначаемых одной из цифр: 0, 8, 9, 1, 7, 2, 3, 4 и 5 в порядке увеличения размера наружного диаметра подшипника при одинаковом внутреннем диаметре, и *узкой, нормальной, широкой или особо широкой* серий по ширине (высоте), обозначаемых одной из цифр: 7, 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4, 5 и 6 в порядке увеличения размера ширины или высоты ГОСТ 3478—79* (СТ СЭВ 402—84).

На рис. 9.37 показаны однорядные радиальные шариковые подшипники для вала $d=45$ мм различных серий по наружному диаметру (слева направо) — *особо легкой* серии, *легкой*, *средней* и *тяжелой*, и *узких* по ширине, выпускаемых по ГОСТ 8338—75* (СТ СЭВ 3795—82).

Различны марки материалов, из которых их изготовляют (например, из сталей марок ШХ15, ШХ15СГ и др.), различны степени точности, покрытия, термообработка и некоторые другие параметры. Все эти особенности могут быть отражены в условном обозначении подшипника качения. Основное условное обозначение состоит из семи цифр, отсчитываемых справа налево.

Первые две цифры определяют внутренний диаметр подшип-

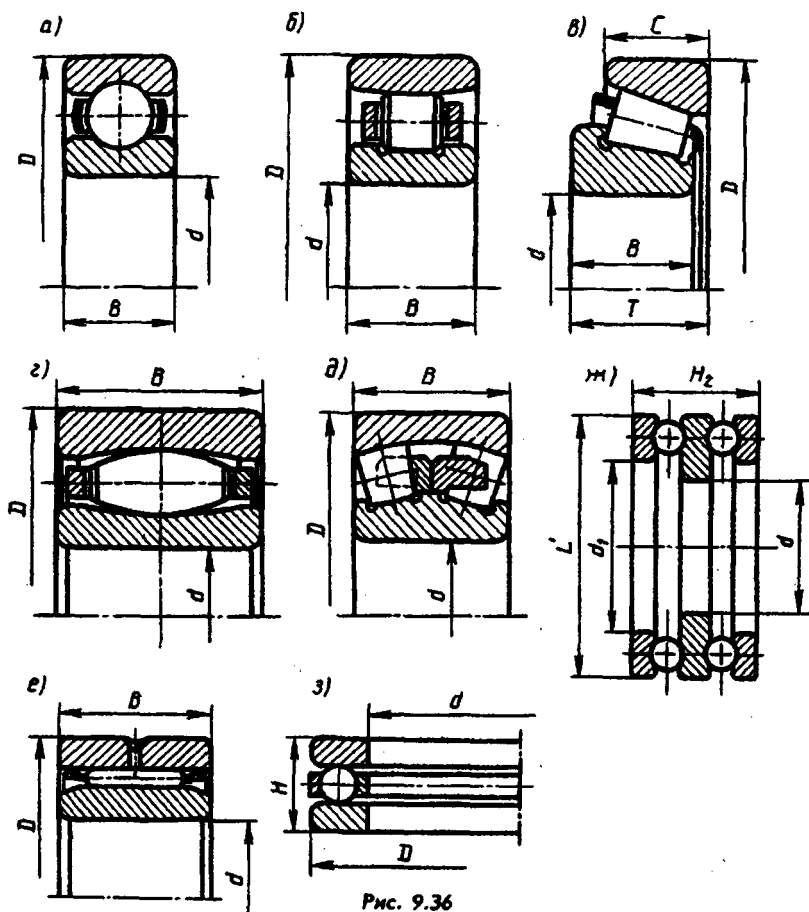


Рис. 9.36

ника, как частное от деления на 5. Так, например, для $d=400$ мм в условное обозначение войдет число 80; для подшипника, показанного на рис. 9.38, войдет число 08¹. Третья цифра характеризует серию по D . Пусть в данном примере легкая серия диаметров 2. Вносим ее в условное обозначение: 208. Эта серия совместно с се-

¹ Здесь и далее рассмотрены случаи, когда $20 \leq d \leq 495$ мм, исключая диаметры, равные 22, 28 и 32, как не делящиеся на 5. Их обозначения, а также для $20 > d \geq 500$ мм имеют некоторые особенности. См. ГОСТ 3189—89. Подшипники шариковые и роликовые. Система условных обозначений.

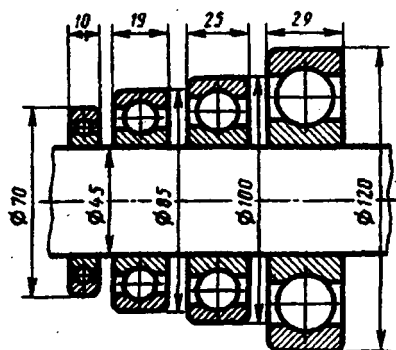
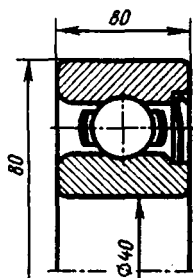


Рис. 9.37

рией ширины определяет основные размеры подшипника — D и B . Четвертая цифра характеризует тип подшипника по направлению воспринимаемой нагрузки и формы тела качения, обозначаемый, согласно табл. 3 ГОСТ 3189—89, цифрой от 0 до 9. Так, например, шариковый радиальный обозначают цифрой 0, роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами — 2, роликовый игольчатый — 4, шариковый упорный — 8, роликовый конический — 7 и т. д. Дополняем обозначение четвертой цифрой: 0208.



Пятая и шестая цифры определяют конструктивную разновидность подшипника, обозначаемую по ГОСТ 3395—89 от 00 до 99. В данном примере радиальный шариковый подшипник имеет одностороннее уплотнение. Его обозначение — 16, выпускают по ГОСТ

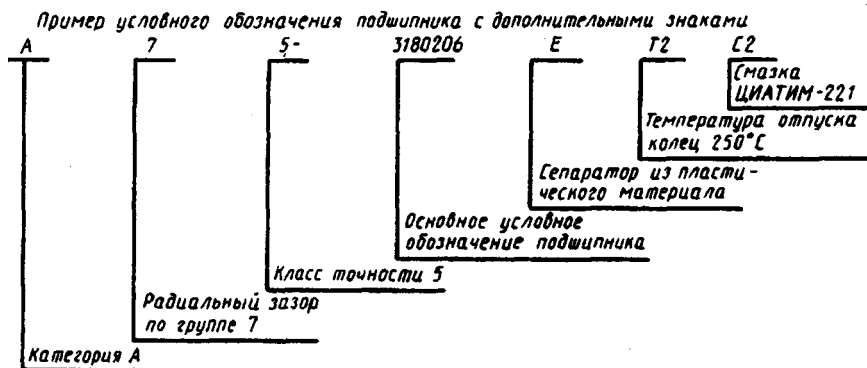


Рис. 9.38

8882—75* (СТ СЭВ 3793—82). Дополняем обозначение: 160208 ГОСТ 8882—75*.

Седьмая цифра определяет серию ширины, в данном примере — 3 (широкая). Вносим ее в обозначение: 3160208 ГОСТ 8882—75, которое наносят на торцевой (нерабочей) поверхности

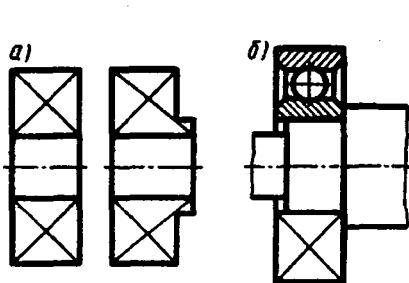


Рис. 9.39

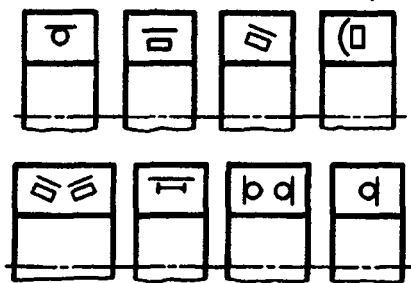


Рис. 9.40

подшипника. Нулевые обозначения, расположенные левее последней значащей цифры, не указывают. Пусть 0 — обозначение типа подшипника, 00 — конструктивной разновидности, 0 — серии ширины. Тогда условное обозначение будет состоять из трех цифр, например 204 ГОСТ 8338—75 (см. рис. 9.37).

Класс точности (0 — нормальная, 6, 5, 4, 2 — повышенные, в порядке возрастания) указывают, через тире перед обозначением, например: 2—3160208 ГОСТ 8882—75; 6—204 ГОСТ 8338—75.

Шарики и ролики (чаще игольчатые) применяют и в качестве отдельных деталей. Примеры обозначений:

Шарик 5,8—10 ГОСТ 3722—81, где 5,8 — номинальный диаметр в мм, 10 — степень точности.

Ролик 2×15,8 АЗ ГОСТ 6870—81, где 2 — диаметр, 15,8 — длина в мм ролика игольчатого, 3 — степень точности, исполнение А.

Подшипники качения на сборочных чертежах, согласно ГОСТ 2.420—69*, как правило, в осевых размерах и сечениях изображают упрощенно, без указания типа и конструктивных особенностей, основными линиями обводят только его контур с проведением тонких диагоналей (рис. 9.39, а). При необходимости в контур подшипника вписывают условное графическое обозначение по ГОСТ 2.770—68* (СТ СЭВ 2519—80), как показано на рис. 9.40, в последовательности, как на рис. 9.36.

На учебных чертежах целесообразно применять «смешанные» изображения (рис. 9.39, б) с допустимыми ГОСТ 2.109—73* упрощениями, т. е. без фасок, галтелей, сепаратора и т. п.

У п р а ж н е н и е. Напишите условные обозначения подшипников, изображенных на рис. 9.37. Серии диаметров (последовательно слева направо) — 1, 2, 3 и 4, серии ширины — 0 (кроме первого серии 7).

П р и м е ч а н и е. В главе 12 приведены ИГМ (рис. 12.24), граф-схема проектирования (рис. 12.26, 12.27, 12.28) и пример выполнения на ЭВМ (рис. 12.31) чертежа колеса зубчатого цилиндрического без ступицы (для маслонасоса) — по ПП КЗС2.

В готовящемся к изданию «Лабораторном практикуме...» приводится ПП КЗС — шестерни редуктора с одной или двумя ступицами — КХ = 721373, 721383 и др. (см. рис. 12.25).

История науки, связывая ее прошлое с настоящим и будущим, дает основу для прогнозирования научно-технического прогресса.

*Академик Б. М. Кедров.
Из выступления
на XIII Международном конгрессе
по истории науки.
Москва, август 1971*

10. ЭСКИЗИРОВАНИЕ

10.0. Общие замечания. Эскизные конструкторские документы (ГОСТ 2.125—88) широко применяют при решении вопросов организации производства, изобретательства, в конструкторской деятельности. По ним изготавливают изделия в опытном производстве, при ремонте и в других случаях. Поэтому эскизы должен уметь выполнять инженер любой специальности.

В курсе черчения для развития соответствующих навыков эскизы выполняют от руки без применения чертежных инструментов, в глазомерном масштабе, сохраняя приблизительную пропорциональность между элементами детали и соблюдая все требования стандартов ЕСКД. Обычно используют писчую бумагу, линованную в клетку, удобную для проведения линий и установления проекционной связи между изображениями. Карандаш применяют мягкий, марки М или 2М.

Программа курса черчения предусматривает выполнение эскизов разрозненных деталей с последующим выполнением по ним (или их части) чертежей (тема 6 программы) и составных частей сборочной единицы с последующим выполнением по ним сборочного чертежа (тема 7 программы).

10.1. Последовательность операций при выполнении эскизов. Она выработана практикой и в значительной мере предотвращает ошибки.

1-я операция. Внимательный осмотр детали, выяснение ее назначения, конструктивных особенностей (геометрических форм); выявление поверхностей, которыми она будет соприкасаться с поверхностями других деталей в изделии (сопрягаемые поверхности), поверхностей, образованных без удаления слоя материала и т. д. Внимательный осмотр конструкции развивает способность к критическому анализу, весьма важную для последующей инженерной (в особенности конструкторской) деятельности.

2-я операция. Мысленно намечают число изображений (минимальное, с учетом условностей, установленных стан-

дартами) — видов, разрезов, сечений, выявляющих в своей совокупности форму детали с исчерпывающей полнотой.

Особое внимание надо уделить выбору главного изображения, дающего наиболее полное представление о форме и размерах детали (ГОСТ 2.305—68, п. 1...3).

Устанавливают примерный глазомерный масштаб и соотношения между габаритами детали (при этом допустимо выполнение предварительных набросков).

3-я операция. Подготавливают лист писчей бумаги в клетку формата А4 или А3 (предпочтительно), наносят (без применения линейки) рамку поля чертежа и линии граф основной надписи (если нет трафарета, для оттиска) и намечают площади в виде прямоугольников (рис. 10.1, а) или осевых линий с габар-

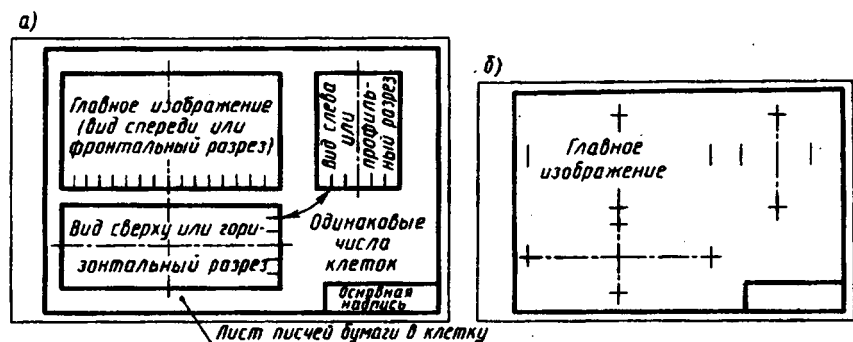
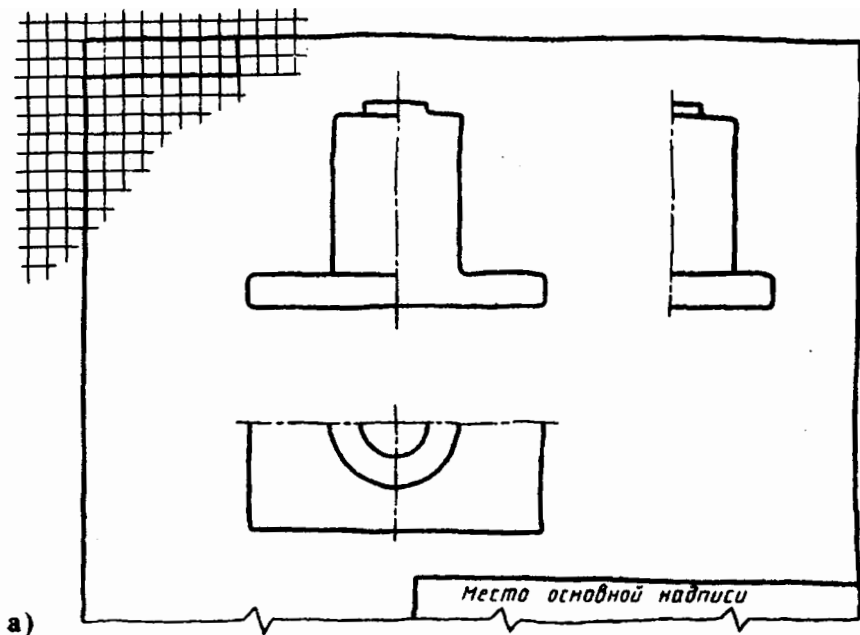


Рис. 10.1

ритными отметками (рис. 10.1, б) для каждого намеченного изображения (тонкими линиями, без нажима), предусматривая между ними места для размещения размерных линий; проводят осевые линии. Критически оценивают целесообразность намеченной компоновки эскиза, решают, от каких изображений можно отказаться, какие следует добавить.

4-я операция. Строят (линии тонкие, без нажима) изображения, начиная с основной геометрической формы из числа составляющих деталь (по возможности одновременно на всех намеченных изображениях). При этом в возможно большей степени используют линии сетки, имеющейся на бумаге. Центры кругов, как правило, помещают в точках пересечений линий сетки. (Окружности больших размеров можно проводить циркулем с последующей их обводкой от руки.) Разрезы и сечения временно оставляют незаштрихованными. Оси проекций и линии связи не проводят (рис. 10.2, а).

Нельзя упрощать конструкцию детали, не нанося галтели, зенковки, смазочные канавки и, в особенности, фаски. Все это имеет большое значение для прочности детали, ее правильной работы, удобства сборки и т. д.



б)

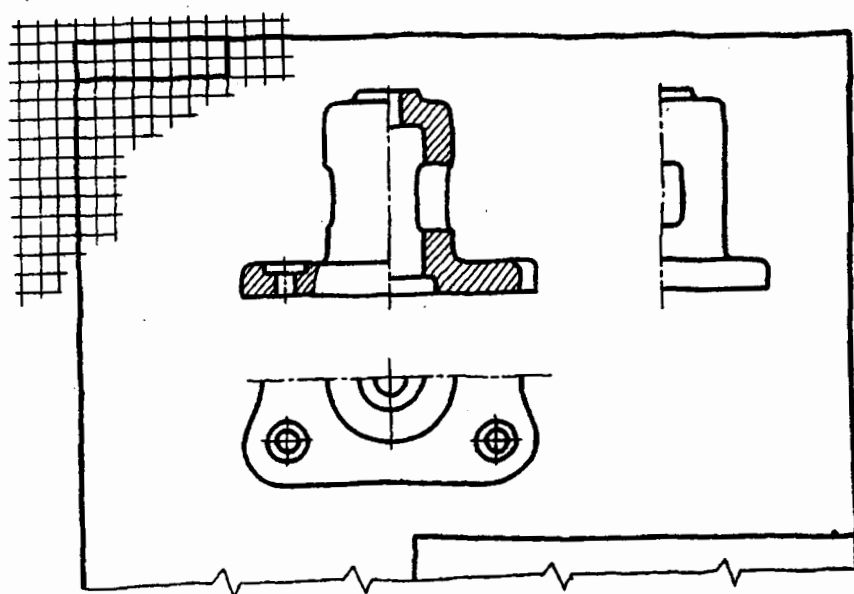
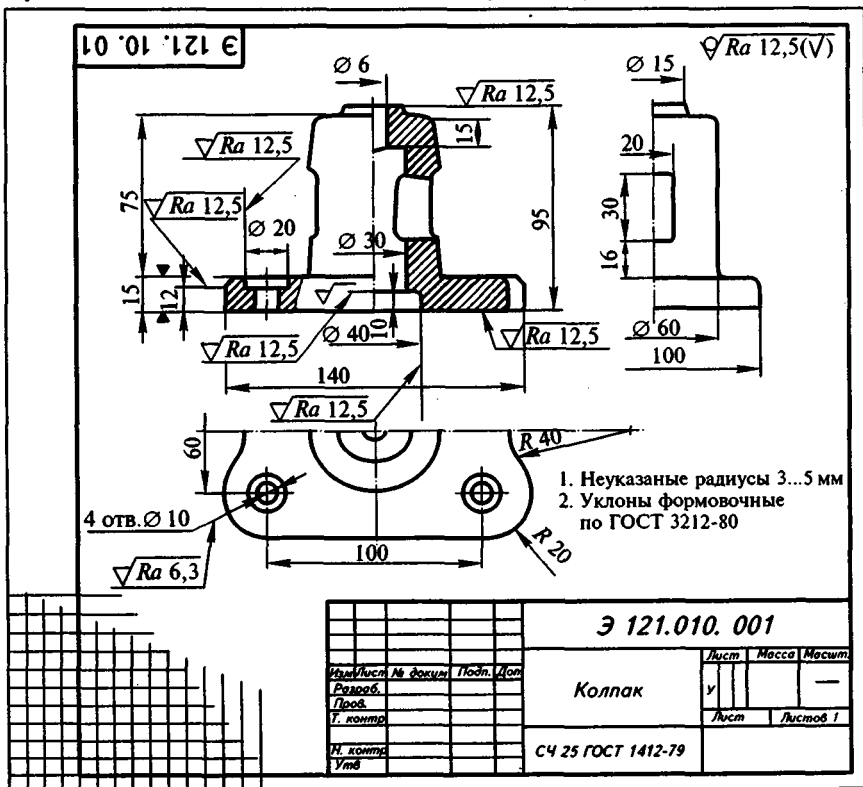
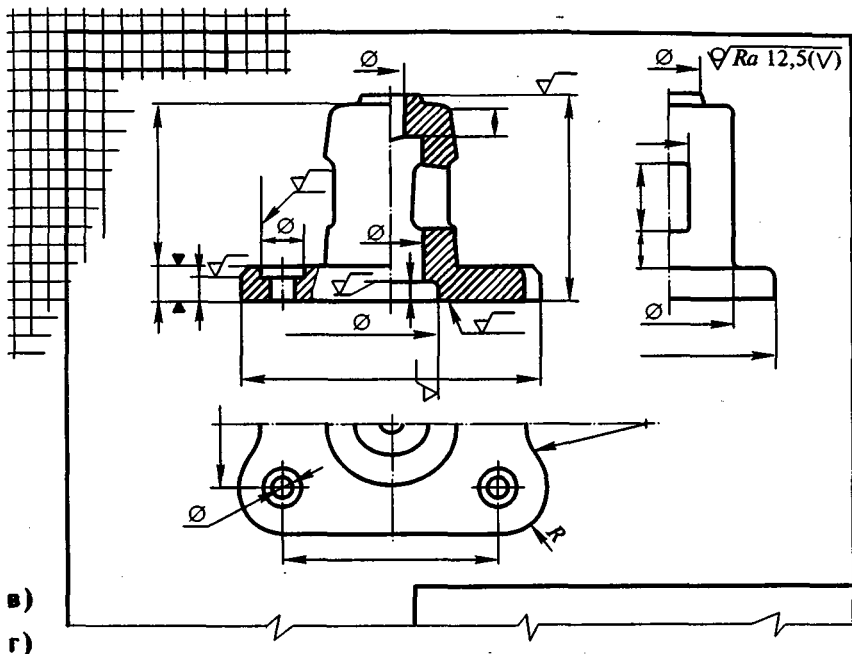


Рис. 10.2



5-я операция. Убедившись в верности построенных изображений, удаляют все вспомогательные линии и обводят линии контура толщиной 0,8...1,0 мм; штрихуют разрезы и сечения (рис. 10.2, б). При нанесении штриховки под 45° используют диагонали квадратов сетки. Расстояние между линиями штриховки зависит от штрихуемой площади, обычно его принимают равным 2...3 мм.

6-я операция. Намечают основные и вспомогательные конструкторские базы (в частности, литейные, если деталь литая; отметить, как на рис. 7.60) и наносят размерные и необходимые выносные линии, как бы мысленно изготавливая деталь. *Никаких измерений при этом не производят* (рис. 10.2, в). Расстояния между параллельными размерными линиями и размерными и параллельными им линиями контура не должны быть менее 10 мм.

Наносят знаки шероховатости (пока без указания параметров), располагая их возможно ближе к соответствующим размерным линиям (см. рис. 7.35 и 7.40).

7-я операция. Производят обмер детали и вписывают в эскиз размерные числа шрифтом 5, согласовывая их с соответствующими стандартами (ГОСТ 6636—69*. Нормальные линейные размеры; ГОСТ 10549—80*. Сбег, недорезы, проточки и фаски и др.), параметры шероховатости, обозначения резьб и т. д. Приемы обмера приведены на рис. 10.3...10.10.

8-я операция. Заполняют основную надпись: обозначение, наименование, материал (желательно с указанием марки, например: *Сталь 20 ГОСТ 1050—74; БрАЖ 9-4 ГОСТ 493—79*) и т. д. (рис. 10.2, г). Внимательно осматривают эскиз, вносят поправки, если таковые потребовались, и предъявляют преподателю.

Чем тщательней выполнен эскиз, тем легче по нему изготовить чертеж, который отличается от эскиза только тем, что изображения на нем выполняют в масштабе по ГОСТ 2.302—68.

Об особенностях выполнения эскизов составных частей сборочной единицы см. в п. 11.

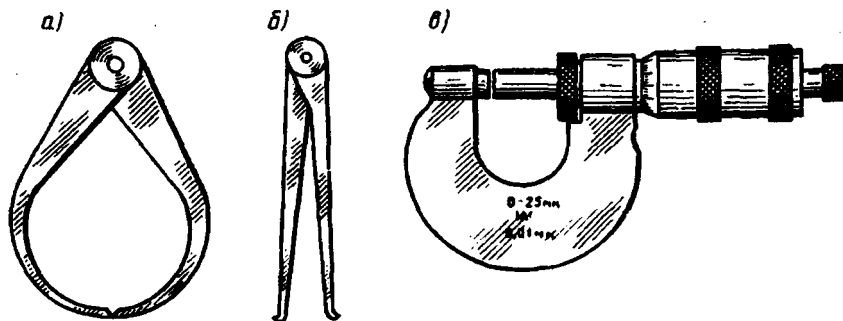


Рис. 10.3

10.2. Простейшие приемы обмера деталей. Промышленность выпускает различные измерительные приборы и устройства, позволяющие производить измерения с высокой точностью (их изучают на старших курсах). В курсе черчения обычно используют простейшие измерительные средства — металлическую линейку, кронциркуль (рис. 10.3, а), нутромер (рис. 10.3, б), позволяющие производить измерение с точностью до 0,5...1 мм, микрометр (рис. 10.3, в) — с точностью измерения 0,01 мм, штангенциркуль (рис. 10.4) — с точностью измерения 0,1 мм. При опре-

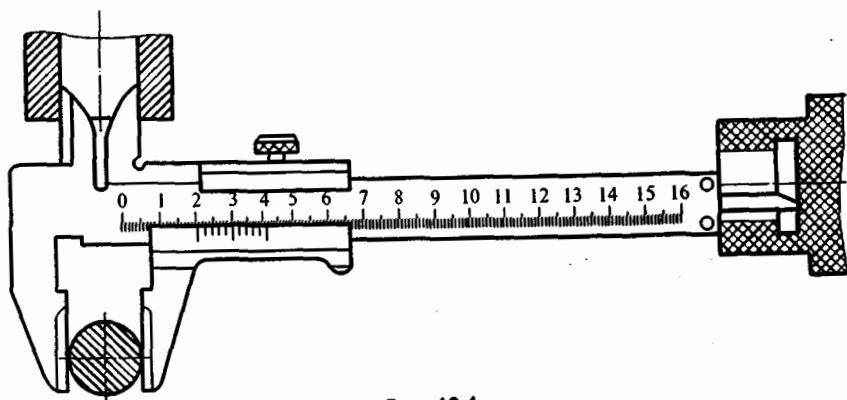


Рис. 10.4

делении размера сначала считают по шкале штанги число миллиметров до нулевого штриха нониуса, а затем по шкале нониуса смотрят, какой штрих нониуса точно совпадает со штрихом шкалы штанги. Совпавший штрих нониуса укажет число десятых долей миллиметра.

На рис. 10.5 показан прием измерения кронциркулем толщины стенки. Проводимая карандашом черта позволяет после извлечения кронциркуля из детали вновь сдвинуть его ножки до положения, которое они занимали при измерении толщины стен-

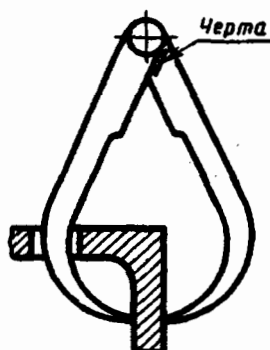


Рис. 10.5

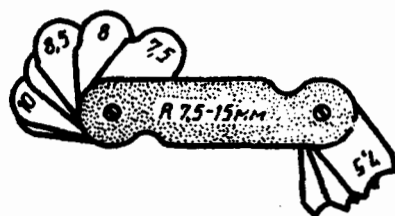


Рис. 10.6

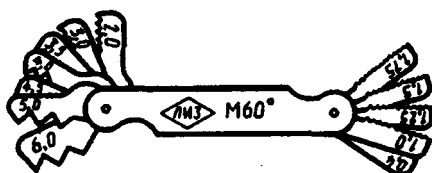


Рис. 10.7

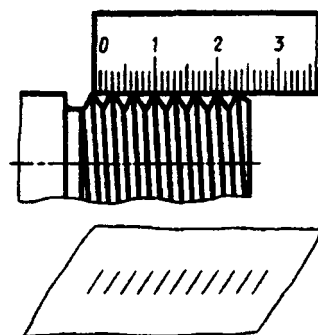


Рис. 10.8

ки. Скругления, наружные и внутренние, измеряют шаблоном радиусным (рис. 10.6), параметры резьб (шаг, угол профиля) — шаблоном резьбовым (рис. 10.7). При его отсутствии шаг определяют, измерив длину резьбы и поделив ее на подсчитанное число шагов или сделав отпечаток и произведя те же подсчеты (рис. 10.8). Полученное значение шага необходимо сверить со

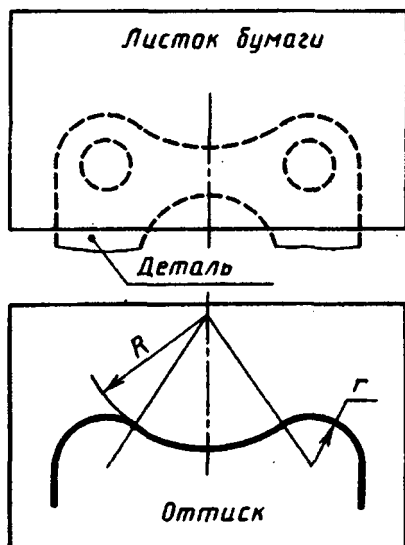


Рис. 10.9

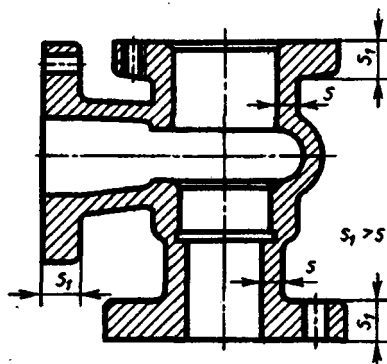


Рис. 10.10

значениями, помещенными в соответствующих стандартах (см. п. 8.5).

Вообще «метод обмятия» (отпечатков) широко используют при эскизировании (рис. 10.9), однако применяя его, нужно обеспечить достаточную точность измерений.

При измерении литой детали типа «корпус» учесть, что толщина фланцев, как правило, больше толщины стенок (рис. 10.10). О приемах измерения зубчатых колес см. в п. 9.4.

Труд современного конструктора является высшей формой творчества — коллективным творчеством.

*А. С. Яковлев.
Рассказы авиаконструктора*

11. СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ. ДЕТАЛИРОВАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ОБЩЕГО ВИДА.

11.0. Сборочные чертежи. Общие сведения. Сборочный чертеж (код — СБ, в дальнейшем чертеж СБ) составляют на стадии разработки рабочей КД (см. п. 6.2) на основе технического или эскизного проекта (см. п. 6.3). В общем случае он содержит (ГОСТ 2.109—73*) (СТ СЭВ 5045—85; 4769—84):

а) изображение сборочной единицы (с минимальным, но достаточным количеством видов, разрезов и сечений), дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность осуществления ее сборки (изготовления) и контроля. Изображение простых изделий следует ограничивать одним видом или разрезом, если его достаточно для осуществления сборки (рис. 11.1). Допускается: помещать на чертеже СБ схемы соединения и расположения составных частей изделия и приводить данные о работе изделия и о взаимодействии его частей; изображать перемещающиеся части изделия в крайних и промежуточных положениях с соответствующими размерами (см. рис. 2.7), а также пограничные (соседние) изделия («обстановку»), причем в разрезах и сечениях «обстановку» обычно не штрихуют;

б) **размеры** — габаритные, установочные, присоединительные и другие справочные размеры, например обозначения резьб, параметры зубчатых колес, служащих элементами внешней связи (см. рис. 11.1);

в) **номера позиций.**

11.1. Спецификация. Является основным конструкторским документом (см. п. 6.2). Определяет состав сборочной единицы, комплекса, комплекта. Согласно ГОСТ 2.108—68* (СТ СЭВ 2516—80), выполняют ее на листах формата А4 по форме 1 (заглавный лист, рис. 11.2) и А1 (последующие листы). В первом случае основную надпись выполняют по форме 2 (рис. 11.3, а), во втором — по форме 2а (рис. 11.3, б) и без нанесения дополнительных граф.

В общем случае спецификация состоит из разделов, располагаемых в такой последовательности: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие

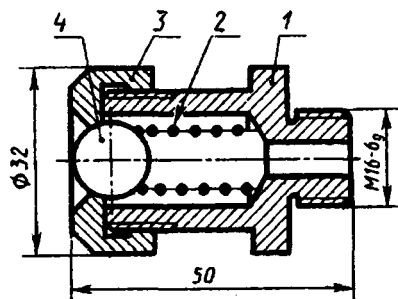


Рис. 11.1

изделия, материалы, комплекты. Наличие тех или иных разделов определяет состав изделия.

Наименование каждого раздела указывают в графе «Наименование» и подчеркивают тонкой линией. Ниже каждого заголовка оставляют свободную строку, а в конце каждого раздела — не менее одной строки для возможных дополнительных

записей. Ширина строк — не менее 8 мм.

Содержание каждого раздела (применительно к учебным чертежам, см. рис. 11.22).

Документация — основной комплект КД (сборочный чертеж и схема деления изделия на составные части).

Сборочные единицы — сборочные единицы, входящие в специфицируемое изделие.

Детали — детали, непосредственно входящие в изделие (т. е. на входящие в состав перечисленных выше сборочных единиц). Запись сборочных единиц и деталей производят в порядке возрастания цифр, входящих в их обозначение.

Стандартные изделия — изделия, примененные по государственным, республиканским, отраслевым стандартам и стандартам предприятий (для изделий вспомогательного производства). В пределах каждой категории стандартов запись производят по группам изделий, объединяемых по функциональному назначению (подшипники качения, крепежные изделия и т. п.), в пределах каждой группы — в алфавитном порядке наименований (например, болты, винты, гайки, шпильки, шпильники), в пределах каждого наименования — в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого обозначения — в порядке возрастания основных параметров или размеров, например диаметра, длины.

Материалы — материалы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие (т. е. не входящие в состав сборочных единиц изделия). Записывают их в такой последовательности: металлы черные, металлы цветные, провода, шнуры, пластмассы и т. д. (подробнее см. ГОСТ 2.108—68). В пределах каждого вида материалы записывают в алфавитном порядке, а в пределах каждого наименования — по возрастанию размеров или других параметров. Не записывают материалы, количество которых на изделие не может быть определено конструктором (например, лаки, краски, клей, припой и т. п.). Их количество в таких случаях устанавливает технолог, а указания о их применении дают в ТТ на поле чертежа.

Если обозначение материала не вписывается в одну строку,

297

210

5

20

6 6 8 70 65 10

Формат Зона Поз. Обозначение Наименование Примечание

Основная надпись по ГОСТ 2.104-68

Рис. 11.2

то занимают две строки: в этом случае порядковый номер по спецификации (позицию) записывают в одну строку с началом записи наименования.

В графе «Формат» указывают форматы документов, обозначения которых записаны в графе «Обозначения». Если документ выполнен на нескольких листах, то в графе проставляют «звездочку», а в графе «Примечание» перечисляют все форматы в порядке их увеличения (если они различны). Так же поступают в случае применения дополнительных форматов по ГОСТ 2.301—68* (например, A4×2); для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе пишут «БЧ» (см. рис. 11.7)

В графе «Зона» указывают обозначение зоны, в которой находится номер позиции составной части изделия (при разбивке поля чертежа на зоны).

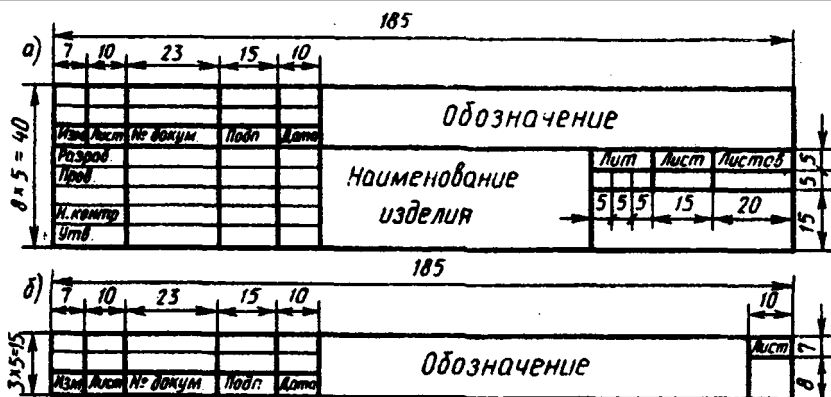


Рис. 11.3

В графе «Поз.» указывают порядковые номера составных частей изделия в последовательности записи их в спецификации. Для раздела «Документация» графу не заполняют.

В графе «Обозначение» в разделе «Документация» указывают обозначение записываемых документов, в разделах «Сборочные единицы» и «Детали» — обозначения основных КД. В разделах «Стандартные изделия» и «Материалы» графы «Формат» и «Обозначения» не заполняют.

В графе «Наименование» в разделе «Документация» указывают только наименования документов («Сборочный чертеж», «Схема деления изделия», «Технические условия» и т. п.), в разделах «Сборочные единицы» и «Детали» — наименования сборочных единиц и деталей в соответствии с основными надписями на их чертежах. Для деталей, на которые не выпущены чертежи (код — БЧ), в этой графе указывают наименования, размеры, необходимые для их изготовления, и материалы.

В разделах «Стандартные изделия» и «Материалы» записывают наименования и обозначения в соответствии со стандартами на них. Допускается применять записи типа (с указанием номеров позиций):

Гайки ГОСТ 5915—70

M12—6H.05

2M12×1,25—6H.12.40X.016

M14—6H.04.016 и т. д.

Наименования сборочных единиц и деталей записывают в именительном падеже единственного числа независимо от их количества. При этом они должны быть по возможности краткими, желательно — однословными. Если наименование состоит из двух слов, то на первом месте пишут имя существительное, например «Гайка накидная» (а не «Накидная гайка»).

В графе «Кол.» указывают количество на одно изделие; в разделе «Материалы» — общее количество материалов также на одно изделие с указанием единиц (последние можно указывать в графе «Примечание»). В разделе «Документация» графу не заполняют.

Допускается совмещать спецификацию с чертежом СБ при условии их размещения на листе формата А4¹. При этом спецификацию располагают ниже изображения изделия, заполняя ее в указанном выше порядке (см. рис. 11.8 и 11.20). Такому документу присваивают обозначение основного КД (т. е. код СБ к обозначению не добавляют).

Примечания. 1. Верхнюю часть спецификации и основную надпись по форме 2 или 2А обычно выполняют на бланках спецификаций, изданных типографским или каким-либо другим способом.

2. Согласно ГОСТ 2.105—79* (СТ СЭВ 2667—80), при выполнении спецификации рукописным способом цифры и буквы необходимо выполнять черной тушью. Однако в учебных спецификациях их, как правило, выполняют карандашом. При этом все надписи в спецификации должны быть предельно четкими.

11.2. Нанесение номеров позиций. Все составные части сборочной единицы нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации. Номера позиций наносят на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей. Одним концом линия-выноска должна заходить на изображение указываемой составной части изделия и заканчиваться точкой, другим — соединяться с горизонтальной полкой. У зачерненных или узких площадей точку заменяют стрелкой (см. поз. 2 на рис. 11.1).

Линии-выноски не должны пересекать изображения других составных частей изделия, пересекаться между собой и пересекать (по возможности) размерные и выносные линии, быть параллельными линиям штриховки; допускается их выполнять с одним изломом (поз. 8 на рис. 11.5). Разрешается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций для группы деталей с отчетливо выраженной и исключающей различное понимание взаимосвязью. При этом на верхней полке (рис. 11.4) указывают номер позиции той детали, на изображении которой линия-выноска начинается точкой или стрелкой.

Полки располагают параллельно основной надписи вне контура изображения и группируют в колонки и строчки (см. рис. 11.1 и 11.5). Линии-выноски и полки проводят тонкими линиями. Номера позиций записывают размером шрифта в $1\frac{1}{2}$ —2 раза большим, чем размер шрифта, принятый для размерных чисел, и указывают на тех изображениях, на которых соответствующие части проецируются как видимые, как правило, один раз. Допускается в обоснованных случаях повторно указывать номера позиций одинаковых составных частей, выделяя их двойной полкой.

¹ Для изделий вспомогательного и единичного производства допускается совмещение спецификации со сборочным чертежом на листах любого формата, установленного ГОСТ 2.301—68. Спецификацию располагают над основной надписью и заполняют ее так же, как и выполняемые на отдельных листах. Основная надпись — по форме 1 ГОСТ 2.104—68*.

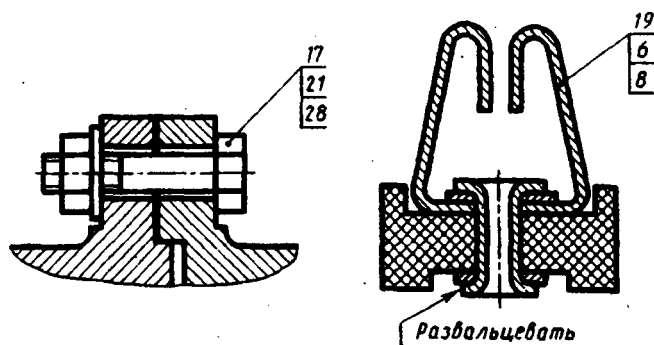


Рис. 11.4

11.3. Дополнительные сведения о сборочных чертежах. Если деталь больших размеров соединена с помощью запрессовки, сварки, клепки или другим способом с деталями (1—3 шт.) меньших размеров и менее сложной конфигурации, то допускается на чертеже

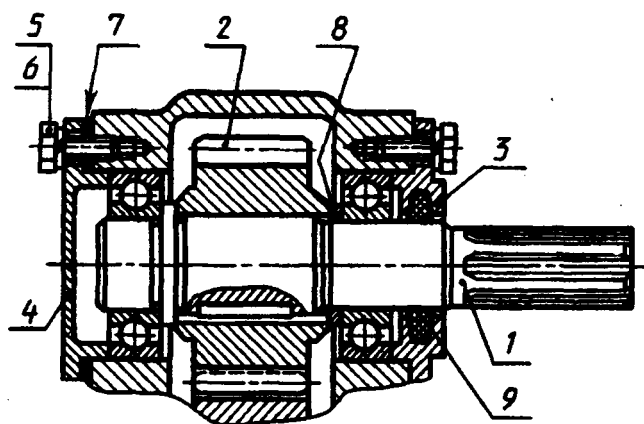


Рис. 11.5

СБ помещать все размеры и другие параметры детали больших размеров и выпускать отдельные чертежи на остальные детали (рис. 11.6).

Такую деталь называют «бесчертежной» (на нее не выпускается отдельный рабочий чертеж и она изготавливается по сборочному чертежу К502.731113.010СБ — рис. 11.6).

Бесчертежная деталь записывается в спецификации сборочного чертежа в разделе «Детали» последней с кодом БЧ в графе «Формат» и с указанием материала в графе «Наименование» — см. рис. 11.17.

На поле чертежа СБ можно помещать отдельные изображения нескольких деталей, на которых допускается не выпускать рабочие чертежи, при условии сохранения ясности чертежа.

Над изображением детали указывают номер позиции и мас-

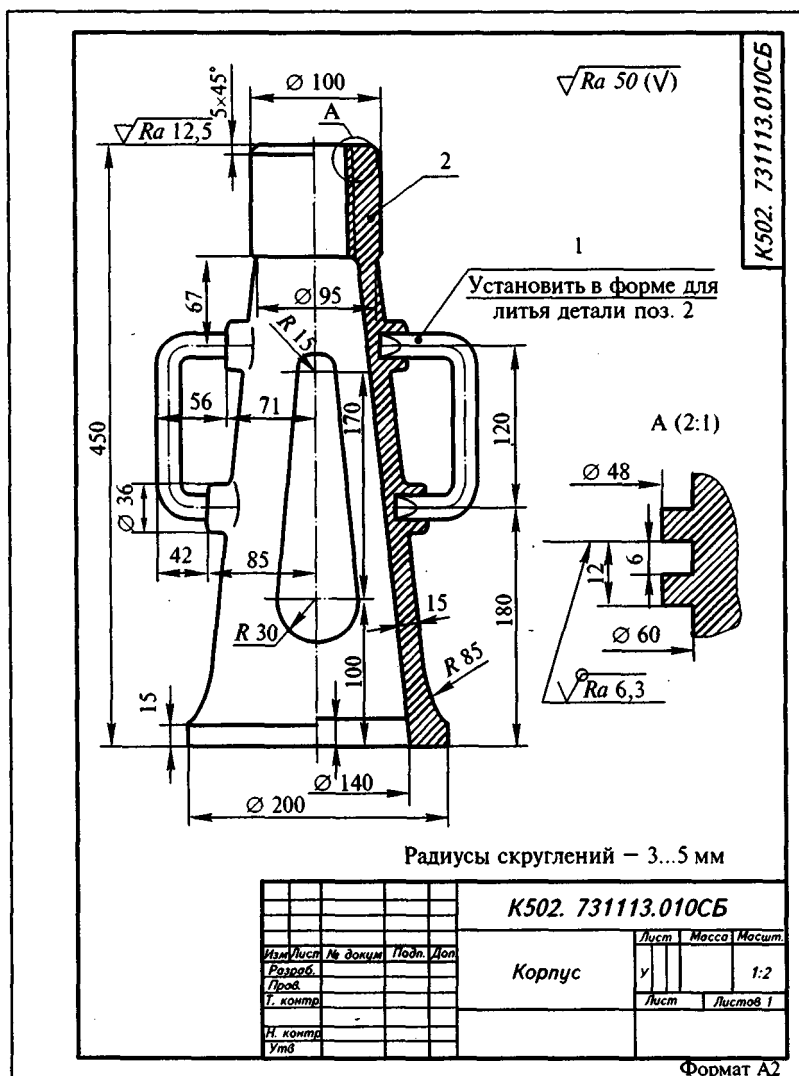


Рис. 11.6

штаб, если он отличается от масштаба, указанного в основной надписи.

Если сборочную единицу изготовляют наплавкой на деталь металла или сплава, заливкой поверхностей или элементов детали металлом, сплавом, пластмассой, резиной и другими материалами, то на ее чертеже указывают размеры и другие данные, необходимые для изготовления и контроля всех или части составных частей сборочной единицы, а в ее спецификацию записывают соответствующие материалы (рис. 11.8). Такие сборочные единицы называют *армированными деталями*.

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Коп	Примеч.
				Документация		
13			K502.731113.010СБ	Сборочный чертеж		
				Детали		
14	1		K502.731113.011	Ручка	2	
15	2		K502.731113.012	Корпус	1	
				СЧ25 ГОСТ 1412-79		

				K502.731113.010		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Листов
Разраб.						
Проект						

Рис. 11.7

Кроме справочных чертеж СБ может содержать *рабочие размеры* и другие параметры (например, шероховатость поверхностей, покрытия), *используемые и контролируемые в процессе сборки и при приемке готового изделия*. В частности, к ним относят отверстия для смазки (рис. 11.9) и под цилиндрические и конические штифты (рис. 11.10), засверливаемые при сборке. Такие отверстия на рабочих чертежах деталей не изображают и не оговаривают. Так, втулка (рис. 11.9) поступает на сборку без отверстия для смазки, а труба и цапфы (рис. 11.10) — без отверстий под штифты.

Если чертеж СБ содержит только справочные размеры, то над основной надписью пишут: *Размеры для справок*, при наличии и рабочих размеров все справочные размеры отмечают знаком (*) и этим же знаком начинают указанную надпись.

11.4. Упрощения на чертеже СБ. Допускается не показывать: фаски, скругления, углубления, выступы и другие мелкие элементы; зазоры между стержнем и отверстием (на начальной стадии обучения этими допущениями пользоваться не рекомендуется); крышки, кожухи, маховики и другие составные части изделия, если необходимо показать закрываемые ими другие части изделия. В этих случаях над соответствующим изображением делают надпись типа: *Крышка поз. 3 не показана*; а также надписи на табличках и фирменных бланках, изображая только контур последних.

Смежные детали в разрезах и сечениях выделяют разной по

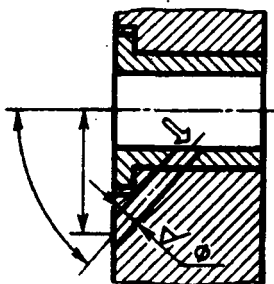


Рис. 11.9

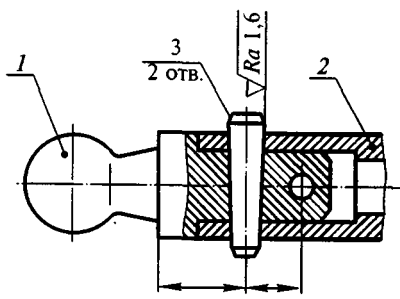


Рис. 11.10

ные за прозрачными предметами, изображать как видимые, например шкалы, стрелки приборов и т. п.

Контуры, расположенные за винтовой пружиной, изображенной лишь сечениями витков, изображают до зоны, определяемой осевыми линиями сечений витков (см. рис. 11.1).

Составные части, оформленные самостоятельным сборочным чертежом, на разрезах изображают нерассеченными (шпиндель с клапаном на рис. 11.11). Допускается выполнять полное изо-

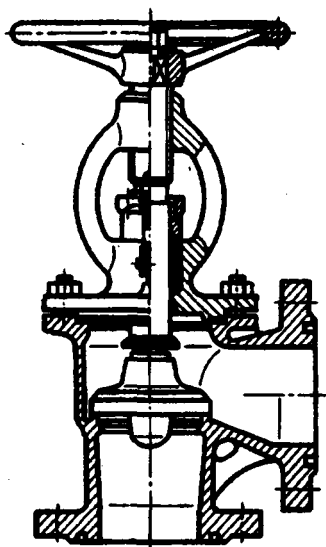


Рис. 11.11

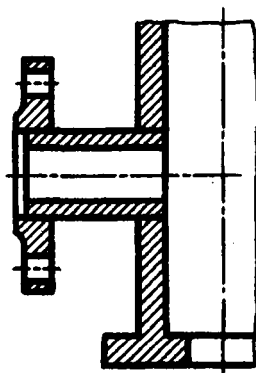


Рис. 11.12

бражение одной составной повторяющейся части, а изображение остальных частей — упрощенно в виде внешних очертаний.

Сварное, паяное, клееное и т. п. изделие из однородного материала в сборе с другими изделиями в разрезах и сечениях штрихуют в одну сторону, изображая между деталями изделия основными линиями (рис. 11.12).

11.5. Уплотнительные устройства. Их назначение — препятствовать проникновению через зазоры между подвижными или неподвижными частями изделия пыли, грязи, жидкости, пара, газов, масла и т. п.

В зависимости от условий (давления, температуры, воздействия кислот, щелочей, бензина) уплотнения изготовляют из соответствующего материала — технической листовой резины, технического войлока, паронита, фторопласта — путем выреза или штамповкой.

Широко применяют стандартные уплотнения, изготовленные в виде манжет и колец круглого, квадратного, прямоугольного и других сечений, закладываемых в соответствующие пазы или проточки также стандартных размеров. На рис. 11.13 — пример

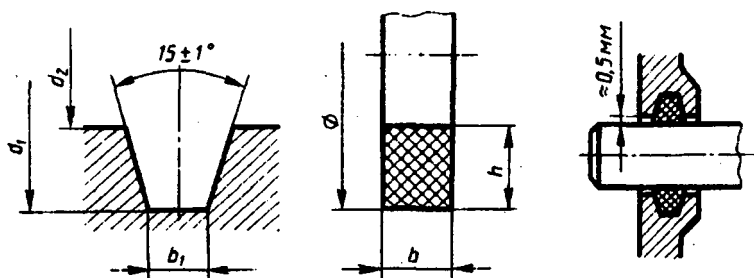


Рис. 11.13

установки защитного фетрового кольца прямоугольного сечения, а на рис. 11.14 — резинового кольца круглого сечения. Их записи в спецификации: Кольцо 12×12.80 ГОСТ 6308—71, где 12×12 — размеры сечения кольца в мм; Кольцо 020—024—25

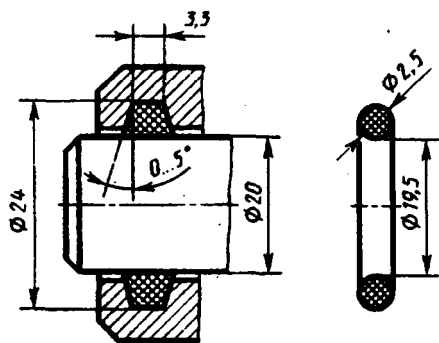


Рис. 11.14

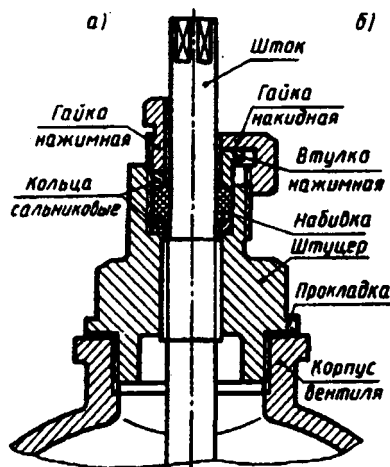


Рис. 11.15

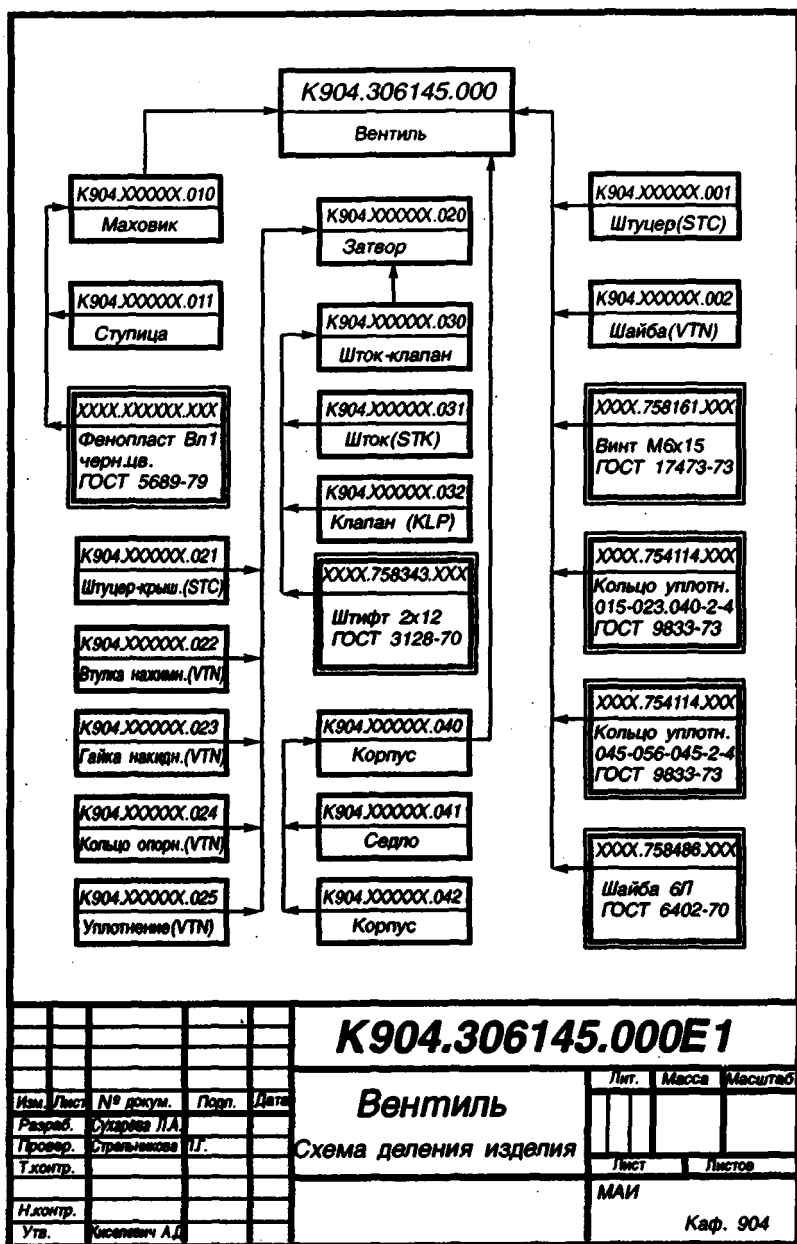


Рис. 11.16

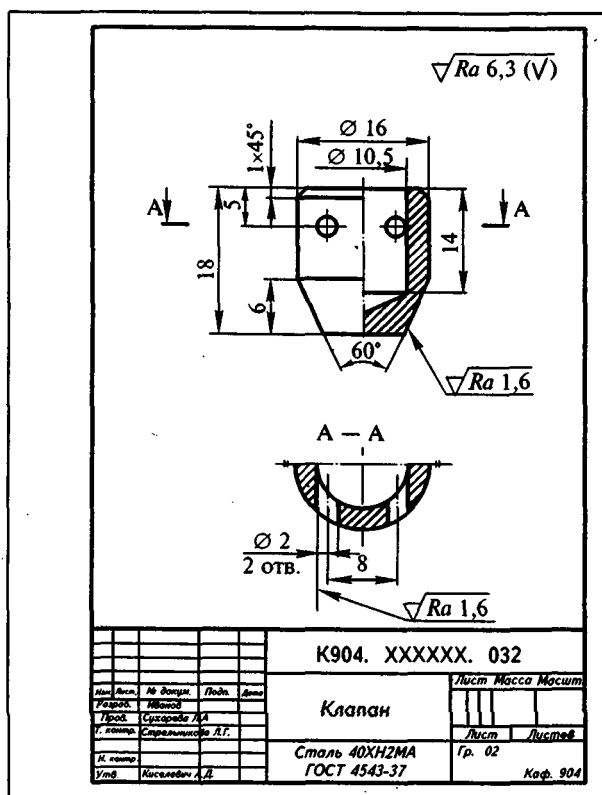


Рис. 11.18

двинутом («в исходном») положении гайки. Задвижки изображают в закрытом положении, краны — в открытом.

В ГОСТ 5152—84* приведены марки сальниковых набивок для той или иной среды (воздух, вода, газы, нефтепродукты и т. д.) и рекомендации по их применению. Пример записи в спецификации:

Набивка плетеная марки ХБС 18×18 ГОСТ—84, где ХБС — хлопчатобумажная сухая набивка, 18×18 — размеры сторон сечения в мм. (Предназначена для применения в сальниковых устройствах в насосах и арматуре.)

11.6. Последовательность выполнения учебного сборочного чертежа.

1-й этап. Уяснение назначения изделия, принципа действия, конструктивных особенностей. Обычно эти сведения содержат паспорт (описание), прилагаемый к изделию, в данном примере к изделию вентиль.

Вентиль (рис. 11.23) является видом арматуры трубопроводов. В отличие от крана, который изменяет направление и запирает поток рабочего тела (жидкости или газа), или клапана, который посредством пружины автоматически открывается при заданном

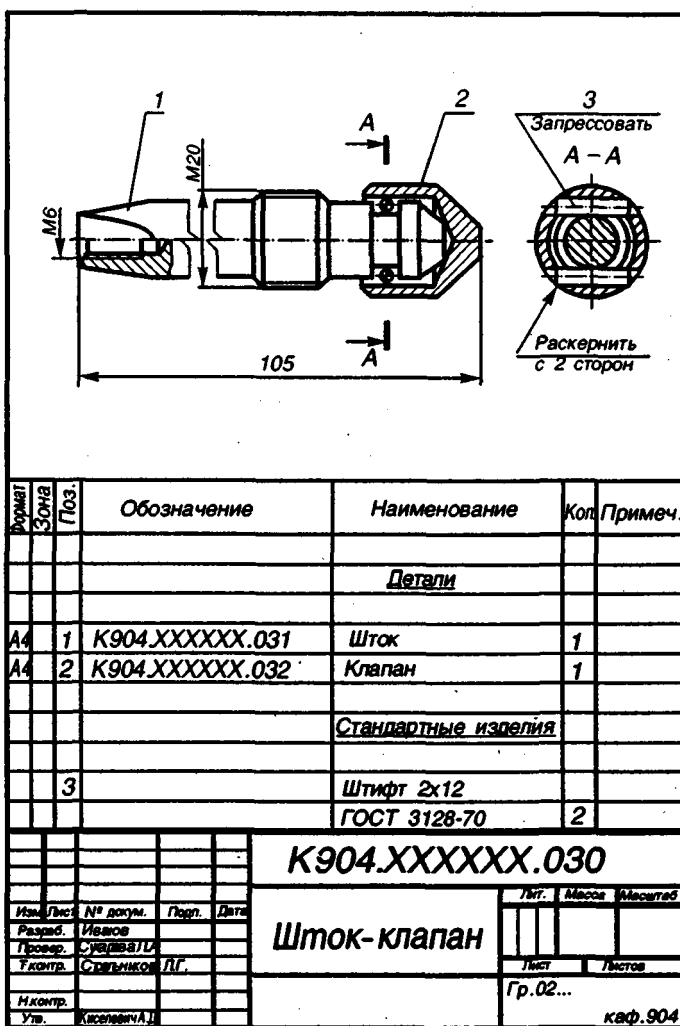


Рис. 11.19

давлении рабочего тела в трубопроводе, вентиль служит для изменения площади сечения проходного отверстия. При этом устройство, изменяющее это сечение (золотник, клапан), перемещается вдоль направления потока рабочего тела.

2-й этап. Разборка изделия и составление схемы его деления на составные части. При выделении частей изделия, подлежащих оформлению отдельными сборочными чертежами, руководствуются технологической целесообразностью, а также физической возможностью их существования (они не должны рассыпаться) и при необходимости требованиями хранения (задел) на складе. Как видно из схемы (рис. 11.16), вентиль состоит из двух

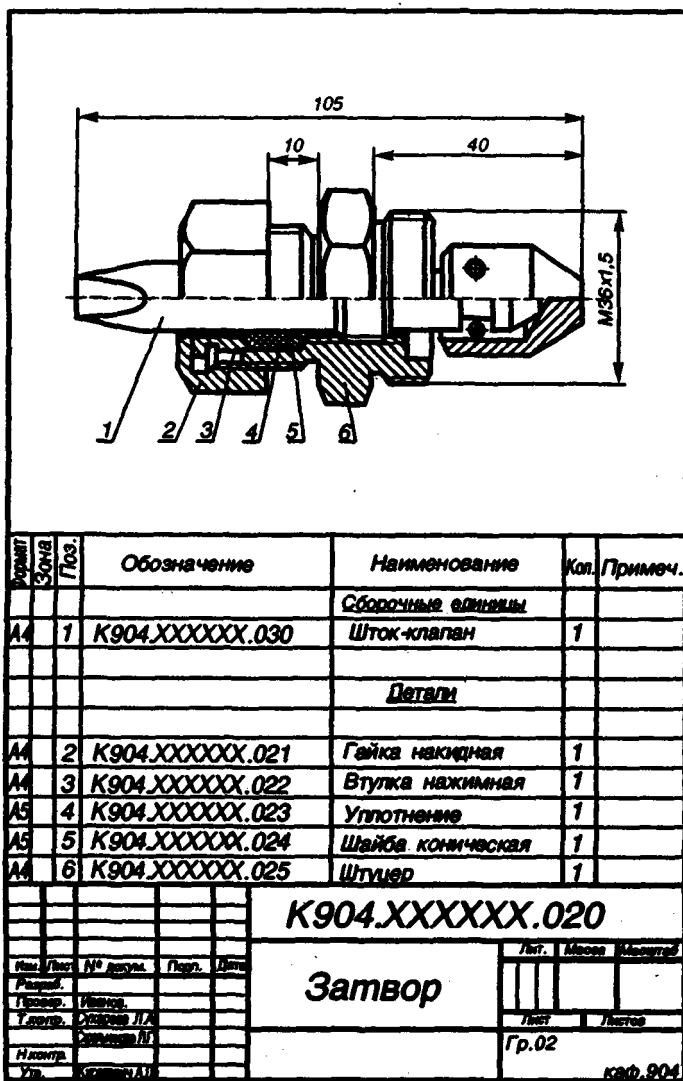


Рис. 11.20

отдельных оригинальных, четырех стандартных деталей, непосредственно входящих в изделие, и трех сборочных единиц, поступающих на сборку в предварительно собранном виде. Сборочная единица затвор (рис. 11.20) состоит из сборочной единицы шток-клапан (рис. 11.19) и деталей, входящих непосредственно в нее (см. рис. 11.16), а сборочная единица шток-клапан состоит из деталей шток, клапан, и стандартной детали штифт, соединяющей их.

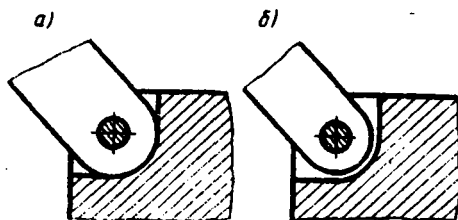


Рис. 11.21

3 - й этап. Выполнение эскизов всех составных частей изделия — деталей и сборочных единиц со спецификациями к последним. Съемку эскизов целесообразно начинать с основной (обычно корпусной) детали изделия. Особое внимание надо уделять согласованию размеров сопрягаемых поверхностей. Можно такие размеры подчеркивать на эскизах красным карандашом. Эскизы сборочных единиц выполняются на листах формата А4 вместе со спецификациями (рис. 11.19 и 11.20).

Наименование составных частей и марки материалов берут, как правило, из паспорта.

Радиусы закруглений охватывающей детали должны быть больше радиусов охватываемой (рис. 11.21, а, б).

4 - й этап. Составление спецификаций. Основа — схема деления изделия. В разделе «Сборочные единицы» спецификации затвор записана сборочная единица шток-клапан (рис. 11.20), а сама сборочная единица затвор записана в спецификацию всего изделия (рис. 11.22). Для правильного обозначения стандартных деталей следует сверять их параметры, полученные измерением, по соответствующим стандартам, например проверять, является ли гайка нормальной, высокой или низкой, с нормальным или уменьшенным размером «под ключ», с мелким или крупным шагом и т. д.

5 - й этап. Выполнение сборочного чертежа в тонких линиях. Выбирают главное изображение, дающее наиболее полное представление об изделии. Обычно оно является фронтальным разрезом (рис. 11.23) или соединением половины вида спереди с половиной фронтального разреза, если изделие имеет профильную плоскость симметрии. Намечают другие изображения (их число должно быть минимальным, но не в ущерб ясности чертежа), позволяющие в своей совокупности установить, какие составные части входят в изделие и как они соединены друг с другом.

Рекомендуется предварительно наметить размещение намеченных изображений на поле чертежа с их основными габаритными размерами, что облегчит выбор масштаба чертежа, следовательно, и формата. В графу «Разраб.» основной надписи вписывают четким

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч. (ПП АВЧ)					
				<u>Документация</u>							
A3			K904.306145.000СБ	Сборочный чертеж							
A4			K904.306145.000Е1	Схема деления изделия							
				<u>Сборочные единицы</u>							
A4	1		K904.XXXXXX.010	Маховик	1						
A4	2		K904.XXXXXX.020	Затвор	1						
A4	3		K904.XXXXXX.040	Корпус	1						
				<u>Детали</u>							
A4	4		K904.XXXXXX.001	Штуцер	4						
A4	5		K904.XXXXXX.002	Шайба	1						
				<u>Стандартные изделия</u>							
	6			Винт М6х15.58							
				ГОСТ 17473-80	1						
	7			Шайба 8П.65Г							
				ГОСТ 6402-70	1						
				Кольца							
				ГОСТ9833-73:							
	8			015-023-040-2-4	1						
	9			045-056-045-2-4	1						
				K904.306145.000							
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вентиль <table border="1"> <tr> <td>Лит.</td> <td>Лист</td> <td>Листов</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> </table>	Лит.	Лист	Листов			1
Лит.	Лист	Листов									
		1									
Разраб.											
Провер.											
Н.контр.											
Утв.											

Рис. 11.22

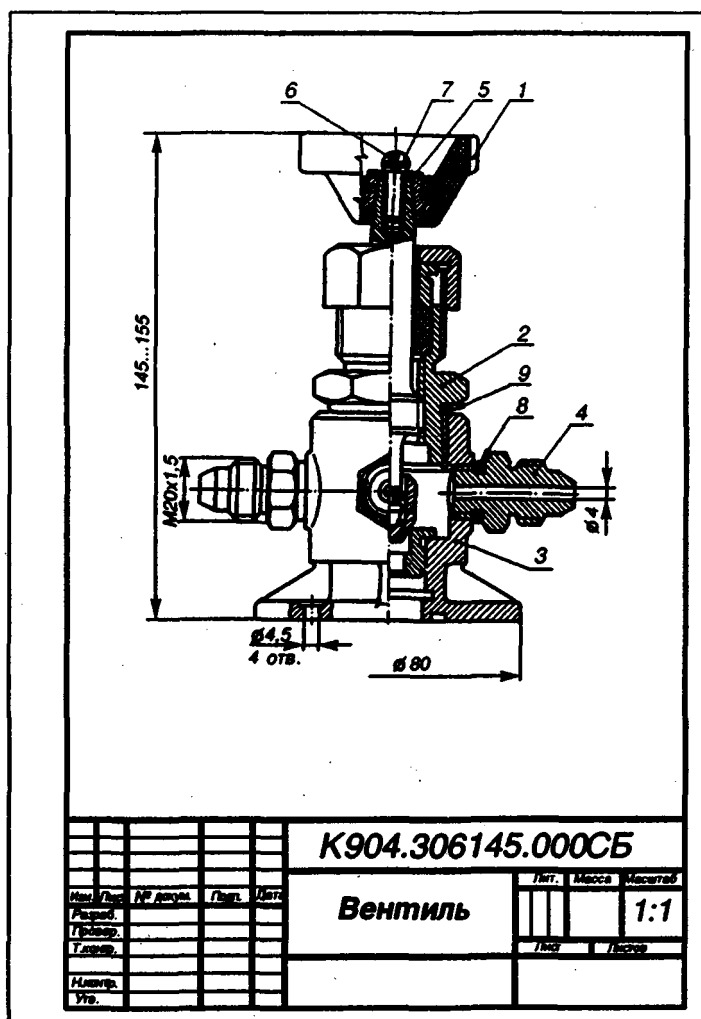


Рис. 11.23

Желательно чертеж СБ и спецификацию к нему помещать на одном листе (если, конечно, не используются готовые бланки спецификации).

Построение следует вести одновременно на всех намеченных изображениях, увязывая их друг с другом. Если на эскизе обнаружатся те или иные недочеты — пропуск размера, отверстия, канавки, то их необходимо устранить путем повторного осмотра соответствующей детали.

На начальной стадии обучения лучше не применять на учебных чертежах СБ некоторые упрощения, *допускаемые* (следовательно, необязательные к применению) стандартами. В особенности это

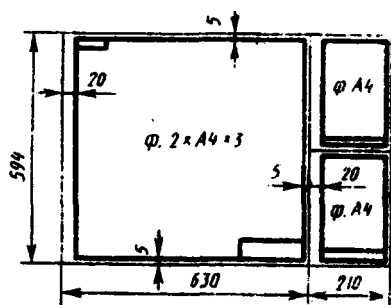


Рис. 11.24

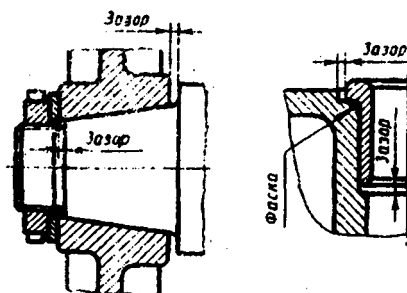


Рис. 11.25

относится к зазорам, обеспечивающим сборку и надежную работу изделия. В частности, зазоры, показанные на рис. 11.25 (см. также левый рис. 11.4), рекомендуется показывать на учебных чертежах, если это допускает масштаб изображения.

6 - й этап. Нанесение габаритных, присоединительных и (если есть) рабочих размеров (шрифт 5 мм) с соответствующей оговоркой над основной надписью (см. рис. 11.23); нанесение (шрифт 7...10 мм) номеров позиций, руководствуясь спецификацией (см. рис. 11.22). Заполнение соответствующих граф основной надписи.

7 - й этап. Внимательный просмотр чертежа и предъявление его на проверку преподавателю (на «первую подпись»). Внесение необходимых поправок.

8 - й этап. Обводка чертежа. Толщина линий видимого контура — 0,8...1,0 мм, невидимого контура (если таковые имеются) — 0,4...0,5 мм, всех остальных — 0,25...0,3 мм (не тоньше). Чертеж подписывает исполнитель с указанием даты его завершения (например, 18.09.2001) и предъявляет преподавателю на «вторую подпись».

11.7. Понятие о чертеже общего вида (код — ВО, краткая форма записи — чертеж ВО). Как было отмечено выше (п. 6.3), чертеж ВО относится к проектной документации. Он адресован конструктору — разработчику рабочей КД и за пределы КБ не выходит.

Чертеж ВО, эскизного проекта, согласно ГОСТ 2.119—73*, в общем случае содержит:

1) изображение изделия (виды, разрезы, сечения), текстовую часть и надписи, необходимые для понимания устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы;

2) наименования, а также обозначения составных частей изделия, для которых необходимо указать те или иные данные (например, материал). Их указывают на полках линий-выносок или в таблице, помещаемой на том же листе или на отдельных листах формата А4 в качестве последующих листов чертежа ВО. При наличии таблицы на полках линий-выносок указывают номера

позиций составных частей, перечисленных в таблице. Таблица в общем случае состоит из граф: «Поз.», «Обозначение», «Кол.», «Доп. указания» (например, о материале);

Примечание. Такую таблицу неправильно называть спецификацией и оформлять ее в приложении к чертежу ВО по ГОСТ 2.108—68*.

3) размеры и другие данные (при необходимости);

4) схему деления изделия на составные части, если она требуется, но оформлять ее отдельным документом нецелесообразно. Оформляют схему по ГОСТ 2.711—82, согласно которому составные части изделия подразделяют на: а) вновь разрабатываемые (оригинальные) — условное графическое обозначение — четырехугольник; б) заимствованные — ромбик; покупные — двойной четырехугольник — см. рис. 11.16. Размеры четырехугольников зависят от содержания помещаемых в них сведений. При выполнении схемы на отдельном листе в основной надписи к обозначению чертежа добавляют код Е1 (см. рис. 11.16).

На чертеже ВО, технического проекта (ГОСТ 2.120—73*), кроме того, приводят размеры с предельными отклонениями сопрягаемых поверхностей, указания о покрытиях, методах сварки.

В состав проектной документации входит также ведомость эскизного (или технического) проекта, содержащая перечень всех разработанных документов, и пояснительная записка, включающая, в частности, основные вопросы технологии изготовления изделия и расчеты, подтверждающие надежность конструкции.

Пример выполнения и оформления чертежа общего вида

На рис. 11.26 представлен учебный чертеж общего вида изделия вентиль, сборочный чертеж которого был рассмотрен выше (см. п. 11.6).

Сборочный чертеж (рис. 11.23) был представлен спецификацией и одним изображением, достаточным для сборки изделия из выполненных уже в металле его составных частей (деталей и сборочных единиц). Чертеж ВО (рис. 11.26) содержит пять изображений, необходимых для выявления конструктивных форм всех вновь разрабатываемых его составных частей и выполнения рабочей документации (рис. 11.17, 11.18, 11.19, 11.20 и др.) на них. По этой документации они будут выполнены в металле и поступят на сборку по чертежу СБ (рис. 11.23).

Кроме изображений, чертеж ВО содержит позиционные обозначения всех его составных частей (покупных — стандартных) и оригинальных (вновь разрабатываемых), представленных в таблице — перечне над основной надписью чертежа.

Пример чтения чертежа общего вида изделия «Вентиль»

Чертеж ВО и все его составные части, как проектного КД (изображения, таблица-перечень, габаритные и присоеди-

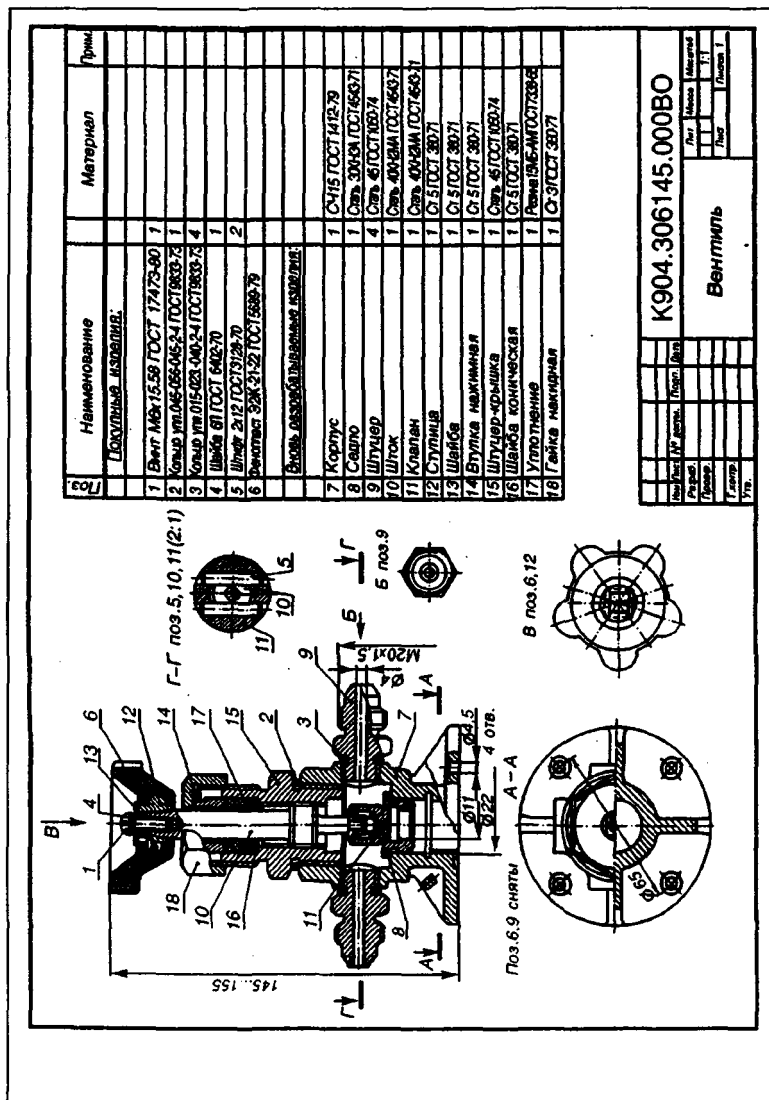


Рис. 11.26

тельные размеры, масштаб и другие надписи, а также схема деления), служат для выполнения рабочей КД в процессе его детализовки. Для выполнения рабочей КД необходимо прочитать чертеж ВО, т. е. понять принцип действия изделия, служебное назначение и конструкцию всех вновь разрабатываемых деталей, входящих в него. Примером такого прочтения чертежа ВО по рис. 11.26 может служить следующее его описание.

Основной (базисной) деталью изделия вентиль является его корпус (поз. 7, рис. 11.26). Расточка центрального отверстия образует смесительную камеру, в которую входят торцы 4-х штуцеров (поз. 9). Перед этой расточкой в центральное отверстие запрессовано седло (поз. 8) клапана, а над расточкой нарезана резьба для соединения корпуса с крышкой (поз. 15).

Эта крышка по конструкции является разновидностью штуцера, а по служебному назначению — корпусом затвора, в котором собираются шток (поз. 10), соединенный с клапаном (поз. 11), и детали уплотнения штока (поз. 14, 16, 17), запираемые и регулируемые накидной гайкой (поз. 18). Внешний конец штока соединяется с маховичком, являющимся армированным изделием, образованным опрессовкой арматуры — металлической ступицы (поз. 12) — пластмассой, полученной из пресс-порошка (поз. 6) в пресс-форме, изготавливаемой по чертежу маховичка.

Конструктивные формы корпуса, крышки, штока, штуцера, маховичка и накидной гайки выявляются по горизонтальному изображению (вид и разрез А-А) и дополнительным видам В и В. Соединение штока и клапана с помощью штифтов (поз. 5) читается на разрезе Г-Г.

Вращением маховичка осуществляется поступательное (вверх-вниз) перемещение штока по резьбе крышки-штуцера (поз. 15). Нижний конец штока передает движение клапану, которым регулируется площадь проходного отверстия седла.

11.8. Последовательность этапов детализирования чертежа ВО.

1 - й э т а п. Изучение чертежа (всегда начинают с прочтения основной надписи) — наименование изделия, его назначение, взаимодействие составных частей, способы их соединения, порядок сборки и сборки.

2 - й э т а п. Уяснение формы и выявление габаритов деталей и сборочных единиц (если последние имеются), пользуясь схемой деления изделия на составные части или их перечнем. Намечают для каждой из них число изображений (оно должно быть минимальным) и масштаб, делая соответствующие черновые наброски (они значительно облегчают выполнение детализовки).

Особое внимание уделяют выбору главных изображений, которые должны давать наиболее полные представления о формах деталей и их размерах. Детали, ограниченные соосными поверхностями вращения, изображают так, чтобы их оси располагались

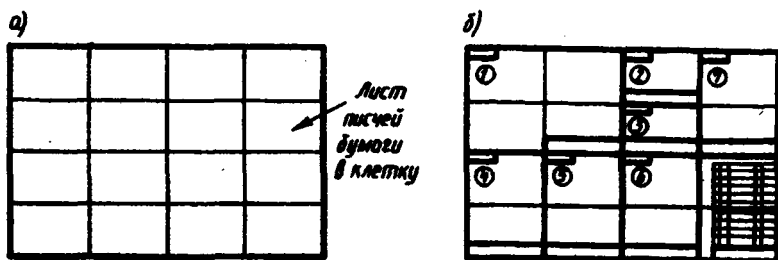


Рис. 11.27

относительно основной надписи горизонтально. Детали, изготавливаемые литьем, обычно изображают так, чтобы их основные базовые плоскости получали бы на чертеже горизонтальное положение.

3 - й этап. Составление компоновочной схемы. Делят лист бумаги (любого сорта, но достаточного размера), условно изображающий формат А1, на 16 равных частей — условные форматы А5 (рис. 11.27, а) — и, пользуясь набросками, намечают для каждой составной части подходящий формат — А2, А3, А4, А5 (если кафедра допускает применение последнего), как показано на рис. 11.27, б. При этом учитывают размеры основной надписи по форме 1 (см. рис. 11.3) или установленной кафедрой для учебных чертежей.

4 - й этап. Выполнение чертежей (деталировки). Пользуясь компоновочной схемой, выделяют на листах формата А1 (их число зависит от объема задания) соответствующие форматы для всех составных частей изделия, делают оттиски трафаретом основных надписей (или выполняют их от руки) и строят тонкими линиями изображения.

Примечание. Выполнять чертежи можно и на отдельных листах соответствующих форматов, но размещать их на листах формата А1 удобнее — хороший обзор, удобство увязки изображений и размеров.

Целесообразно размещать чертежи в такой последовательности: чертеж сборочной единицы, спецификация к ней (если она не может быть размещена на одном формате с ним), чертежи деталей, входящих в нее. Если в изделие входит не одна сборочная единица, а две и более, то эту последовательность повторяют соответствующее число раз. Затем выполняют чертежи деталей, входящих непосредственно в изделие, и в заключение — чертеж СБ и спецификацию к нему, но уже в полном соответствии с требованиями ГОСТ 2.109—73 (т. е. он не должен повторять заданный чертеж ВО).

5 - й и 6 - й этапы. Нанесение размеров и параметров шероховатости поверхностей. Как и при съемке эскизов (гл. 10), вначале следует нанести размерные сети. Так как размерные числа

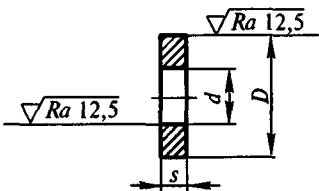
в данной работе определяют путем обмера чертежа ВО, то здесь очень важны наибольшая допустимая точность обмера и согласование полученных чисел с ГОСТ 6636—69 (СТ СЭВ 514—77). Нормальные линейные размеры. Размеры сопрягаемых поверхностей, как и на эскизах (п. 11.6), рекомендуется подчеркнуть красным карандашом. Высота цифр размерных чисел — 5 мм.

7 - й этап. Обводка чертежей после просмотра. Толщина линий видимого контура 0,8...1,0, невидимого — 0,4...0,5, всех остальных — 0,2...0,3 мм. Карандаши — М и ТМ.

8 - й этап. Заполнение основных надписей. Фамилии, подписи и даты (по типу 02.09.88) выполняют чернилами.

Вышеописанная последовательность этапов детализирования чертежа ВО должна строго выполняться в традиционном — ручном или в машинном — интерактивном процессе выполнения чертежей деталей.

В процессе машинного автоматического программного выполнения чертежей (АВЧ) конструктор-проектировщик-разработчик чертежа ВО изделия и его схемы деления (Е1) вписывает в прямоугольник графического условного обозначения чертежа

XXXX. XXXXXX. 014																																						
																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Обозначение</th> <th colspan="3">Размеры, мм</th> <th rowspan="2">Покр-тие</th> <th rowspan="2">Масса, г</th> </tr> <tr> <th>d</th> <th>D</th> <th>s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>XXXX.XXXXXX.014</td> <td>3,2</td> <td>7</td> <td>0,5</td> <td>Ц 18</td> <td>0,119</td> </tr> <tr> <td>-01</td> <td>4,3</td> <td>9</td> <td>0,8</td> <td>без покр.</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>-02</td> <td>5,3</td> <td>10</td> <td>1,0</td> <td>без покр.</td> <td>0,44</td> </tr> <tr> <td>-03</td> <td>6,4</td> <td>12,5</td> <td>1,2</td> <td>Ц 18</td> <td>0,85</td> </tr> </tbody> </table>						Обозначение	Размеры, мм			Покр-тие	Масса, г	d	D	s	XXXX.XXXXXX.014	3,2	7	0,5	Ц 18	0,119	-01	4,3	9	0,8	без покр.	0,3	-02	5,3	10	1,0	без покр.	0,44	-03	6,4	12,5	1,2	Ц 18	0,85
Обозначение	Размеры, мм			Покр-тие	Масса, г																																	
	d	D	s																																			
XXXX.XXXXXX.014	3,2	7	0,5	Ц 18	0,119																																	
-01	4,3	9	0,8	без покр.	0,3																																	
-02	5,3	10	1,0	без покр.	0,44																																	
-03	6,4	12,5	1,2	Ц 18	0,85																																	

Значения 5* см. таблицу									
XXXX. XXXXXX. 014									
Шайба					Лист 0				
Лист BS* ГОСТ 19904-74 Ст 3 ГОСТ 16523-89					Масса				
Лист					Листов 1				

Копировал
Формат А4

детали имя ПП АВЧ, по которой эта деталь выполняется в автоматическом режиме. Например (см. рис. 11.16, шток — (STK), клапан — (KLP), штуцер — (STC), втулка нажимная — (VTN) и т. д.

Конструктор-деталировщик обращается к ТКС соответствующей ПП АВЧ (см., например, рис. 12.17, $NB = 2$ — для втулки нажимной изделия «Вентиль» (рис. 11.26, поз. 14). Заполнив ТКС для ЛГР по ПП VTN (рис. 12.20), деталировщик обращается к ПЭВМ, вызывает сервисные ПП FON и ZONTS (см. п. 12.3), ПП VTN, вводит данные в меню ТКС — VTN и получает чертеж (рис. 12.23). Аналогично по этой же ПП можно получить чертежи деталей гайка накидная (023), кольцо опорное (024), уплотнение (025) и др. (см. рис. 11.16).

Такой экспериментальный процесс подробно описан в прило-

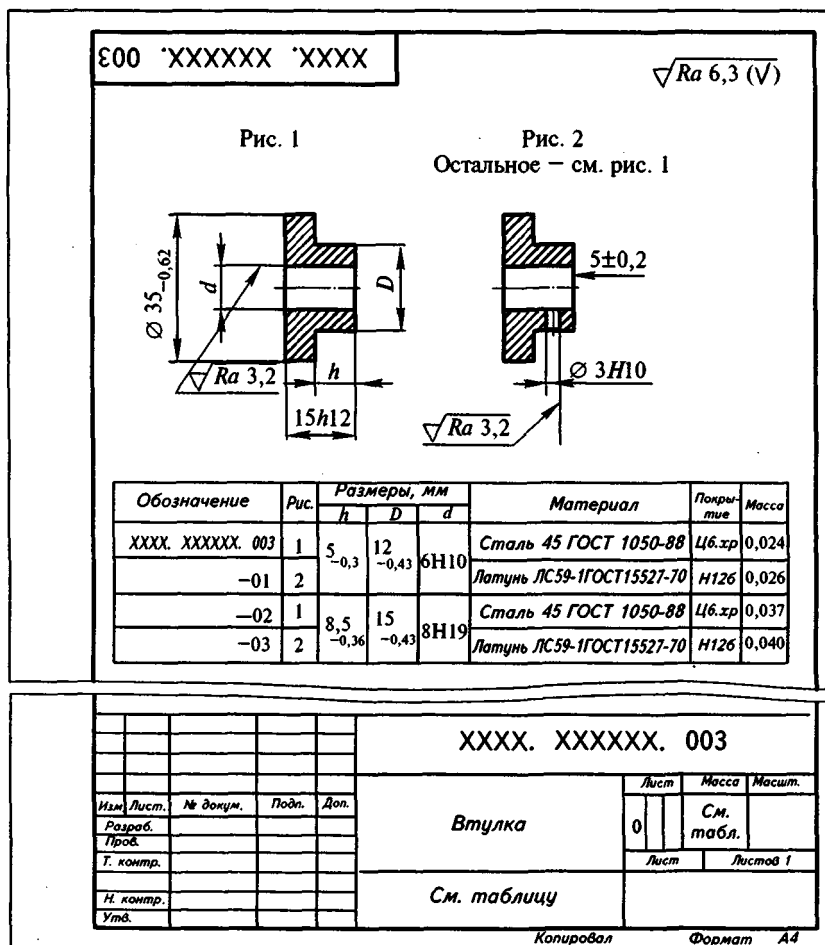


Рис. 11.29

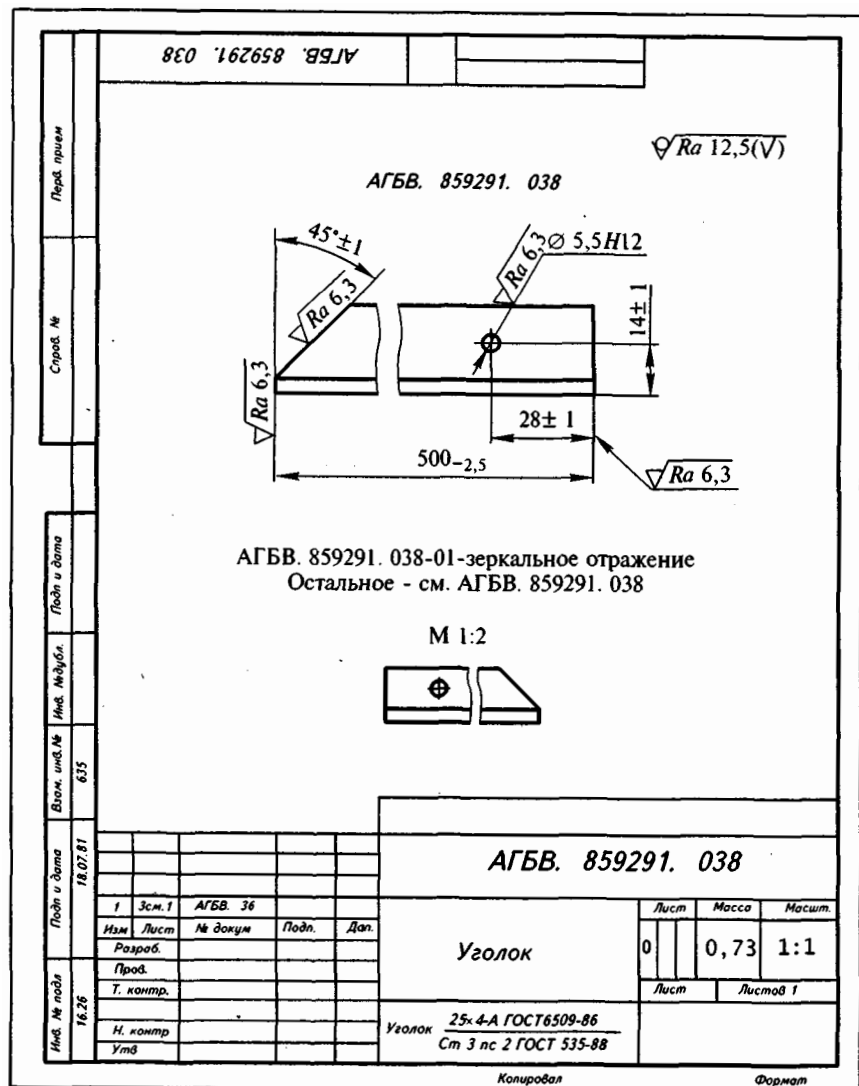


Рис. 11.30

жении к учебнику — «ЛПМГ».

11.9. Групповые конструкторские документы. Составные части изделия могут быть одинаковой формы, но разных размеров, изготовлены из разных материалов и с различными покрытиями, отличаться точностью изготовления и другими параметрами.

Для сокращения объема конструкторской работы ГОСТ 2.113—75* (СТ СЭВ 1179—78) допускает составление группового

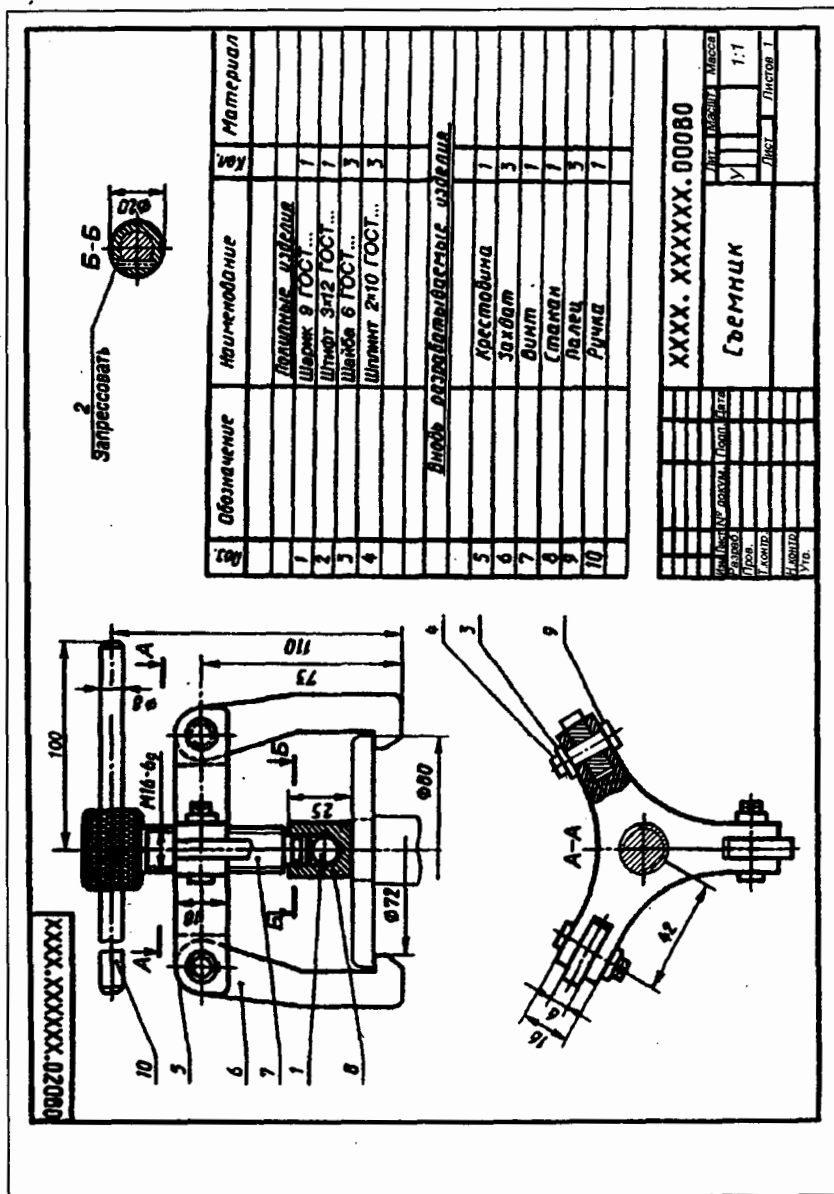


Рис. 11.31



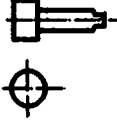



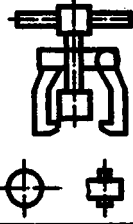
			
Крестовина 001 (1:1)	Захват 002 (2:1)	Винт 003 (1:1)	Ручка 004 (2:1)
			
Стакан 005 (2:1)	Палец 006 (4:1)	Съемник 000 (1:1)	Спецификация

Рис. 11.32

КД, содержащего информацию о двух и более исполнениях детали или сборочной единицы.

Одно из исполнений условно принимают за основное и на его изображении указывают общие для всех исполнений размеры, шероховатость поверхностей и т. д., а переменные величины обозначают буквами латинского алфавита, указывая их на изображении основного исполнения или дополнительных изображениях (при необходимости).

Значения всех переменных данных помещают в таблицу исполнений. Каждому исполнению (кроме основного) присваивают порядковый номер — 01, 02¹ и т. д., приписываемый через дефис к основному обозначению, указанному в основной надписи группового КД. В спецификацию изделия записывают полные обозначения всех исполнений в порядке возрастания их номеров. На рис. 11.28 дан пример группового чертежа шайбы, а на рис. 11.29 — группового чертежа втулки.

Составные части многих изделий (в частности, воздушных и наземных транспортных средств) являются зеркальным отражением друг друга (правые и левые составные части изделия, расположенные по разные стороны от вертикальной плоскости симметрии относительно направления движения). На них также,

¹ Это правило с 1.07.87 потеряло силу. Вопрос решают отраслевые стандарты.

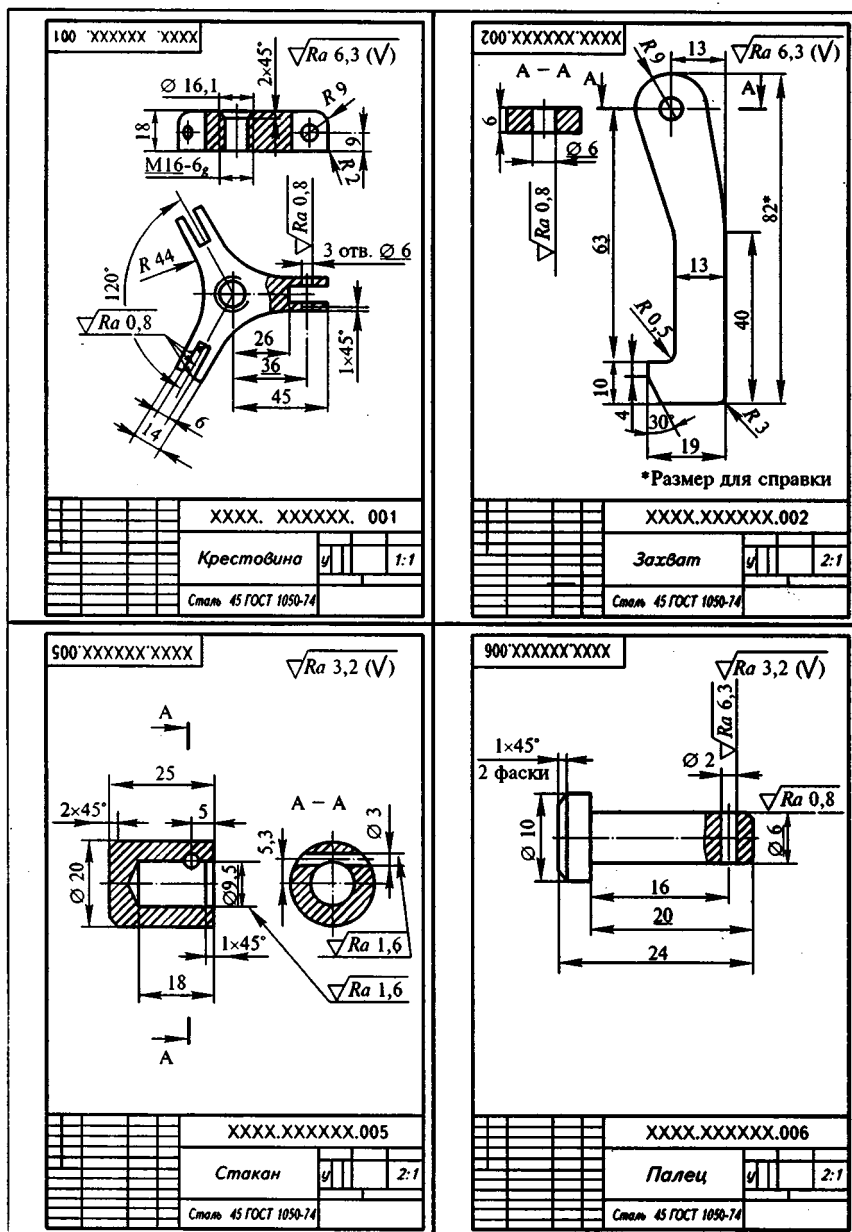


Рис. 11.33

как правило, выполняют групповые КД. Пример оформления на рис. 11.30.

Пример оформления первой учебной детализировки. По заданному чертежу ВО (рис. 11.31) составлена схема размещения на листе формата А1 составных частей изделия (деталей, так как изделие «Съемник» в своем составе сборочных единиц не имеет), сборочного чертежа и спецификации к нему (рис. 11.32). На его основе выполнены детализовочные чертежи (рис. 11.33).

Примечание. Как указывалось (см. п. 11.6), на учебных чертежах рекомендуется подчеркивать красным карандашом размеры сопрягаемых поверхностей. (На рис. 11.33 черточки из-за условий издания, черного цвета, но их надо условно считать красными.) Напомним, что числа, подчеркнутые черным, означают, согласно ГОСТ 2.307—68, что данный элемент изображен с отступлением от масштаба изображения.

Главное — следует опираться на очень существенные достижения в использовании ЭВМ для автоматизации различных производственных процессов, включая проектирование новой техники.

С. М. Белоцерковский

12. АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ*

Принятые сокращения

АВЧ	— автоматизация выполнения чертежей.
ГАЯ	— графический алгоритмический язык.
ГД	— графический дисплей.
ИГ	— инженерная графика.
ИГМ	— исходная графическая модель.
К.ЕСКД	— классификатор ЕСКД.
ИОД К.ЕСКД	— иллюстрированный определитель деталей К.ЕСКД
КД	— конструкторская документация.
КХ	— классификационная характеристика.
ЛГР	— лабораторно-графическая работа.
МГ	— машинная графика.
ОС	— операционная система (ЭВМ).
ПП	— прикладная программа.
ПЭВМ	— персональная ЭВМ.
САПР	— система автоматизированного проектирования.
ТКС	— таблица кодированных сведений.
УИК.ЕСКД	— учебный иллюстрированный К.ЕСКД.
ЧКР	— чертежно-конструкторские работы.
ЯП	— язык программирования ПП.

12.1. Введение в инженерную машинную графику. Предыдущие 11 глав этого учебника должны были подтвердить правильность слов в «Советах студентам» (стр. 5) о том, что «...научиться чертить нелегко. Предмет требует от изучающего усидчивости, точности, опрятности». Все эти требования к черчению, как к учебному предмету, остаются и в машинном черчении — машинной графике.

В МГ при использовании ПП АВЧ скорость выполнения чертежей возрастает в десятки и даже в сотни раз, но точность и опрятность

* Авторы главы: А. Д. Киселевич, А. С. Корнеев, Л. В. Маркин, Л. Г. Стрельникова, Л. А. Сухарева.

подготовки данных для работы ПП должна быть также многократно увеличена. Так, например, точка вместо запятой в исходных данных может прекратить работу ПП или выдать абсурдный графический результат. А при разработке новых ПП без усидчивости, точности и опрятности ПП не только отладить, но и написать (предварительно спроектировав) невозможно.

Более того, в печати можно встретить заявления программистов о том, что разработка сложной программы для ЭВМ занимает столько же времени, сколько написание хорошего детективного романа. Неоднократно сообщалось о том, что технология «изготовления компьютерных программ найдена».

И тем не менее, работа конструктора при выполнении рабочей КД (главным образом, чертежей деталей) остается рутинной и самой трудоемкой инженерной работой при ручном исполнении.

Поэтому на многих кафедрах инженерной графики, где фактически начинается первое приобщение студента к инженерной деятельности, появились разделы МГ в курсе ИГ и новые курсы МГ на базе ЭВМ, в которых изучается технология разработки ПП АВЧ рабочей КД и их использование в детализовочных работах.

К истории МГ. Появлению МГ и АВЧ рабочей КД предшествовала механизация чертежно-графических работ. Чертежные приборы с координатной (рис. 12.1) или пантографной (рис. 12.2) системами перемещения по чертежной доске масштабных линеек и транспортира (а иногда и портативной пишущей машинки для нанесения размеров и других надписей чертежа), трафареты, шаблоны, чертежные приборы

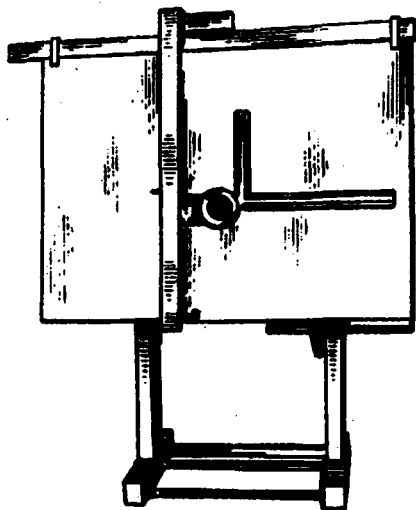


Рис. 12.1

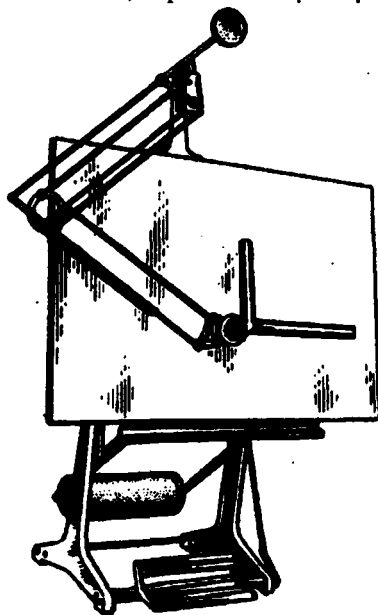


Рис. 12.2

для построения кривых второго порядка (коникографы), выполнения аксонометрических изображений и аффинных преобразований (аксонографы, аффинографы) — далеко не полный перечень средств механизации ЧКР.

Однако механизация ненамного ускорила ЧКР и не могла решить проблему обеспечения рабочей КД автоматизированного производства второй половины XX века, сменяющего предшествующее ему машинное производство. Характерным признаком автоматизированного производства (станки-автоматы с ЧПУ, автоматические линии, заводы-автоматы) явилось значительное увеличение количества и сложности КД, главным образом, за счет введения в состав машин органов и систем автоматизированного управления ими, а также в силу необходимости частой смены моделей машин, диктуемой конкуренцией в условиях рыночной экономики.

Инженерная графика ответила на прогресс в производстве появлением систем автоматизированного выполнения КД — САПР.

Первая САПР — система Sketchpad («Блокнот») — появилась в начале 60-х гг. в лаборатории им. Линкольна МТИ (США). Разработчиком этой системы был молодой ученый-программист Айвен Сазерленд [11]. Система Sketchpad функционировала на основе компьютера TX-2, графического дисплея (монитора) со световым пером и клавиатуры управления. Посредством светового пера и клавиатуры можно было строить и стирать (редактировать) изображение чертежа на экране ГД. Таким образом, появилась *интерактивная МГ* — графика взаимодействия человека и ЭВМ в реальном масштабе времени.

Работам А. Сазерленда предшествовали работы Росса — система АРТ и язык описания геометрии деталей.

В 1965 году в ФРГ Опитц, Симон, Шпур, Штубе разработали систему ЕХАРТ, расширяющую систему АРТ Росса. В 1966 г. (Англия, Кембридж) разработана графическая система GINO, в начале 70-х гг. в ФРГ — система DETAL, в 1971 г. — GASPY, в 1973 г. — CONVAR и другие двумерные системы САПР [12,13]. Появились также трехмерные системы построения изображений на экране ЭЛТ — Джонсона в МТИ, А. В. Бабушкиной (Ленинград), Н. Д. Багратиони (Рига) [13,14].

Первые работы по АВЧ в нашей стране были выполнены преподавателями кафедр инженерной графики вузов — МВТУ, МАИ, МАДИ, МЭИ, многих вузов Украины, Прибалтики, Закавказья, Урала, Сибири и других регионов бывшего СССР, а также сотрудниками НИИ и КБ промышленности [15,16].

Так, например, в начале 60-х гг., т.е. почти одновременно с работами А. Сазерленда, Росса и Джонсона в МТИ, на кафедре инженерной графики МАИ были выполнены 4 работы по МГ, исполнители которых получили авторские свидетельства Комитета по изобретениям СССР. Одна из них [17] (дисплей на запоминающей ЭЛТ) была в основном реализована на кафедре ИГ и длительное время использова-

лась в учебном процессе со слушателями факультета повышения квалификации преподавателей ИГ, аспирантами и студентами.

Однако системы САПР не могли долгое время решить проблему ускорения выпуска рабочей КД для производства.

Первоначально в основе идеологии САПР был тезис, провозглашенный в США и поддержанный в Западной Европе и Японии, — «computer aided design» — CAD («проектирование с помощью ЭВМ»).

Интерактивное проектирование, да и то только на стадии предэскизного или эскизного проекта, так же ненамного ускоряло процесс выполнения проектной, а не рабочей документации.

Только в середине 80-х гг., когда начался массовый выпуск ПЭВМ IBM PC и появился AutoCAD — CAD, дополненный автоматическим программным управлением посредством ГАЯ AutoLISP, САПР стали экономически выгодны [13].

Однако возникла проблема ГАЯ для программирования чертежей рабочей КД. Успешно стали применяться графические расширения универсальных ГАЯ, таких, как Фортран-IV, PL/I и др.

Аспирантом кафедры ИГ МАИ С. Ф. Цепой был разработан такой пакет графических программ — БПО-2М КИГ МАИ, посредством которого были созданы параметрические графические программы, успешно применявшиеся в пакетном режиме для выполнения чертежей деталей в учебном процессе кафедры ИГ МАИ.

Этот пакет и некоторые ПП АВЧ демонстрировались на международной выставке «Автоматизация-83». Пакетный режим позволял ускорить выпуск чертежей рабочей КД, но не решал проблему отладки и надежности ПП АВЧ. Ошибки в ПП обнаруживались при выводе чертежа на графопостроителе в уже, казалось, отлаженной ПП.

Поэтому пакеты ПП АВЧ рабочей КД стали дополняться интерактивными командами, которые позволяли вести отладку и тестирование ПП на экране ГД.

Появились графические цветные дисплеи, новые — интерактивные графические языки. Не появились только надежные ПП рабочей КД. Не сократилось существенно время их разработки, не повысилось их качество и соответствие получаемых по ним чертежей ГОСТам ЕСКД.

Это объяснялось тем, что ГАЯ и ПП рабочей КД по-прежнему разрабатывались программистами-математиками или электронщиками, а не инженерами-конструкторами, т. е. пользователями этих программ и, следовательно, профессионалами в области инженерной графики.

Инженерный подход к разработке ПП. Поэтому возникла проблема нового — инженерного подхода к разработке программного обеспечения ЭВМ, новой компьютерной технологии разработки ПП рабочей КД и проблема подготовки инженеров-конструкторов-программистов.

Одним из первых откликнулся на решение некоторых из возникающих проблем американский программист Ричард Гантер [18].

Основным содержанием этого нового подхода является признание идеи, состоящей в том, что ПП является изделием (интеллектуальным, конечно) и с ней следует обращаться так же, как с любым другим изделием, т.е. планировать, проектировать, испытывать, сопровождать документацией по эксплуатации. Разработчиками ПП, по мнению Р. Гантера, должны быть программисты, имеющие инженерную подготовку в соответствующей области.

Вопросы качества ПП и инженерного подхода к их разработке рассматриваются во многих отечественных и зарубежных работах [19, 20, 21].

О ГОСТах ЕСПД. Концепция програмного изделия и инженерный подход к разработке программных документов ярко выражен в ГОСТах ЕСПД (см. подраздел 1.6).

В гл. 6 этого учебника приводятся общие сведения об изделиях машиностроения и их составных частях. ГОСТами ЕСКД — 2.101—68*, 2.102—68*, 2.103—68*, устанавливаются понятия и определения видов изделий, видов КД и стадий их разработки.

Аналогичными ГОСТами ЕСПД устанавливаются виды программ и программных документов, а также стадии их разработки.

ГОСТ 19.101—77* ЕСПД устанавливает виды программ: *компонент* — самостоятельная программа (см., например, ниже ПП FON или ZONTS) и *комплекс* — программа, состоящая из двух и более компонент (см., например, ПП KZC или VTN).

Программный документ — это, например, текст ПП (см. § 12.2).

ГОСТ 19.102—77 ЕСПД устанавливает стадии разработки программ и программных документов.

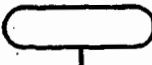

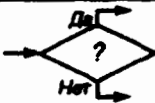
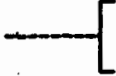


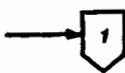
Основные из них: *стадия эскизного проекта*, на которой разрабатывается структура входных и выходных данных, *стадия технического проекта* — разработка алгоритма ПП и *стадия рабочего проекта* — программирование и отладка ПП.

ГОСТом 19.003—80 ЕСПД — «Схемы алгоритмов и программ» — устанавливаются условные графические обозначения (символы), применяемые в схемах (блок-схемах, граф-схемах) алгоритмов и программ для отображения процессов обработки информации в ЭВМ — см. табл. 12.1.

Технология разработки ПП АВЧ рабочей КД. Последовательность стадий и этапов разработки ПП АВЧ, а также методы и средства, применяемые при этом, называют *компьютерной технологией* или *технологией разработки ПП АВЧ*. Одна из возможных схем такой технологии, много лет применяемая на кафедре ИГ МАИ, показана на рис. 12.3. Основными стадиями технологии разработки ПП АВЧ являются: моделирование, проектирование, программирование и использование ПП. Каждая из этих стадий имеет несколько *этапов*.

Стадия моделирования — это разработка исходной графической модели (ИГМ) множества типовых или подобных деталей.

Таблица 12.1

Обозначение	Наименование	Назначение
	Пуск-останов	Начало, конец ПП
	Процесс	Выполнение арифметических операций
	Решение	Логический оператор выбора направления потока
	Комментарий	Связь с элементами схемы
	Линия потока информации	Дуга графа
	Соединитель	Соединение линий потока - дуг графа
	Межстраничный (межстрочный) соединитель	Соединение частей граф-схемы

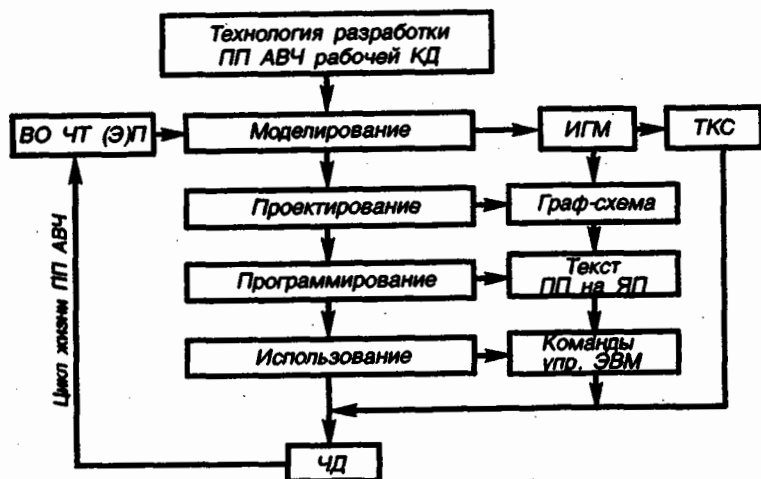


Рис. 12.3

Такой моделью может быть *обобщенный*, т.е. содержащий элементы этого множества, комплексный или состоящий из одного изображения *чертеж детали* (рис. 12.5), который описывается последовательностью опорных точек изображения (1, 2, 3...) и формальными размерными параметрами (L, D, H,...), фактические значения которых для конкретной детали задаются в специальной таблице кодов этих параметров — ТКС. Так как ПП не может работать при любых значениях параметров, то ИГМ содержит пределы их возможных изменений — $\lim(pTKC)$, задаваемые двусторонними неравенствами.

Известно, что чертеж даже простой детали описывается большим количеством размерных параметров.

Однако не все они являются независимыми. Некоторые размеры детали могут определяться через другие — базовые размеры. Например, размер проточки (H) для выхода резца при нарезании резьбы может определяться в функции шага (P) резьбы ($H = 3P$), фаски — в функции диаметра стержня, диаметр описанной окружности шестигранника — в функции «размера под ключ» и т.д. Кроме того, координаты некоторых точек на чертеже детали или размеры сечений определяются геометрическим расчетом или расчетом на прочность по известным формулам сопротивления материалов. Поэтому некоторые параметры ИГМ являются зависимыми (*формульными*) и в ТКС не записываются.

Это имеет существенное значение потому, что большое количество независимых параметров порождает сложность ПП и вызванные этим ошибки ее проектирования в силу ограниченных интеллектуальных возможностей человека — способности к перебору, абстракции и математической индукции [22].

Так, например, если проектируемая программа детали описывается $n = 7$ независимыми параметрами, то потенциально возможны $7! = 5040$ (семь факториал) конструктивных исходов (форм) проектирования. А способность человека к перебору ограничена 1000 элементами. Значит, $6! = 720$ — предел для человека. Такую ПП ($n < 7$) называют *малой* и всегда *простой*. Если $n > 7$, то ПП называют *большой*, и она может быть как простой, так и сложной [22].

«Числом Ингве» $= 7 \pm 2$ оценивается сложность ПП как системы и способность человека работать с ней [23].

О преодолении сложности графических ПП, создаваемых на базе многопараметрических ИГМ, см. ниже.

ИГМ ПП АВЧ рабочей КД создается на основе *иллюстрированного определителя деталей* — ИОД К.ЕСКД или учебного (сокращенного) УИК.ЕСКД (см. рис. 12.6), так как К.ЕСКД является государственным систематизированным сводом изображений (иллюстраций), наименований и кодов (классификационных характеристик — КХ) изделий (см. раздел 6.5).

Примеры ИГМ учебных ПП АВЧ и УИК.ЕСКД см. [24, 25, 26].

Стадия проектирования ПП АВЧ — это исследование ИГМ с предельными и промежуточными значениями параметров, определяемыми $\lim(p\text{ТКС})$. В процессе этого исследования разрабатывается графический алгоритм ПП АВЧ.

Графический алгоритм (в обыденном, а не в философском понимании) — это последовательность логических, арифметических и графических операций, необходимых для получения по исходным данным (ТКС) и результатам промежуточных вычислений (формульным параметрам) искомого графического результата при исследовании ИГМ.

Известны описания алгоритмов на псевдокоде [27], — в виде структурных блок-схем [27], Р-схем [28], САА-схем [29], структурограмм [31] и других форм и методов алгоритмического описания и представления проектируемых ПП.

Однако все они «в чистом виде» мало пригодны для описания и представления графического алгоритма чертежа рабочей КД.

Псевдокод (частично формализованный язык) и САА-схемы (язык алгоритмических алгебр) — чисто текстовые, громоздкие и, главное, не наглядные описания. Р-схемы ориентированы на алгоритмы для станков с ЧПУ, а блок-схемы и структурограммы — на алгоритмы вычислительных задач.

Предпочтительным является *граф-схемное* описание и представление графического алгоритма ПП АВЧ (рис. 12.5).

Граф-схема является расширением и дополнением структурированной блок-схемы с использованием ее графических структур (следование, развилка, цикл) [27].

С позиции науки о графах — теории графов (граф — последовательность точек-вершин и линий-дуг, связывающих точки; аналог графа — карта местности, схема железных дорог и т. п.) *блок-схема* — это граф с нагруженными только вершинами. В них помещаются логические или арифметические операции, осуществляемые при выполнении ПП. Дуги свободны.

Граф-схема — это граф с нагруженными вершинами и дугами. На дугах указываются графические операции: над дугами — коды проектируемых геометрических объектов (LN — прямая, CIR — дуга и т. д.), под дугами — имена этих геометрических объектов. В качестве имен обычно используют номера соединяемых опорных точек ИГМ (12, 24 и т. д.). При этом описание графической части алгоритма может быть осуществлено на естественном языке или на ЯП, так как граф-схема инвариантна (не зависит) к ГАЯ и ЭВМ.

Сложность алгоритма многопараметрической ПП АВЧ преодолевается *компактностью и наглядностью его граф-схемы*, а главное — *расчленением алгоритма на части* (контуры вида, внутренние линии вида, контуры разреза, его внутренние линии, размеры и др.). Этим обеспечивается удобство программирования ПП и ее отладки на ЭВМ.

Алгоритм, а впоследствии и его ПП, расчленяется на отдельные части (модули) с одинаковыми параметрами ТКС. Эти модули могут вызываться на запуск автоматически (головной ПП) или в интерактивном режиме (командой пользователя) в любой последовательности. Таким образом, основная интеллектуальная нагрузка при разработке ПП АВЧ рабочей КД приходится на стадию проектирования. При проектировании ПП требуются профессиональные знания инженера-конструктора для правильной компоновки чертежа, описания линий изображений, размеров и других надписей для множества деталей, проектируемых по одной граф-схеме ПП АВЧ. Граф-схема алгоритма ПП может оказаться громоздкой, трудоемкой и плохо читаемой. Однако разработан ряд приемов и методов сокращения рутинных процессов выполнения граф-схемы без потери ее информативности, о которых будет сказано ниже. Это позволяет по граф-схеме на формате А4 написать до 300 строк текста ПП на ЯП, т.е. 5—6 страниц текста на формате А4.

Стадия программирования ПП — это перевод алгоритма спроектированной ПП на язык конкретной ЭВМ с учетом функционирующей в ней операционной системы. Т.е. программирование — это кодирование ПП на ЯП ЭВМ строго по граф-схеме алгоритма (по меткам программы над дугами графа).

Результат программирования — это *исходный текст ПП*, который и является интеллектуальным изделием, отчуждаемым от разработчика и доступным любому пользователю ПП, знающему соответствующий ЯП.

Сложную программу обычно записывают, пользуясь мягким карандашом и резинкой, на листе бумаги (желательно в клетку) для ввода в ЭВМ клавиатурой дисплея. Простую ПП можно вводить прямо с граф-схемы. При этом удобнее не набирать программу заново, а редактировать текст другой, подобной ей ПП.

Однако нельзя считать стадию программирования простой и легкой работой.

Получению исходного текста ПП как изделия, пригодного для использования в отчуждении от разработчика, предшествуют этапы *редактирования текста* после его ввода в ЭВМ (удаление синтаксических ошибок, указываемых транслятором, без чего ПП не сможет быть оттранслирована — переведена на язык «нулей и единиц», в котором работают современные ЭВМ) и *отладки* (удаление семантических, т.е. смысловых ошибок) в процессе тестирования ПП.

При тестировании ПП запускается с фактическими числовыми значениями параметров ТКС-ИГМ, дающими заранее известный графический исход, соответствующий выбранной дуге графа на граф-схеме.

Отладка занимает более 50 % всего времени на разработку ПП. Она требует профессиональных знаний программиста в области операционной системы, ЯП и, конечно, в области инженерной графики, так как граф-схема — это только алгоритм (проект ПП), на котором не

могут быть выявлены и реализованы все тонкости графической культуры, соответствующие ЕСКД.

Сложную учебную графическую ПП (впрочем, как и любую другую) не удастся до конца оттестировать на этапе *разработки*. Тестирование продолжается студентами и в процессе *использования* ПП в ЛГР.

Вопросы тестирования и отладки ПП см. [22].

Использование ПП — завершающая стадия цикла ее жизни — сопровождается программными документами, разработанными на предыдущих стадиях разработки ПП (ИГМ, граф-схема, исходный текст ПП) и описанием программы по ГОСТ 19.402—78 ЕСПД.

При использовании ПП в ЛГР обучающийся выполняет эскиз своей конкретной детали (ТКС-ЛГР — см. рис. 12.15, 12.20), руководствуясь ИГМ ПП. В ТКС-ЛГР заносятся фактические значения размерных параметров, снятые с реальной детали (учебной модели) или с чертежа общего вида изделия в процессе его детализации [26].

Использование ПП в ЛГР курса ИГ обычно сопровождается таблицей команд управления ЭВМ и принтером для получения распечатки текста ПП (если тема ЛГР — разработка ПП), а также графопостроителем (плоттером) с целью получения чертежа на бумажном носителе, оформленного по правилам ЕСКД.

В последующих подразделах этой главы описывается ряд прикладных программ.

Обучающая ПП PST — ее проектирование и программирование по ИГМ, содержащей 27 различных конструктивных форм. Одна из них приведена в § 7.5 (см. рис. 7.48).

Тестовая ПП ТРК. Ее ИГМ содержит 108 конструктивных форм. В ней проектируются изображения и размеры, а также показано использование ПП в ЛГР для получения чертежей, оформленных по всем правилам ГОСТов ЕСКД на формате А3 с автоматическим заполнением основной надписи («штампа») и других надписей чертежа, посредством сервисных ПП FON и ZONTS. Эта ПП является прообразом ПП АВЧ деталей машин, наиболее часто встречающихся в учебном процессе курса инженерной графики.

В ПП АВЧ VTN и KZC2 (комплексы, состоящие соответственно из 5 и 3 ПП) показано моделирование, проектирование и использование ПП для автоматизации детализовочных работ изделий типа вентиль, клапан, редуктор, маслонасос и др. (см. рис. 9.13, 11.15, 11.29 и др.).

12.2 Разработка обучающей ПП «Пластина» — PST. Первая программа, с которой начинается изучение технологии разработки ПП АВЧ (см. рис. 12.3), является ПП «Пластина» — PST или P10XOX. Каждый студент разрабатывает свою ПП по индивидуальному заданию на ИГМ (см. рис. 12.4). Поэтому обобщенно имя программы, удобное для ее обозначения и определения автора, а также для ее нахождения в каталоге и библиотеках ЭВМ, состоит из номера группы студента и его порядкового номера по списку группы. Так, например, студент 1 курса, 2-й группы 5-й по списку в журнале обозначит свою программу P10205. Обобщенно все ПП группы P10XOX.

Цель разработки ПП P10X0X — научиться моделировать — создавать ИГМ ПП для множества чертежей, проектировать ПП — представлять алгоритм получения такого множества, ограниченного заданными пределами, наглядной граф-схемой, программировать — написать исходный текст на заданном ЯП, отладить ПП в процессе ее тестирования и... испытывать восторг, увидев на экране ГД первый графический исход разрабатываемой ПП.

Для реализации этой цели выбрана простая деталь — пластина (прокладка), выполненная из листовой стали,— см. рис. 7.48.

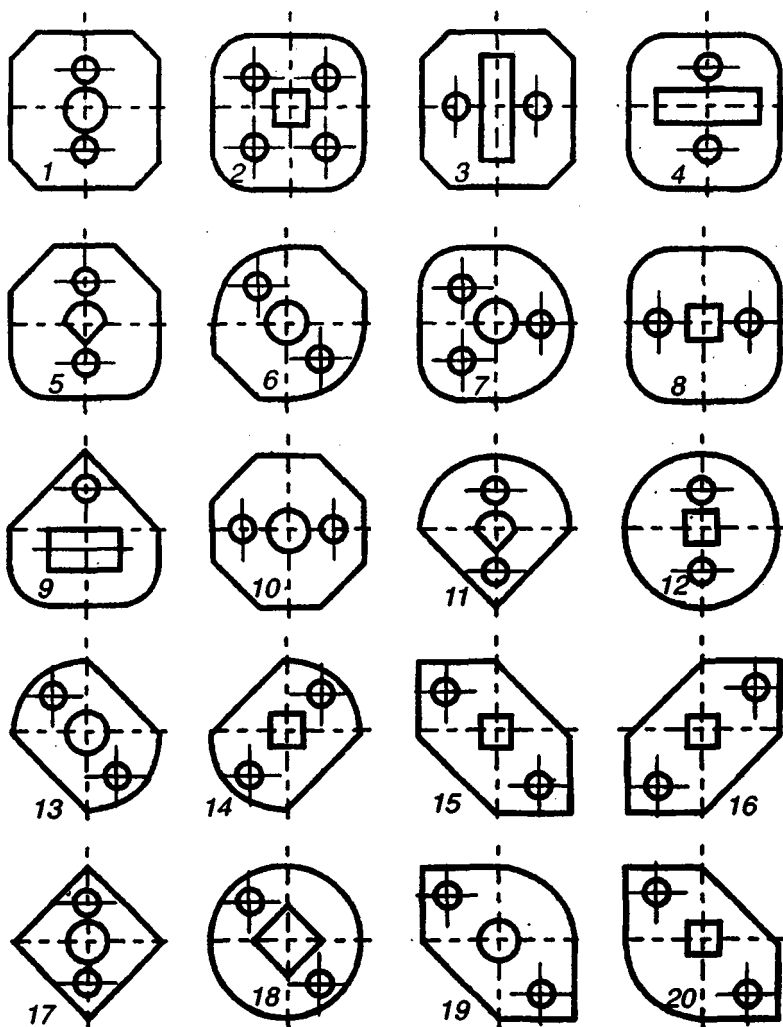


Рис. 12.4

Простейшим изображением типовой пластины является квадрат со стороной L (см. рис. 12.5), который программно может модифицироваться радиусами (R) или фасками (C) по углам, центровым отверстием «круглым» ($D1$) или «некруглым» (T) и отверстиями вне центра пластины ($D2$), число которых может быть $N0$.

Фрагмент К.ЕСКД ИОД класса 74 — УИК.ЕСКД, по которому классифицируются такие пластины и обозначаются их чертежи по ГОСТ 2.201—80, показан на рис. 12.6.

Таблица вариантов изображений ИГМ для разработки ПП P10X0X см. на рис. 12.4. Вариант 3 этой таблицы имеет $KX = 741218$ (см. рис. 12.6), вариант 12 — $KX = 741318$, а для варианта 20 — $KX = 741338$.

Задание на разработку ПП является первой стадией ГОСТа 19.102—77 ЕСПД — «Стадии разработки». Эта стадия кроме постановки задачи (цели и содержания работы) содержит определение требований к ПП, этапов и сроков разработки, выбор языка программирования и другие требования.

При разработке учебной ПП P10X0X студенту предлагается выбрать такие пределы изменения размерных параметров ИГМ ($L, B, C, R, D1, D2, N0$), чтобы ПП имела не более 10—12 графических исходов, а текст ПП — не более 110—130 строк. При этом используется язык программирования GRAPL (GRAPhical Language — графический язык) графической системы «КРЕДО» (Конструирование, РЕдактирование, Документирование, Оформление) в операционной системе MS DOS на ПЭВМ типа IBM PC или в ОС VAX/VMS на микро-ЭВМ типа VAX, или ЯП AutoLISP на ПЭВМ IBM PC.

Наглядным примером (образцом) для разработки ПП PST является ИГМ и граф-схема проектирования ПП P10X0X (см. рис. 12.5). Изображение ИГМ на рис. 12.5 выбрано более сложным, чем варианты заданий на рис. 12.4. Оно является синтезом вариантов 1 и 2 этих заданий.

Изображение описано формальными размерными параметрами и опорными точками ($0, 1, \dots, 26$). В ИГМ указаны пределы изменения параметров — $\lim(PTKC)$ — формульные параметры и таблица кортежа параметров ТКС, в которую, кроме размерных параметров, включен параметр NB (номер варианта), которым является модифицированное имя ПП (ПП-P10X0X, а NB — 10X.0X). NB, как это показано ниже, будет являться регистрационным номером в обозначении чертежа по ГОСТ 2.201—80.

Если в $\lim(PTKC)$ ИГМ ПП P10X0X изменить верхний предел параметра $N0$ с $N0 \leq 4$, на $N0 \leq 2$, то ПП будет иметь не 27 (см. граф-схему рис. 12.5), а 18 графических исходов, а если исключить параметр R (или C), то 12 графических исходов. Но если верхние пределы параметров R или C — $R \leq L/2$ или $C \leq L/2$, то программа будет иметь 45 графических исходов, в том числе исход варианта № 12 на рис. 12.4.

Блок «Формульные параметры» ИГМ ПП P10X0X является блоком арифметических операций и логических условий, в результате которых осуществляется присвоение альтернативным параметрам (T и $D1, C$ и R) нулевых значений. Кроме того, выполняются элементарные

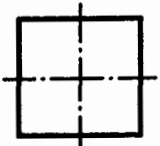
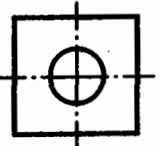
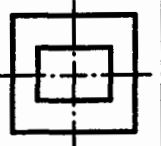
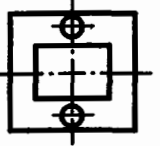
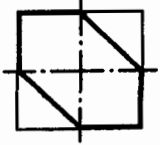
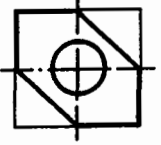
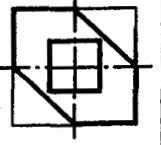
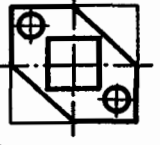
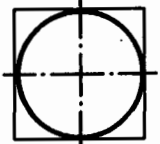
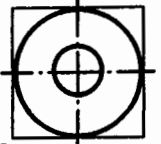
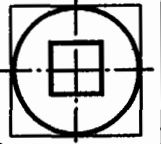

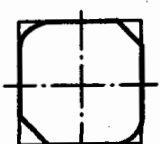
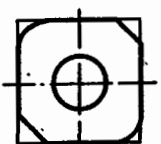
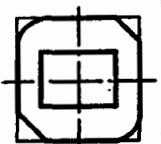
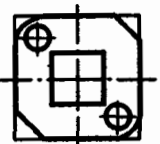
Класс 74		Детали – не тела вращения; плоские; из листов, полос и лент			
Подкласс 741000		Плоскостные с парал. основн. плоскостями			Учебный иллюстрированный классификатор-УИК.ЕСКД
Группы 741100 741200	741300	Трех- и четырехугольные		С прямоуголь- ным контуром в плане	
		Пятиугольные и более			
		С конт. в плане криволин, комбинирован.			
Под- группы		Виды и их КХ			
Четырехугольные с прямыми угл. $\angle 90^\circ$	741220				
		Без отв.	С отв. кругл.	С отв. некругл.	С отв. кр. и некр.
		741121	741124	741126	741129
Выпукл. с прямолин. контуром в плане	741210				
		Без отв.	С отв. кругл.	С отв. некругл.	С отв. кр. и некр.
		741211	741214	741216	741218
Криволинейные выпуклые	741310				
		Без отв.	С отв. кругл.	С отв. некругл.	С отв. кр. и некр.
		741311	741314	741316	741318
Комбинированные выпуклые	741330				
		Без отв.	С отв. кругл.	С отв. некругл.	С отв. кр. и некр.
		741331	741334	741336	741338

Рис. 12.6

операции деления на 2 параметров, половинные значения которых часто встречаются в программе. Таким образом, операции деления выполняются только один раз.

Логические операции в блоке «Формульные параметры» вводятся для того, чтобы создать в программе доброжелательность к пользовате-

лю. Так, если, например, при $C \neq 0$ пользователь случайно задаст и $R \neq 0$, то произойдет сбой в работе ПП и будет получен графически абсурдный результат. Чтобы этого не произошло, R приравнивается к нулю при $C \neq 0$. Аналогично работают пары параметров T и $D1$, $D2$ и B .

На рис. 12.5, б представлена граф-схема проектирования ПП $P10X0X$ по ИГМ, на которой показано проектирование всех 27 вариантов возможных конструктивных форм пластин в зависимости от предельных значений размерных параметров ИГМ (рис. 12.5, а).

Граф-схема начинается и заканчивается овалом (см. табл. 12.1). В первом овале имя интерактивной команды **PARAMS** ЯП **GRAPL**. В последнем овале имя команды управления **STOP** — конец ПП.

Формальным значением параметров ТКС ИГМ, записанным в формат команды **PARAMS**, присваиваются фактические значения (50, 40,0,...), задаваемые пользователем в интерактивном режиме посредством команды **PARAMS**.

Эти данные поступают в блок, ограниченный прямоугольником, в котором выполняются все арифметические операции и операции присвоения. Расчет формульных параметров ИГМ, присвоение значений координат $X0$, $Y0$ привязки изображения к формату чертежа, расчет $X—Y$ координат всех опорных точек изображения чертежа в функции $X0$, $Y0$ и размерных параметров ТКС, а также определения всех опорных точек, как геометрических объектов, в функции их координат: $P_i = \text{POINT}/X_i, Y_i$. При этом всем координатам (как правило) присваивается имя (индекс) опорных точек, а точкам — имя координат. Так, например, координаты 1: $X1 = X0$, $Y1 = Y0 - A2$, точки 2: $X2 = X0 + A$, $Y2 = Y1$ и т. д.

Точка 1 определяется в **GRAPL**: $P1 = \text{POINT}/X1, Y1$; точка 2: $P2 = \text{POINT}/X2, Y2$ и т. д.

Некоторые координаты определяются по результатам логических операций. Например:

$\text{IF} (R.NE.0) X6 = X1 + R$; $\text{IF} (R.EQ.0) X6 = X1 + C$ и т. д.

Итак, в блоке «прямоугольника» определяются все точки, необходимые для проектирования линий, описывающих изображение — отрезок (**LN**), дуг окружностей (**CIR**) и осевых (**CLN**). При этом прямая определяется точками, являющимися ее концами, а дуга окружности — точкой ее центра, радиусом, начальным и конечным углом дуги. Однако графическая система «КРЕДО» в ОС MS DOS, которую мы используем, не допускает в имени геометрического объекта (точка, линия...) более 4 символов. Поэтому $\text{LN56} = \text{LINE}/P5, P6$, а $\text{CL14} = \text{CLINE}/P0, P14$ — осевая определяется точками, через которые она проходит. $\text{CR78} = \text{CIRCLE}/\text{CENTER}, \text{PR78}, \text{RADIUS}$, $R, \text{GOANG}, 270, \text{ENDANG}, 360$ — дуга радиуса R , центр которой PC определяется как точка с координатами $X7, X8$: $\text{PR78} = \text{POINT}/X7, Y8$. По первой дуге граф-схемы (1), выходящей из блока «прямоугольник», проектируются оси изображения CL14 и CL56 . Здесь и на всех последующих дугах принята условность, упрощающая запись и чтение граф-схемы и уменьшающая трудоемкость ее выполнения, заключающаяся в том, что если имена геометрических

объектов (CLN, LN, CIR) повторяются более двух раз подряд при записи над дугой графа, то имя пишется один раз с двоеточием (CLN:, LN:, CIR), а индексы (имена) этих объектов, записываемых под дугой графа, разделяются запятыми — см. 1, 2, 4 и др. Если имена объектов чередуются, то они записываются как показано по дуге 3.

Дуга 1 входит в первую логическую операцию $C = 0?$ Если «нет» (-), то описывается контур изображения с фасками по дуге 4 — см. графический исход (эскиз) у конца дуги 4. Если «Да» (+), то проверяется, есть ли радиус R в центре контура — $R = 0?$ Если «Да» (+), т.е. нет радиуса ($R = 0$), то описание и выход (эскиз) по дуге 2, если «Нет» (-), т.е. радиус есть ($R \neq 0$), то описание и выход по дуге 3. Дуги 2, 3, 4, описывающие возможные контуры пластины, сходятся в точке 7 (метка программы) и после переноса «1» на новую строку (см. табл. 12.1) идет проверка наличия или отсутствия центрального отверстия. Если $D1=0$ (+) и $T=0$ (+), то центрального отверстия нет и все три выхода дуг 2, 3, 4 проходят по дуге 5. Если $D1 \neq 0$, т.е. центральное круглое отверстие во всех трех исходах дуг 1, 2, 4 (см. дугу 7), а если $D1=0$, а $T \neq 0$, то центральные квадратные отверстия (см. дугу 9). После схода дуг 5, 6, 7 в точке 9 и переноса «2» проверяется наличие отверстий $D2$ и их количество, если они есть, т.е. $D2 \neq 0$.

Если $D2 = 0$, то 9 графических исходов дуг 5, 6, 7 проходят без изменений по дуге 8, а если $D2 \neq 0$, то 9 графических исходов по дуге 9 с 4 отверстиями $D2$ или 9 исходов по дуге 10 с двумя отверстиями $D2$ «По умолчанию» принято, что $N0 = 1$ или $N0 = 3$ не может быть. На граф-схеме, однако, не показано проектирование осей отверстий.

Точки, между которыми эти оси проводятся ($P191, P193, P192$ и $P194$ — см. «выносной элемент» — отв. $D2$ с центром в точке 19 — рис. 12.5, а, определяются при программировании в тексте программы перед описанием дуг R : $CR19, -20, -21, -22$ и $CR17, -18$. Координаты точки 19 — центра отверстия $D2$ определяются: $X19 = X0 + A2 - B2$; $Y19 = Y0 - B2$.

Координаты точек отверстия $D2$ с центром в точке 19:

$$X191 = X19 + D22; Y191 = Y19; P191 = POINT/X191, Y19.$$

Аналогично определяются другие точки отверстия $P19$ и отверстий $P20, P21, P22$.

По граф-схеме типа рис. 12.5, б, разрабатываемой каждым студентом для своего варианта заданий из таблицы рис. 12.4, пишется исходный текст ПП PST, представленный на рис. 12.7 на ЯП GRAPL в ОС MS-DOS для ПЭВМ типа IBM PC студентом гр. 02—103, 05 по списку — P10305 и на рис. 12.8 на ЯП ALISP в ОС MS-DOS для ПЭВМ типа IBM PC студентом гр. 02—104, 06 по списку — P10406. Это тексты только на изображения. О размерах см. ниже.

Ввод текста в ЭВМ, создание, редактирование и выполнение файла ПП типа P10305 (P10406) осуществляется каждым студентом с использованием специальной таблицы (табл. 12.2, 12.3), в которой есть команды начала (конца) сеанса с ЭВМ, ввода и записи текста в графич-

Таблица 12.2

№ п/п	Команды пользователя	Экран ПК	Комментарии
I. Начало сеанса, ввода и запись текста ПП в файл			
1	Включить ПК, войти в рабочий каталог (указывается преподавателем)	>	>-признак системного сообщения DOS
2	LEXICON ↵	Окно редактора «Лексикон»	Вызов редактора текстов «Лексикон» ↵-клавиша <Enter>
3	\$\$ Обучающая ПП PST P10305 !! DELETE/POINTS STOP	Окно редактора «Лексикон»	Набор текста ПП P10305.GRA, утвержденного преподавателем Предпоследняя строка текста ПП Последняя строка текста ПП
4	F10		Вход в главное меню Лексикона
5	↵	Подсвечен пункт «Текст»	Вход в меню «Текст»
6	↵	Подсвечен пункт «Сохранить»	Запись (запоминание) текста файла ПП
7	P10305.GRA ↵	Введите имя файла...	Ввод имени файла GRAPL-программы
8	F10		Вход в главное меню Лексикона
9	Клавишами со стрелками выбрать пункт «Выход» ↵	Подсвечен пункт «Текст»	Завершение работы с редактором «Лексикон»
II. Редактирование текста			
1	F3 — выделить строку		
2	Ctrl-F3 — забрать в «карман»		
3	Ctrl-F4 — выставить из «кармана»		
4	F4 — отменить выделение строки		
III. Выполнение ПП			
1	КРЕДО ↵	>	Запуск системы КРЕДО
2	P10305 ↵	Введите имя чертежа	Ввод имени файла чертежа (P10305)
3	<shift-2>	КРЕДО-3D 1...14	Вход в меню «Специальные функции»
4	6	СПЕЦ. ФУНКЦИИ 1...10	Вход в подменю «Графический язык»
5	4	ГРАФ. ЯЗЫК 1...6	Вызов транслятора с ЯП GRAPL

Продолжение табл. 12.2

№ п/п	Команды пользователя	Экран ПК	Комментарии
6	P10305 ↵	Введите имя программы >	Ввод имени GRAPL-программы
7	I	ГРАФИЧЕСКИЙ ЯЗЫК 1...6	Вызов программы на выполнение
8	P10305 ↵	Введите имя граф.-программы>	Ввод имени оттранслированной программы (P10305.GPL)
9	100 ↵ 50 ↵ ... ↵ ↵	Parametry TKS 1. NB =	Ввод параметров TKC-PST
10	<Esc>	ГРАФИЧЕСКИЙ ЯЗЫК	Завершение работы
11	Y	Записать в файл?	Сохранение чертежа в файле
12	Y	Закончить?	Подтверждение завершения
13	N	Нужен новый чертеж?	Отказ от нового чертежа

Примечание. Обозначение ПП P10305 приведено для студента группы 103 (02-103), 05-го по списку в журнале. Каждый студент использует свое индивидуальное обозначение.

Таблица 12.3

№ п/п	Команды пользователя	Экран ПК	Комментарии
1	Включить ПК, войти в рабочий каталог (указывается преподавателем)	>	>-признак системного сообщения DOS
2	LEXICON ↵		Вызов редактора текстов «Лексикон» ↵-клавиша <Enter>
3	;Обучающая ПП PST P10406 ;Ф. И. О. Гр. 02-104, 15.03.96 ;Запрос на ввод параметров (defun PARAM (NAME)))); end P10406		Набор текста ПП P10406.LSP, утвержденного преподавателем
4	F10		Предпоследняя строка текста ПП Последняя строка текста ПП Вход в главное меню Лексикона

Продолжение табл. 12.3

№ п/п	Команды пользователя	Экран ПК	Комментарии
5	┘	Подсвечен пункт «Текст»	Вход в меню «Текст»
6	┘	Подсвечен пункт «Сохранить»	Запись (запоминание) текста файла ПП
7	P10406.LSP ┘	Введите имя файла...	Ввод имени файла AutoLISP-программы
8	F10	Подсвечен пункт «Текст»	Вход в главное меню Лексикона
9	Клавишами со стрелками выбрать пункт «Выход» ┘		Завершение работы с редактором «Лексикон»
II. Редактирование текста			
1	F3 — выделить строку		
2	Ctrl-F3 — забрать в «карман»		
3	Ctrl-F4 — выставить из «кармана»		
4	F4 — отменить выделение строки		
III. Выполнение ПП			
1	ACAD ┘	>	Запуск Автокада
2	1 ┘	Главное меню Автокада (для версии 10)	Вход в режим создания нового чертежа
3	P10406 ┘	Enter NAME of drawing	Вывод имени чертежа
4	(LOAD «P10406») ┘	Command:	Загрузка AutoLISP-программы
5	P10406 ┘	C: P10406 Command:	Вызов ПП на выполнение
6	100 ┘ 50 ┘	L: B:	Ввод параметров TKC-PST
	
7	END ┘	Command:	Завершение работы. Сохранение чертежа в файле P10496.DWG
8	0	Enter selection:	Выход из Автокада

Примечание. Обозначение ПП P10406 приведено для студента группы 104 (02-104), 06-го по списку в журнале. Каждый студент использует свое индивидуальное обозначение.

ческий файл, редактирования текста (удаление, вставка, перемещение, размножение и запоминание) — символа, слова, строки.

Комментарии к ПП P10305 на ЯП GRAPL. Знак \$\$ — комментарий, т.е. любой текст после \$\$ не является программой. Знак \$ в конце строки текста — перенос продолжения строки текста.

В операторе SIZE записывается количество параметров (PRM) в следующей за ним команде PARAMS.

```

$$ Обучающая ПП PST (P10305)
$$ Ф.И.О. Гр. 02-103, 15.03.96
SIZE PRM(9)
PARAMS/Parametry TKS'9,0,NB',S
    0,'L',0,'B',0,'C',0,'R',0,'D1',S
    0,'D2',0,'T',0,'NO',ID,PRM(1),ST
    IF(ST.EQ.0) GO TO 11
NB=PRM(1)
L=PRM(2)
.....
NO=PRM(9)
$$ Формульные параметры
L2=L/2
.....
IF(D2.EQ.0) B=0
X0=70
Y0=140
$$ Координаты опорных точек
X1=X0
Y1=Y0-L2
.....
X16=X0+L2
Y16=Y1
    IF(NO.EQ.4) GO TO 1
X17=X15
Y17=Y0+B2
.....
X182=X172
Y182=Y18
    GO TO 2
1 X19=X16-B2
Y19=Y0-B2
.....
Y22=Y19
X23=X13+T2
Y23=Y13-T2
.....
Y26=Y25
    IF(NO.EQ.2) GO TO 2
X191=X19+D22
Y191=Y19
.....
X224=X22
Y224=Y22+D22
$$ Опорные точки
2 P0=POINT/X0,Y0
P1=POINT/X1,Y1
.....
P26=POINT/X26,Y26
.....
P224=POINT/X224,Y224
PR56=POINT/X6,Y5
.....
PR11=POINT/X11,Y12

```

```

$$ Осевые линии
COLOR/5
PENNO/1
CL03=CLINE/P0,P13
.....
CL36=CLINE/P13,P16
    IF(NO.EQ.2) GO TO 3
CL19=CLINE/P191,P193
.....
CL24=CLINE/P222,P224
    GO TO 4
3 CL17=CLINE/P171,P172
CL18=CLINE/P181,P182
$$ Изображения
4 COLOR/1
PENNO/2
WEIGHT/CREATE,1,10,TT
WEIGHT/RETRVE,1,TT
    IF(C.EQ.0) GO TO 5
LN05=LINE/P0,P5
.....
LN20=LINE/P12,P0
    GO TO 7
    IF(R.EQ.0) GO TO 6
5 LN05=LINE/P0,P5
CR56=CIRCLE/CENTER,PR56,$
    RADIUS, R,GOANG,180,$
    ENDANG,270
.....
    GO TO 7
6 LN01=LINE/P0,P1
.....
LN40=LINE/P4,P0
7 IF(D1.EQ.0) GO TO 8
CR13=CIRCLE/CENTER,P13,$
    RADIUS,D12
    GO TO 9
8 IF(T.EQ.0) GO TO 9
LN23=LINE/P23,P24
.....
LN26=LINE/P26,P23
9 IF(D2.EQ.0) GO TO 11
    IF(NO.EQ.4) GO TO 10
CR17=CIRCLE/CENTER,P17,$
    RADIUS,D22
.....
    GO TO 11
10 CR19=CIRCLE/CENTER,P19,$
    RADIUS,D22
.....
CR22=CIRCLE/CENTER,P22,$
    RADIUS,D22
11 DELETE/POINTS
STOP

```

```

; Обучающая ПП PST (P10406)
; Ф.И.О. Гр. 02-104, 15.03.96
; Запрос на ввод параметров
(defun PARAM (NAME)
  (setq QUESTION;
    (strcat "Введите " NAME ": ")
    (setq X (getreal QUESTION));
  ); end PARAM
; Построение окружности
(defun CIR (XC YC R)
  (command "pline" (list (+ XC R) YC)
    "arc" "angle" 359 "c" (list XC YC) "close")
); end CIR
; Построение осевой линии
(defun CLINE (X1 Y1 X2 Y2)
  (command "linetype" "set" "CENTER" "")
  (command "line" (list X1 Y1) (list X2 Y2) "")
  (command "linetype" "set"
    "CONTINUOUS" "")
); end CLINE
; Основная программа
(defun C:P10406()
  (setq W 0.8); Толщина линии
; Ввод параметров
  (setq NB (PARAM "NB"))
  (setq L (PARAM "L"))
  (setq B (PARAM "B"))
  (setq C (PARAM "C"))
  (setq R (PARAM "R"))
  (setq D1 (PARAM "D1"))
  (setq D2 (PARAM "D2"))
  (setq T (PARAM "T"))
  (setq NO (PARAM "NO"))
; Формульные параметры
  (if (> D1 0) (setq T 0))
  (if (> C 0) (setq R 0))
  (if (= D2 0) (setq B 0 NO 0))
  (setq L2 (/ L 2) B2 (/ B 2) D12 (/ D1 2)
    D22 (/ D2 2) T2 (/ T 2))
; Координаты опорных точек
  (setq X1 X0 Y1 (- Y0 L2))
  .....
  (setq X224 X22 Y224 (+ Y22 D22))
; Осевые линии
  (CLINE (- X0 5) Y0 X13 Y13)
  (CLINE X13 Y13 (+ X14 5) Y14)
  .....
  (if (= NO 4) (progn
    (CLINE (+ X191 3) Y191
      (- X193 3) Y193)
    .....
    (CLINE X222 (- Y222 3)
      X224 (+ Y224 3))
    )) end (NO=4)
  (if (= NO 2) (progn
    (CLINE (- X171 3) Y171
      (+ X172 3) Y172)
    (CLINE (- X181 3) Y181
      (+ X182 3) Y182)
    )) end (NO=2)
; Изображения
  (if (> C 0) (command "pline" (list X0 Y0)
    "w" W "" (list X5 Y5) (list X6 Y6)
    (list X7 Y7) (list X8 Y8) (list X9 Y9)
    (list X10 Y10) (list X11 Y11)
    (list X12 Y12) "close")
  ); end (C>0)
  (if (> R 0) (command "pline" (list X0 Y0)
    "w" W "" (list X5 Y5)
    "arc" "ce" (list X6 Y5) (list X6 Y6)
    "line" (list X7 Y7)
    "arc" "ce" (list X7 Y8) (list X8 Y8)
    "line" (list X9 Y9)
    "arc" "ce" (list X10 Y9) (list X10 Y10)
    "line" (list X11 Y11)
    "arc" "ce" (list X11 Y12) (list X12 Y12)
    "line" "close")
  ); end (R>0)
  (if (and (= C 0) (= R 0))
    (command "pline" (list X1 Y1) "w" W ""
      (list X2 Y2) (list X3 Y3) (list X4 Y4) "close")
  ); end (C=0 and R=0)
  (if (> D1 0) (CIR X13 Y13 D12))
  (if (> T 0) (command "pline" (list X23 Y23)
    "w" W "" (list X24 Y24)
    (list X25 Y25) (list X26 Y26) "close"))
  (if (and (> D2 0) (= NO 2)) (progn
    (CIR X17 Y17 D22)
    (CIR X18 Y18 D22)
  )) end (D2>0 and NO=2)
  (if (and (> D2 0) (= NO 4)) (progn
    (CIR X19 Y19 D22)
    (CIR X20 Y20 D22)
    (CIR X21 Y21 D22)
    (CIR X22 Y22 D22)
  )) end (D2>0 and NO=4)
); end P10406

```

В команде PARAMS текст в кавычках после наклонной черты — сообщение или обращение длиной не более 34 символов. Первое число — количество параметров. Оно должно быть не более 10. Если более, то команда PARAMS повторяется с 11 параметра (см. ПП KZCZ, VTN). Далее — кортеж параметров ТКС, каждый из которых в кавычках и перед каждым 0 (или 1, 2 или 3) — так называемый дескриптор данных — вещественных при значении 0, текущее значение которых выводится. ID — простая переменная, фиксирующая завершение работы ПП.

Многоточия в тексте ПП — это пропущенные однотипные строки программы, которые легко определяются по меткам (1...11) в граф-схеме и в тексте программы. Команды COLOR/ и PENNO/ — смена цвета линии для ГД или пера (толщины линии) для графопостроителя (плоттера).

Строка DELETE/POINTS (у метки 11) введена для удаления изображения точек (звездочек). После их удаления изображение необходимо регенерировать, нажав клавишу R.

Комментарий к ПП P10406 на ЯП AutoLISP. Знак; (точка с запятой) — комментарий, т.е. любой текст после знака «;» не является программой.

Специального знака преноса в ЯП AutoLISP не существует. Любая строка программы может быть прервана в любом месте и продолжена с новой строки.

Выражения (defun PARAM ...); end PARAM — определение функции (подпрограммы) PARAM для интерактивного ввода параметров ПП (аналог оператора PARAMS ЯП GRAPL).

Выражения: (defun CIR...) end CIR — определение функции CIR для построения окружности сплошной основной («толстой») линией. Необходимость этой функции вызвана тем, что в системе AutoCAD стандартная команда CIRCLE позволяет построить окружность только тонкой линией.

Выражения: (defun CLINE...) end CLINE — определение функции CLINE для построения осевой линии. Введена для сокращения числа используемых команд ЯП AutoLISP в программе.

Функция setq служит для присвоения значений переменным. Например, выражение (setq W 0.8) соответствует $W = 0.8$ на ЯП GRAPL. Один вызов функции setq позволяет выполнить несколько операций. Например, присвоить значение сразу нескольким переменным.

Выражения: (defun C: P10406(...)) определяют основную программу и позволяют вызвать ее на выполнение из среды AutoCAD указанием только имени, в данном случае, P10405.

Функция if осуществляет проверку условия. Она является аналогом логического оператора IF в ЯП GRAPL. При записи функции if сначала указывается условие ($>$, $=$ и т. д.), а затем сравниваемые операнды. Например, выражение (if(>D1 0) (setq T 0)) соответствует IF (D1 GT. 0) T = 0 на ЯП GRAPL.

При записи выражений для выполнения арифметических операций сначала указывается знак операций (+, -, *, /), а затем операнды. Пример: (setq Y1 (- Y0 L2)) соответствует $Y1 = Y0 - L2$.

Функция (progn...end) образует «операторные скобки». Она обычно используется совместно с функцией if для того, чтобы выполнить ряд действий при выполнении определенного условия.

Функция command служит для выполнения команд системы AutoCAD. При этом для задания координат точек применяется функция list. Ключевые слова AutoCAD (названия команд и их опций) заключаются в кавычки. Более подробные сведения о ЯП AutoLISP и системе AutoCAD содержатся в литературе [30, 31].

Программы на ЯП AutoLISP пишутся в любом текстовом редакторе, например в LEXICONE. При этом могут применяться как прописные, так и строчные буквы латинского алфавита, а также их произвольные сочетания. Русские буквы могут быть использованы только в комментариях и при выводе текстов командой AutoCAD'a «text».

Для выполнения ПП вызывается система AutoCAD и в командной строке вводится: (load «имя_программы»), например, (load «P10406»). Вызов AutoLISP-программы, определяемой функцией (defun C:

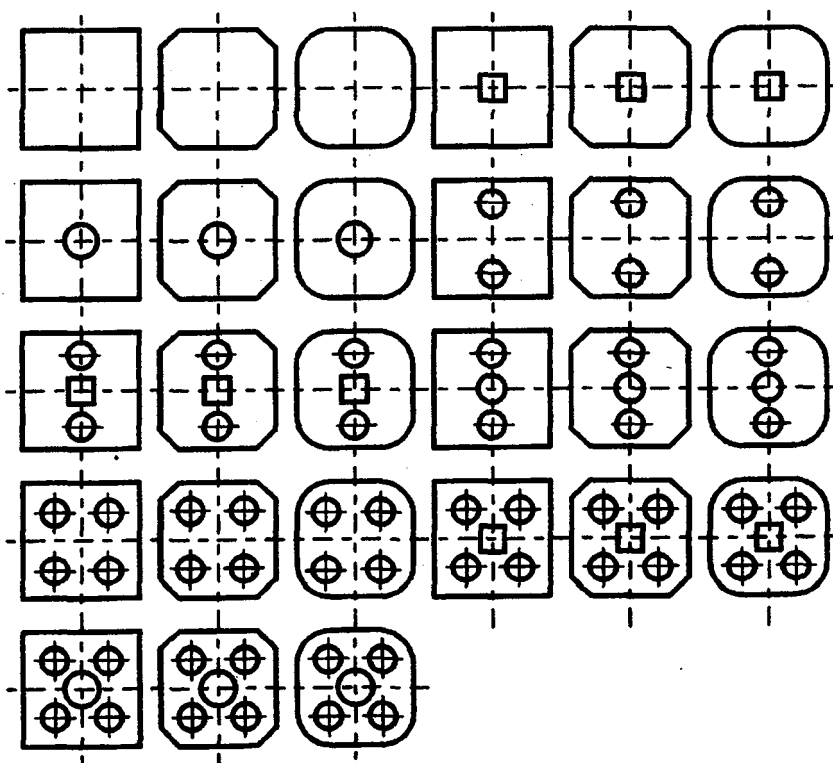


Рис. 12.9

P10406) на выполнение осуществляется указанием ее имени в командной строке AutoCAD'a. После этого вводятся фактические значения параметров по ТКС — PST и на экране ГД получаем требуемое изображение. Вывод его на плоттер или на принтер производится средствами AutoCAD'a (рис. 12.9).

На рис. 12.10 показано проектирование размеров на 27 изображениях, получаемых по ПП PST (см. рис. 12.5,б). Для удобства чтения и проектирования параметры L , B , T дополнены буквами N , L , P — нижний, левый, правый.

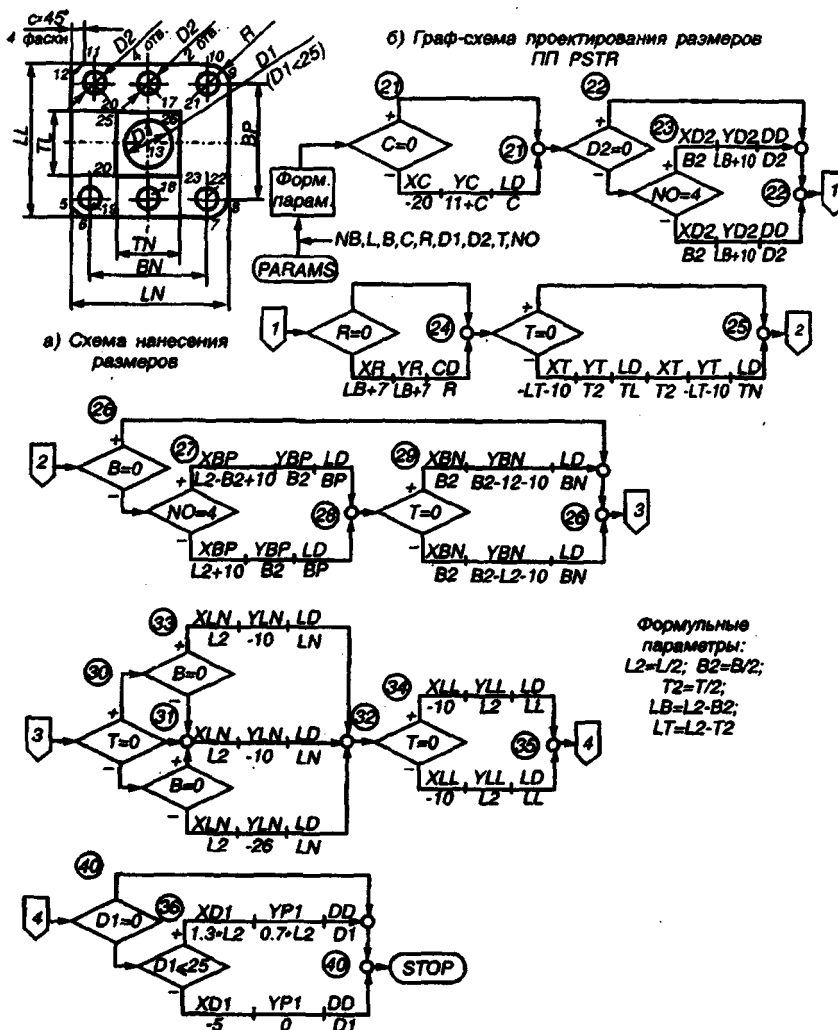


Рис. 12.10

Обобщенная схема расположения всех размеров (рис. 12.10, а) является условной. Реально все указанные размеры не могут быть нанесены на чертеже, так как, если $C \neq 0$, то $R = 0$, если $D1 \neq 0$, то $T = 0$, NO может быть равен 2 или 4.

Логические операторы граф-схемы проектирования размеров на изображениях ПП PST (рис. 12.10, б) осуществляют проектирование, а операторы ЯП GRAPL: LD (LDIMEN), CD (CDIMEN), DD (DDIMEN) — линейный, диаметральный, радиальный размеры — выполняют построение выносных и размерных линий. Они также наносят размерные числа, положение которых относительно контура изображения определяется соответствующими координатами (XC, YC и т.д.), заданными в граф-схеме. Значения размерных чисел определяются фактическими значениями параметров ТКС ИГМ, вводимыми посредством интерактивного оператора PARAMS.

По граф-схеме на рис. 12.10, б программируется ПП PSTR. Однако для начинающих изучение вопросов проектирования и программирования ПП АВЧ рабочей КД такая задача является пока слишком сложной. Программирование размеров будет рассмотрено ниже на более простых примерах — см. ПП ТРК и КЗС2.

На рис. 12.11 показан чертеж с изображением и размерами по ПП PST и PSTR, выполненный с использованием сервисных ПП FON и ZONTS — см. § 12.3.

12.3. Сервисные ПП FON, ZONTS. Сервисные ПП FON и ZONTS служат для оформления чертежей, получаемых в ЛГР по ПП АВЧ, в соответствии с общими правилами выполнения чертежей по ЕСКД.

ПП FON — форматы чертежей и основная надпись — имеет интерактивную команду MENU, в которой содержится меню 7 форматов чертежей по ГОСТ 2.301—68 с основной надписью по ГОСТ 2.104—68: формат А4 и форматы А3, А2, А1 с основной надписью по короткой и по длинной стороне формата.

Каждый из форматов имеет свой код от 1 до 7, который высвечивается на экране ГД совместно с размерами формата при вызове ПП FON.

ПП FON «привязывается» своими координатами XF, YF к экрану ГД, а ПП АВЧ своими координатами X0, Y0 — к формату чертежа. Поэтому формат чертежа (FCH) присутствует, как параметр, в ТКС ИГМ ПП ZONTS.

Вызов ПП FON и выбор формата чертежа показаны ниже в таблице команд вывода чертежей по ПП АВЧ (см., например, табл. 12.7, табл. 12.9).

ПП ZONTS — заполнение основной надписи, таблица m, z, d для шестерен и преобладающая шероховатость поверхностей — является текстовой ПП. ИГМ ПП ZONTS — также текстовый документ на формате А4 (рис. 12.12).

ИГМ ПП ZONTS состоит из нескольких меню, коды (1..., 3...) которых, выбранные пользователем, заносятся в ТКС — ZONTS. Содер-

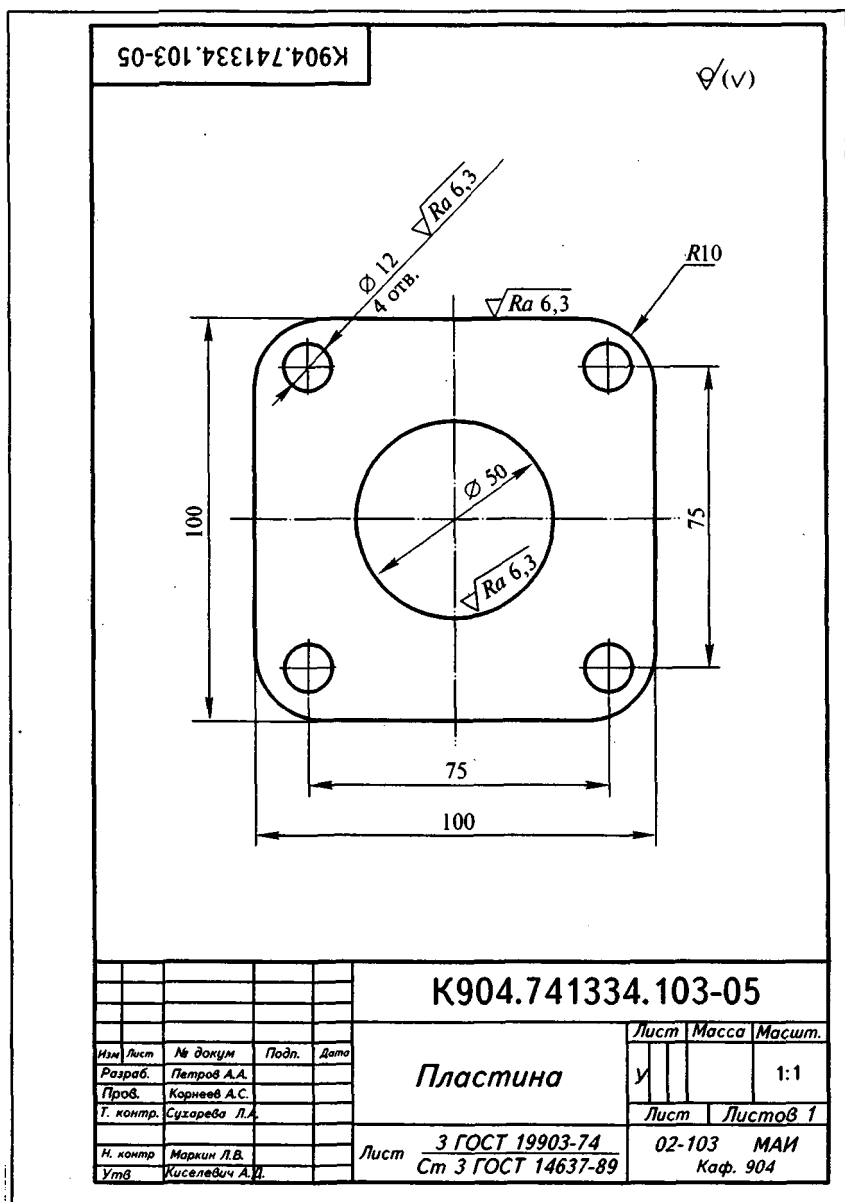


Рис. 12.11

жание этих меню и пример заполнения ТКС — ZONTS для ПП KZC2 см. на рис. 12.12.

В обозначении чертежа по ГОСТ 2.201—80 (K904.721335.103—05) K904 — постоянная часть обозначения — код

Параметры ТКС ИГМ ПП ZONTS, их значения и коды.

NB - номер варианта чертежа задания ЛГР:

№ группы. № студента в журнале группы.

Например: 111.05-студент группы 02-111,

5-й в журнале группы.

KX - классификационная характеристика (код)

в обозначении чертежа по ГОСТ 2.201-80;

присваивается по УИК.ЕСКД.

NCH-наименование чертежа (коды 1-16):

1 - Шестерня, 2 - Муфта, 3-ТРК,

4 - Пластина, 5 - Втулка нажимная,

6 - Кольцо опорное, 7 - Вкладыш,

8 - Подпятник, 9 - Шток, 10 - Клапан,

11 - Штуцер, 12 - Кулачок, 13 - Вал-шестерня,

14 - Втулка, 15 - Обойма, 16 - пусто.

MTD - материал детали (коды 1-6):

Параметр PSH - код 4:

✓(✓)

Параметр TMZ-код 2:

Модуль	<i>m</i>	3
Число зубьев	<i>z</i>	30
Диаметр делит. окружности	<i>d</i>	90

1 - Лист 3 ГОСТ 19903-74, 2-Сталь 40Х ГОСТ 4543-71,
Ст 3 ГОСТ 14637-89,

3 - СЧ 18-36 ГОСТ 1412-79, 4 - АЛ2 ГОСТ 2885-75,

5 - БрАЖ9-4 ГОСТ 18175-78, 6-Лист 10 ГОСТ 11269-76
30ХГСА ГОСТ 4543-71

TMZ - таблица *m*, *Z*, *d* для детали KZC (коды 1-3):

1 - нет таблицы (*m*₁=0, *m*₂=0);

2 - таблица *m*, *Z*, *d* (*m* 1≠0 или *m*₂≠0);

3 - таблица *m*₁/*m*₂,... (*m*₁≠0 и *m*₂≠0).

PSH - преобладающая шероховатость (коды от 1 до 6):

1- $\sqrt[12,5]{(✓)}$, 2- $\sqrt[6,3]{(✓)}$, 3- $\sqrt[3,2]{(✓)}$, 4- $\sqrt{(✓)}$, 5- $\sqrt[1,6]{(✓)}$, 6- пусто.

ТКС-ZONTS для ПП KZC2

NB	KX	NCH	MTD	TMZ	PSH	FCH	<i>m</i> ₁	<i>m</i> ₂	<i>z</i> ₁	<i>z</i> ₂	
111.05	7413334	1	2	1	4	1	3	0	30	0	
K904.741334.111-05											
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ИГМ ПП ZONTS (Пример для KZC2)			Лист	Масса	Масшт.	
Разраб.								у			1:1
Проб.											
Т. контр.								Лист	Листов 1		
И. контр.					Сталь 40Х ГОСТ 4543-71			ЛГР МГ МАИ Каф. 904, гр. 02-111			
Утв											

Рис. 12.12

организации-разработчика (кафедра 904). КХ и порядковый регистрационный номер — переменная часть — задается пользователем через параметры ТКС — ZONTS: КХ и NB. КХ выбирается по УИК.ЕСКД (см. рис. 12.22, 12.25). Пример NB см. рис. 12.12.

Меню NCH, MTD и PSN могут дополняться или изменяться. В тех случаях, когда нет кода с требуемым параметром NCH, MTD, PSN, выбирается код со значением «пусто» и содержание требуемого параметра набирается в интерактивном режиме. Также в интерактивном режиме (клавиатурой ГД) набирается фамилия и инициалы в строках «штампа»: «Разраб.», «Провер.», «Утв.». Надпись адресуется в нужное место «штампа» кодом 1, 2 или 3.

Меню параметра TMZ содержит три кода — см. рис. 12.12. Если TMZ $\neq 1$, то автоматически выполняется построение учебной таблички параметров KZC (колеса зубчатого цилиндрического), расчет диаметра делительной окружности d и заполнение таблички см. также на рис. 12.12.

12.4. Тестовая ПП «ТПК» — ТРК. Графическая тестовая ПП ТРК является аналогом ПП рабочей КД. По ней изучаются стадии разработки ПП и получение чертежа, оформленного по правилам ЕСКД, на бумажном носителе посредством сервисных ПП FON, ZONTS и графопостроителя или принтера.

На рис. 12.13 ИГМ ПП ТРК показаны обобщенные (содержащие фрагменты всех графических исходов) фронтальный и профильный изображения, описанные формальными размерными параметрами (L, B, E, ...) и опорными точками (1, 2, 3, 8..., 61). На ИГМ указаны пределы изменения — lim (pTKC) этих параметров и таблица ТКС — ТРК, в которой неразмерные параметры: NB (номера варианта), определяемый номерами группы студента и варианта задания (NBZ) по табл. 12.4; FCH — формат чертежа, используемый в последующем для вызова сервисных ПП; SK (0 или 1) — код обозначения и штриховки разреза А-А.

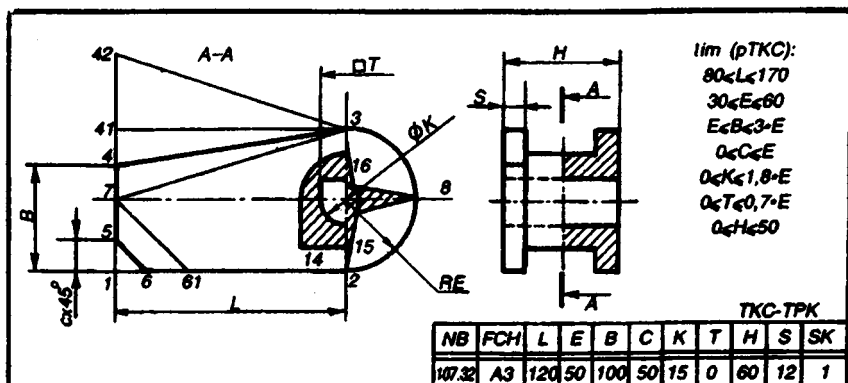










Рис. 12.13

Таблица 12.4

№№ студента по журналу группы	№№ контуров (табл. 12.4)	№№ дуг графов	Выходы дугам 2...9	NBZ (№ контура № дуги)
1	1	2		12
2	3			32
3	5			52
4	7	3		73
5	8			83
6	9			93
7	2	5		25
8	4			45
9	6			65
10	10	6		06
11	11			16
12	12			26
13	1	8		18
14	2			28
15	3			38
16	4	9		49
17	5			59
18	6			69
19	7	4		74
20	8			84
21	9			94
22	10	7		07
23	11			17
24	12			27

NB в ТК-ТРК=№гр.NBZ=101.12...115.94

Таблица 12.5

№№ контура	Точки контуров	№№ контура	Точки контуров	№№ контура	Точки контуров
1	1-2-8-3-7-1	5	5-6-2-8-3-7-5	9	7-61-2-8-3-7
2	1-2-8-3-4-1	6	5-6-2-8-3-4-5	10	7-61-2-8-3-4-7
3	1-2-8-3-41-1	7	5-6-2-8-3-41-5	11	7-61-2-8-3-41-7
4	1-2-8-3-42-1	8	5-6-2-8-3-42-5	12	7-61-2-8-3-42-7

Пример ТК-ZONTS для ПП ТРК

Таблица 12.6

NB	KX	NCH	MTD	TMZ	PSH	FCH	m1	m2	z1	z2
107.32	741351	3	4	1	4	2	0	0	0	0

Примечание: для всех деталей ТРК KX=74130X; XX=51-K₁₅, T₁₅; XX=54 -K₁₀, T₁₀;
XX=56-K₁₀, T₁₀; XX=58-K₁₀, T₁₀.

С целью сокращения объема ПП далее проектируется и выводится чертеж только фронтального изображения. Оно может быть разрезом А-А объемной детали типа двуплечевого рычага или плоской деталью типа косынки, подкладки, прокладки.

Контур изображения детали (плоской, если H = 0, S = 0 и SK = 0, или объемной — разрез А-А) может изменяться в зависимости от заданных значений параметров В и С в пределах, определяемых lim

(рТКС). Поэтому координаты точки 4 могут принимать значения координат точек 7, 41 или 42, а точки 1 — координат точек 6 или 61.

Для учебного процесса выбираются 12 контуров, описанных своими точками в табл. 12.5.

В центре дуги RE (пересечение осей 78 и 23) фронтального изображения ИГМ показаны фрагменты возможных 8 изображений, которые получаются при проектировании ПП по ИГМ.

На рис. 12.14 представлена граф-схема проектирования ПП ТРК.

Интерактивной командой PARAMS формальным параметрам ТКС — ТРК присваиваются фактические значения, которые поступают в первый арифметический блок 1А.

В этом блоке выполняется расчет координат и определение по ним всех опорных точек (P1...P9, P42, P61) контуров фронтального изображения. Дуга, выходящая из этого блока и логический оператор

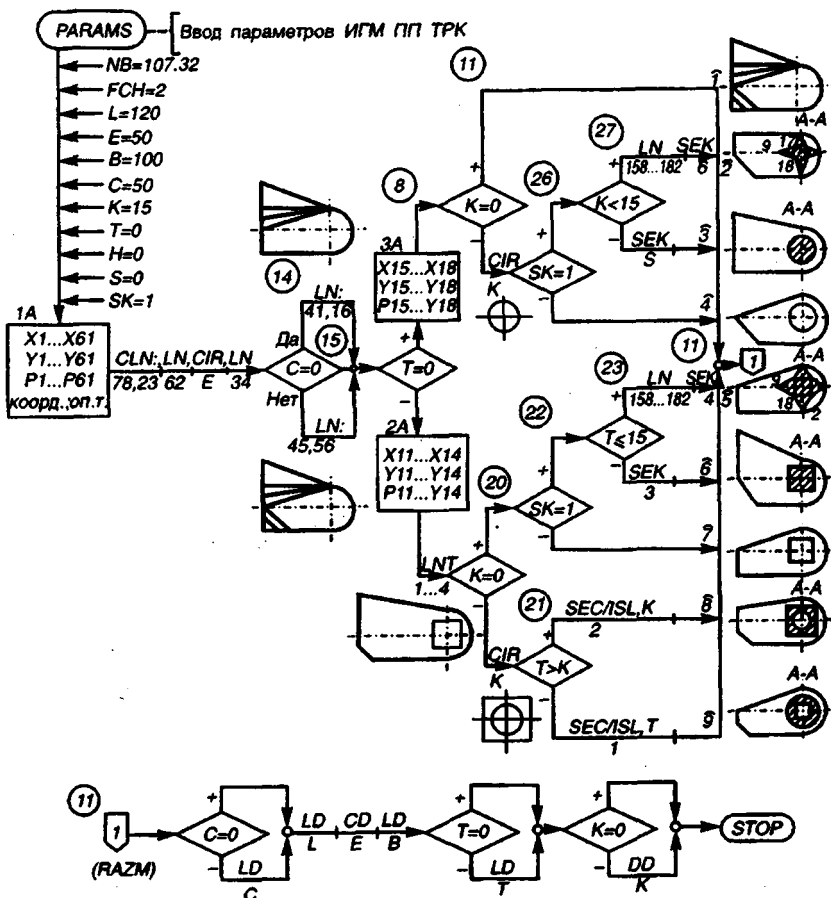


Рис. 12.14

$C = 0$, в который она входит, совместно с дугами, выходящими из оператора $C = 0$, формируют выбранные выше 12 контуров: 3 контура по параметру C ($C = 0, C = E, 0 \leq C \leq E$) и 4 контура по параметру B ($B = E, E < B < 2E, B = 2E, B = 3E$). Так как параметры B и C независимы один от другого, то при любом возможном значении параметра B может быть любое из возможных значений параметра C . Поэтому количество возможных конструктивных форм контуров составляет $3 \times 4 = 12$.

По этой дуге формируются также и оси фронтального изображения между точками 7—8 и 2—3. Если $T = 0$ и $K = 0$, то все 12 контуров выходят по дуге 1. Если $T = 0$, а $K \neq 0$, то по дугам 2, 3, 4 формируются внутренняя часть изображения на базе дуги K : отверстия в пластине диаметром K , сечение круглого стержня щеки кронштейна при $K \leq 15$ или сечение круглого стержня при $K \leq 15$, усиленного 4 ребрами («звезда»).

Если $T \neq 0$, то по дугам 3, 6, 7, 8, 9 формируется изображение внутренней части детали на базе квадрата со стороной T : при $T > 15$ — квадратное отверстие в пластине или квадратное сечение, а также полый стержень с квадратным отверстием или квадратной наружной формой сечения, а при $T \leq 15$ — стержень с сечением «звезда».

Точки для описания контура квадрата ($P11...P14$) формируются в блоке 2А, а для построения «звезды» на базе окружности диаметра K или квадрата со стороной T — в блоке 3А ($P15...P18$). Этот блок фактически находится по дуге между меткой 15 и логическим оператором $T = 0$.

Оператор $LNT/1...4$ описывает стороны квадрата по точкам $P11...P14$, оператор $CIRK$ — окружность диаметра K . Параметр SK задает штриховку и обозначение разреза (если $SK = 1$). Операторы $SEC/1...6$ выполняют штриховку разреза. Если в операторе SEC есть подпараметр ISL («Island» — остров), то экранируется (защищается от штриховки) полость T (см. 8) или K (см. 9), сечения стержня на разрезе А-А.

На дугах 2 и 3 применено сокращенное написание последовательности линий, описывающих контур звезды: $LN/158...182$ означает $LN/158, 816, 103, 317, 179, 918, 182$ (см. точки 17, 9, 18 на дугах 2 и 3).

Таким образом, по дугам 2...9 формируется 8 конструктивных форм в центре дуги окружности RE , каждая из которых может быть в любом из 12 вариантов контуров.

Следовательно, граф-схемой фронтального изображения ПП ТРК проектируется $(8 \times 12 = 96) + 12 = 108$ конструктивных форм и множество их типоразмеров в пределах $\lim(pTKC)$.

Все дуги графа сходятся в точке с меткой «11». Их информация поступает на проектирование размеров инструкциями ЯП $GRAPL$: LD ($LDIMEN$) — линейный, CD ($CDIMEN$) — радиальный и DD ($DDIMEN$) — диаметральный размер. Параметры и подпараметры этих размеров обеспечивают автоматическое построение выносных и

размерных линий, нанесение размерных чисел и их предельных отклонений, а также их положение относительно изображения чертежа.

На рис. 12.14 показано, что размер фаски C (LDC) выполняется, если $C \neq 0$. Далее наносятся размеры LDL, CDE, LDB и LDT, DDK, если $T \neq 0$ и $K \neq 0$. Более подробно проектирование размеров показано ниже — на примере ПП KZC2.

По граф-схеме проектирования ПП ТРК пишется исходный текст этой ПП на ЯП. ПП отлаживается и тестируется с использованием таблицы команд, аналогичной табл. 12.2, для соответствующей ОС ЭВМ.

По ПП ТРК выполняется ЛГР раздела МГ в курсе ИГ с целью:

— завершения и расширения знаний в области проектирования ПП АВЧ, полученных по ПП P10X0X;

— закрепления и расширения умений пользоваться клавиатурой и «мышью» ПЭВМ;

— освоение сервисных ПП FON, ZONTS и команд вывода чертежа на ГД и графопостроитель (плоттер, принтер) перед ЛГР по ПП АВЧ деталей машин.

Из возможных 108 вариантов конструктивных форм ТРК для ЛГР выбраны 24 варианта, представленные в табл. 12.4.

Номер варианта своего задания на ЛГР по ПП ТРК студент определяет по табл. 12.4 (NBZ = № контура № дуги графа), а номер варианта в ТКС — ЛГР — ТРК = № группы NBZ. Так, например, 2-й по спи-

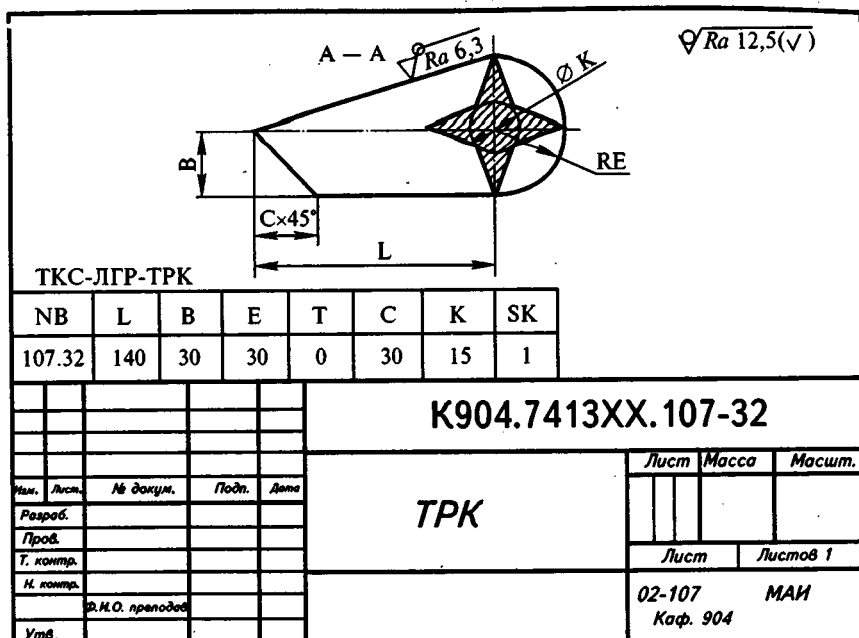


Рис. 12.15

Таблица 12.7

№ ком.	Экран ГД (Запрос ЭВМ)	Ответ пользователя	Комментарии
1	\$	SGM3 ┘	Вхождение в SGM3 ┘=Клавиша RETURN
2	Конфигурация системы: 1. ... 2. ...	1	Конфигурация по умолчанию
3	Введите имя части	FON ┘	ПП «Форматы и основная надпись»
4	МАСТЕР-3.1	M	Текст главного меню
5	1...19 Специальные функции	5	Специальные функции
6	1...10 Графический язык	2	Графический язык
7	1. ...11 Введите имя графической программы	4	Запуск графической ПП
8	Меню форматов	FON ┘	(имя части = имя ПП)
9	1...7 Парам. форм.	2	Формат А3
10	1.>X = 2. Y = 3. FCH =	420 ┘ 297 ┘ 2 ┘ ┘	Размеры формата Размеры формата Размеры формата Клавиша ┘ = Завершение
11	Графический язык 1...11 Введите имя графической программы	4 ZONTS ┘	Запуск следующей ПП На экране формат А3
11.1	1.> NB = 2. KX = 3. NCH = 4. MTD = 5. TM = 6. PSN = 7. FCH =	107.32 ┘ 741351 ┘ 3 ┘ 4 ┘ 1 ┘ 4 ┘ 2 ┘ ┘	Ввод параметров ТКС-ZONTS для ПП ТРК
12	1.> m1 = 2. m2 = 3. Z1 = 4. Z2 =	0 ┘ 0 ┘ 0 ┘ 0 ┘ ┘]- Завершение Продолжение команды 11
13	Изображение FON + ZONTS Графический язык 1...11	R 4	Регенерация изображения и надписей Запуск следующей ПП
14	Введите имя графической программы 1.> L = 7. SK =	TRK ┘ 140 ┘ ┘ 1 ┘ ┘	Ввод параметров ТКС-ТРК (см. рис. 12.15) ┘ - Завершение

№ ком.	Экран ГД (Запрос ЭВМ)	Ответ пользователя	Комментарии
15	Графический язык	R	Регенерация
	1...11]]	Выход в главное меню
16	МАСТЕР-3.1		Главное меню
	1...19	7	Ввод\Вывод\Регенерация
17	Ввод\Вывод\Регенерация		Графический файл
	1...9	1	
18	Вывод информации на графопостроитель	1	Начать графический файл
	1...3		
19	Введите имя плоттерного файла	TNB]	T10732
20	Состав чертежа	4	Все видимые
	Масштаб]	Существуют
	Точка привязки	5	Левый нижний угол
	Привязка к листу]	
	Формат бумаги]	
	Закончить	2	
	Ввод\Вывод\Регенерация]	Выход в главное меню
21	МАСТЕР-3.1	3	
	1...19	5	Удаление
	Удалить?	Y	Все видимые
22	МАСТЕР-3.1		
	1...19	4	Записи\Выход
	Запись в файл	Y	
	Закончить	Y	
	Хотите новую часть	N	
23	\$	SET _ PROT = (G:RWE, W:RWE) _ TNB.PLT _	Снятие защиты плоттерного файла
24	\$	DIR*.PLT _	Просмотр каталога
25	\$	DIR/SIZE _ *.PLT	Просмотр размеров плоттерного файла
26	\$	LO	Выход из сеанса Выключить ГД!

ску в журнале студент группы 02-107 имеет NBZ = 32, а в ТКС — ЛГР — ТРК NB = 107.32 (см. рис. 12.15 и табл. 12.6).

По NBZ на листе формата A5 выполняется эскиз (рис. 12.15) изображения чертежа с использованием данных таблиц 12.3, 12.4 и 12.5. Эскиз описывается формальными параметрами в соответствии с ИГМ ПП ТРК (рис. 12.13), а в ТКС — ЛГР — ТРК заносятся фактические значения параметров в пределах $\lim(pTKC)$ ИГМ ПП ТРК. Основная надпись («штамп») этого эскиза заполняется по данным ИГМ ПП ZONTS (рис. 12.12 и табл. 12.6). Эскиз проверяется и подписывается преподавателем.

ЛГР по программе ТРК выполняется с использованием таблицы команд вывода чертежа на экран ГД и графопостроитель (табл. 12.7), которой сопровождается ПП ТРК.

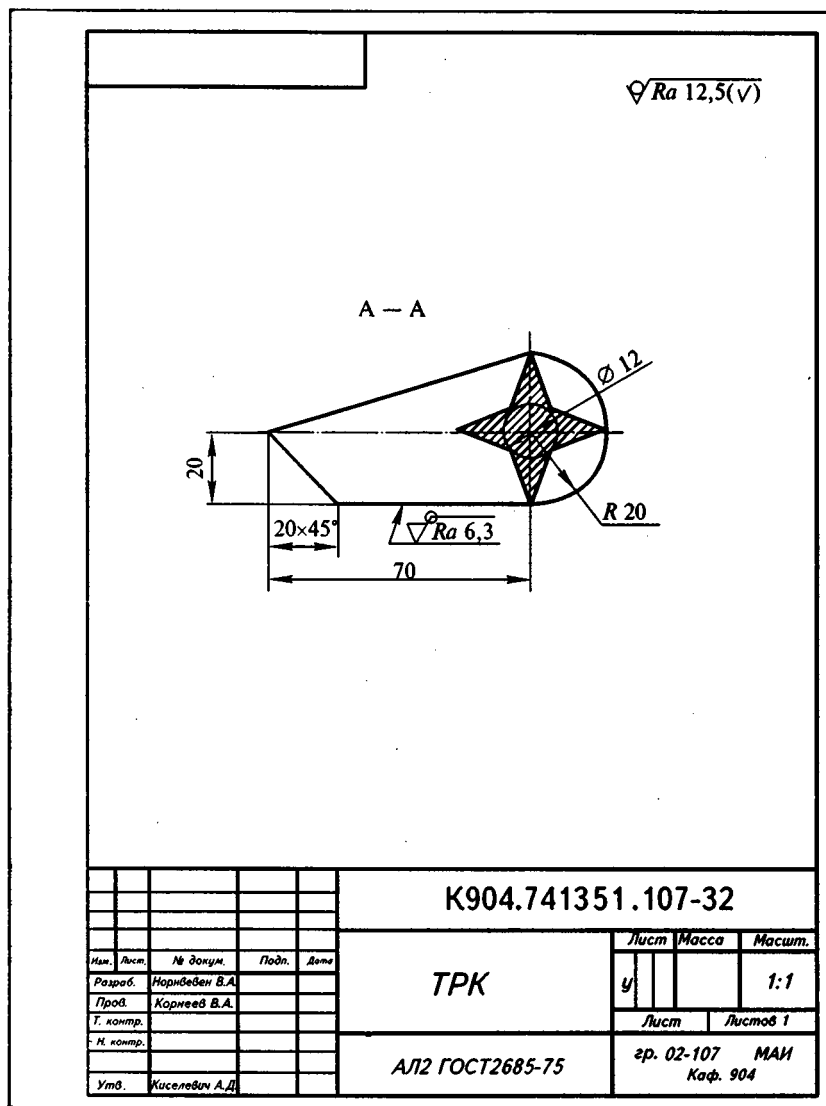


Рис. 12.16

Табл. 12.7 разработана для вывода чертежа на экран ГД ЭВМ типа VAX в ОС VAX/VMS. Аналогичные таблицы могут быть составлены для ПЭВМ типа IBM-PC в ОС MS DOS или в любой другой операционной системе. Согласно табл. 12.6 в ЛГР используются три ПП: FON, ZONTS и ТРК. Диалог с ЭВМ осуществляется посредством данных ТКС — ЛГР — ТРК.

Если графопостроитель, на котором выводится чертеж, находится вне конфигурации ЭВМ, то создается плоттерный файл с именем

TNB. В рассмотренном выше примере $TNB = T10732$ (значение T берется из ПП ТРК, а NB — из ТКС — ЛГР — ТРК, но без точки, так как $NB \leq 6$ символов) — см. команду 19 в табл. 12.6. Команда 23 этой таблицы связана с защитой плоттерного файла. Командой 24 проверяется наличие его в каталоге, а командой 25 — его емкость.

Чертеж, выведенный плоттерным файлом $T10732.PLT$, показан на рис. 12.6.

12.5. Учебная ПП «Втулка нажимная» — VTN. ПП VTN служит для автоматизации выполнения чертежей деталей уплотнительных устройств изделий типа вентиль, клапан (см. рис. 11.15). Такими деталями являются:

втулка нажимная — фланцевая или безфланцевая, гладкая или резьбовая, с углом уплотнения 120° или 150° , с фланцем цилиндрическим без лысок, с двумя лысками или с шестигранным фланцем;

кольцо опорное — под мягкое уплотнение (войлок, резина или набивка из льна-волока) с углом уплотнения 120° или 150° ;

уплотнения — мягкие или жесткие (из фторопласта, паронита), а также кольца уплотнительные прямоугольного сечения — резиновые или металлические — медные, алюминиевые.

По этой же ПП выполняются чертежи подпятников или вкладышей (втулок) шестеренчатых маслonaсосов, несущие обоймы роликоподшипников, цапф, валов маслonaсоса и являющиеся опорой для боковых поверхностей шестерен маслonaсоса.

На рис. 12.17 ИГМ ПП VTN — изображения, размерные параметры, опорные точки, пределы изменения параметров — \lim (РТКС), формульные параметры, таблица corteжа параметров — ТКС VTN и эскизы изображений некоторых деталей, чертежи которых выдает ПП VTN.

Особенности ИГМ VTN, отличающие ее от предыдущих ИГМ, — наличие альтернативных размерных параметров. $C2$ есть тогда, когда $B2 = 0$, $C1$ есть тогда, когда $B = 0$ и $P2 \neq 0$ — есть резьба. Две фаски $C \times 45^\circ$ могут быть тогда, когда $B = 0$. У эскизов нанесены ключевые параметры, определяющие конструкцию детали.

ТКС VTN содержит фактические значения параметров некоторых изображений представленных на эскизах. Некоторые параметры ($S1$, T) и опорные точки ($S7$, 63 , 64), не показанные на основных изображениях ИГМ, нанесены на соответствующих эскизах.

По ИГМ ПП VTN (см. рис. 12.17) разработано 5 граф-схем проектирования комплекса ПП VTN: VTNUK — уплотнения и контуры фронтальных изображений втулок, VTNVR — изображения соединения вида и разреза в контурах по ПП VTNUK, VTNGI — горизонтальные изображения втулок, когда $S \neq 0$ или $S1 \neq 0$, VTNRD — диаметральные ($D1 \dots D6$) и VTNRH — линейные и угловые размеры и шероховатости поверхностей деталей (втулок) по ПП VTN.

Две из этих граф-схем — VTNUK и VTNVR показаны на рис. 12.18 и 12.19.

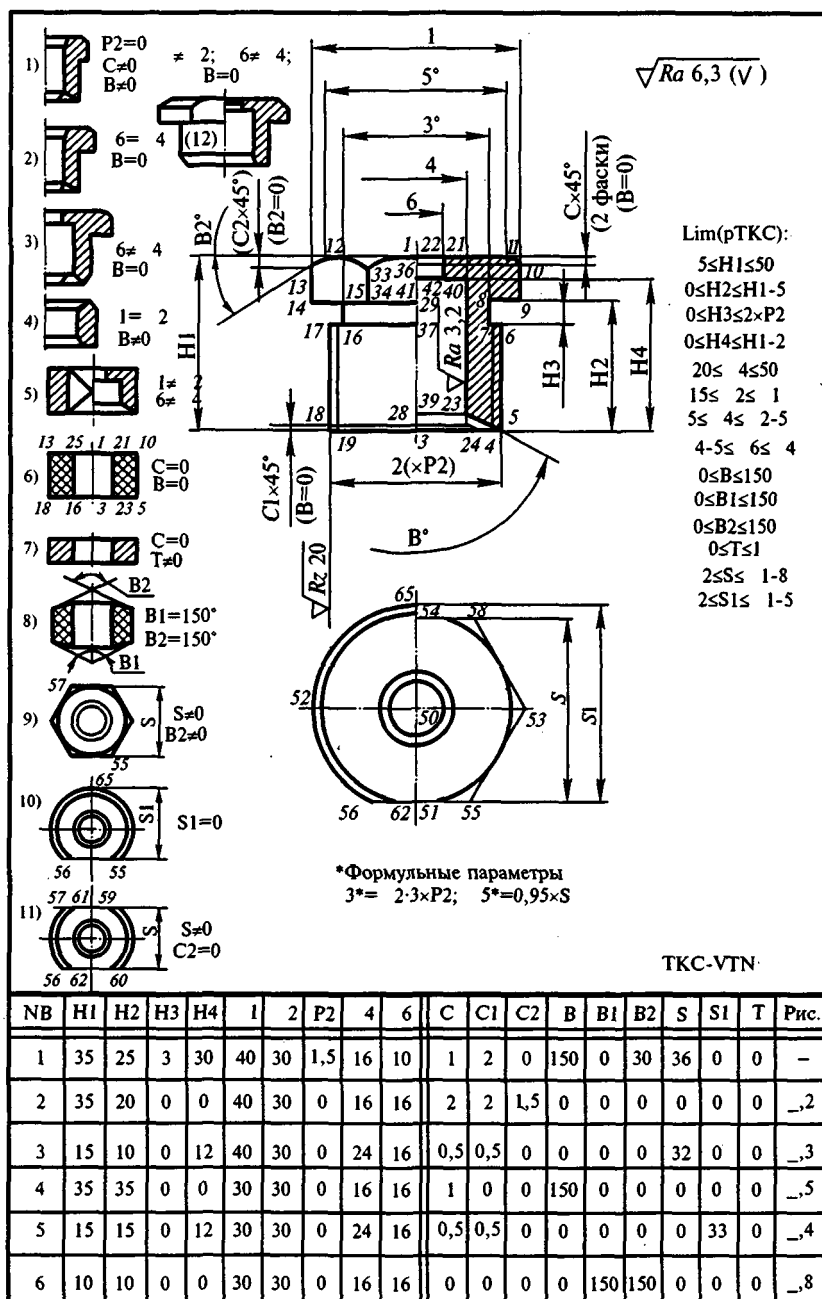


Рис. 12.17

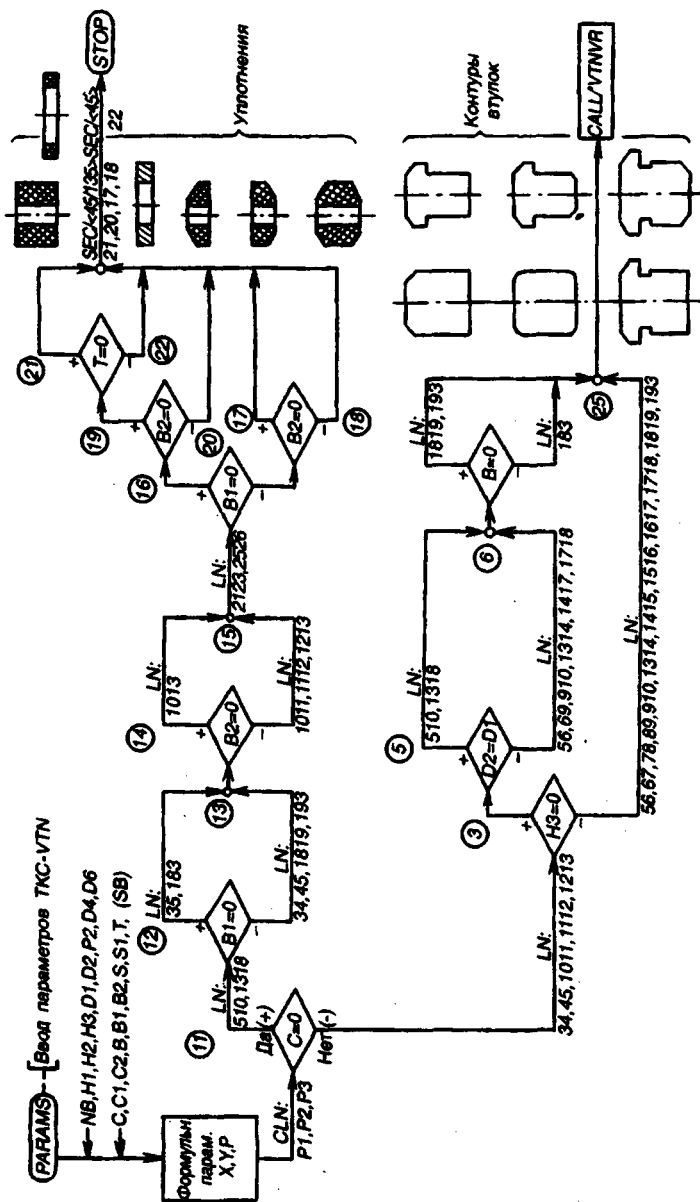


Рис. 12.18

Граф-схема VTNUK (рис. 12.18) начинается, как обычно, интерактивной командой PARAMS, посредством которой вводятся фактические значения параметров ТКС — VTN, поступающие на блок расчета формульных параметров и опорных точек — (X, Y, P). Так как количество параметров ТКС — VTN > 10, то ввод осуществляется в два приема: NB...D6 и C...T.

После проектирования осевой (CLN) граф-схема разделяется на две ветви: по верхней (с метками 11...22) проектируются изображения (разрезы) уплотнений, предназначенные для использования, главным образом, в изображениях сборочных чертежей, типа представленных на рис. 11.11 и 11.15. Исключение линий, закрываемых штоком в сборочном чертеже, осуществляется введением дополнительного параметра ТКС (SB) и модификацией ПП.

Завершающий проектирование уплотнений оператор штриховки (SEC) осуществляет штриховку под углами 45° и 135°, соответствующую графическому обозначению по ГОСТ 2.306—68 неметаллических материалов уплотнений, по дугам с метками 21, 20, 17, 18. По дуге с меткой 22 ($T \neq 0$) проектируются металлические (медь, алюминий) кольца и штриховка выполняется только под углом 45°.

Проектирование по нижней ветви графа ($C \neq 0$) завершается графическими исходами, показанными на рис. 12.18, и ПП VTN (VTNUK) вызывает (CALL) ПП VTNRV. Граф-схема ПП VTNRV (рис. 12.19) так же, как и граф-схема ПП VTNUK, делится на две ветви: левую, по которой проектируются изображения половины вида (до метки 30), и правую, по которой проектируются изображения разреза. Графические исходы проектирования показаны по всем дугам граф-схемы. Работа ПП VTNRV завершается вызовом ПП VTNGI — горизонтального изображения.

Особенностями граф-схемы ПП VTNRV является наличие блоков операторов линий и операторов штриховки (в прямоугольниках). Блоки операторов линий введены с целью компактного представления граф-схемы в процессе минимизации дуг выносом одинаковых операторов линий с параллельных дуг графа. Так, например, если ликвидировать блок линий с меткой 36, то все линии (LN2338, -244, -45, -2324) следует расписать по дугам с метками 120, 121, 58, 119, и 51. К тому же и другие блоки линий (с меткой 119 и 121) следует тогда так же развернуть. Это намного удлинит граф-схему, а в последствии и текст ПП на ЯП.

Аналогично, т.е. по такой же граф-схемной технологии, выполняется проектирование горизонтального изображения (и размеров) граф-схемой ПП VTNGI. Проектирование размеров фронтального изображения по ПП VTNRD и VTNRH осуществляется также по граф-схемной технологии, аналогичной описанной в ПП KZC2R, и представленной на рис. 12.27.

По граф-схемам проектирования ПП VTN пишутся тексты ПП на ЯП аналогично текстам на рис. 12.7 и 12.8 для обучающей ПП P10X0X. По отлаженному и оттестированному (например по NB = 1...6 в ТКС VTN) комплексу ПП VTN выполняется ЛПР.

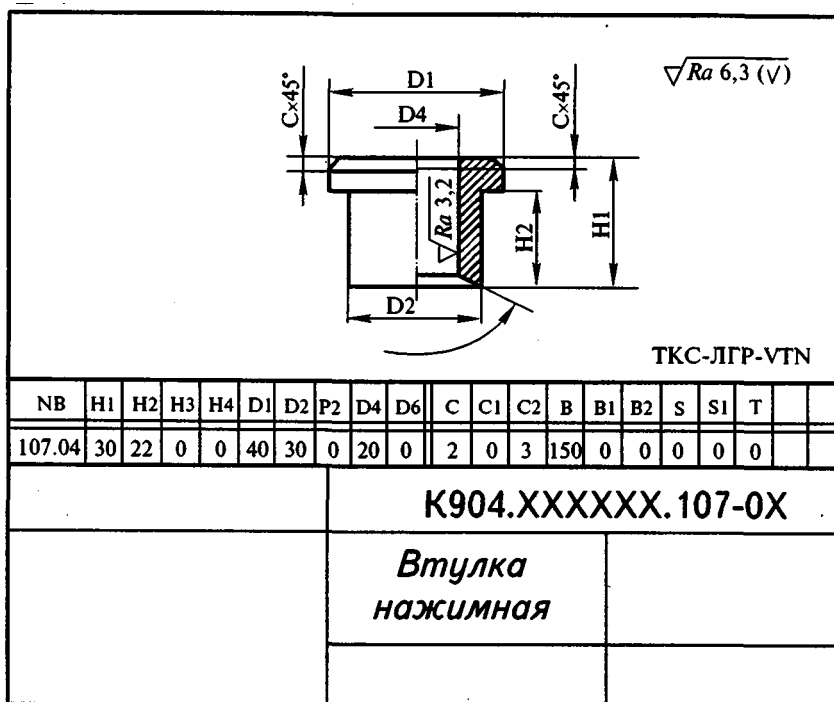


Рис. 12.20

Для выполнения ЛГР составляется эскиз на формате чертежа А5 по типу рис. 12.20 и 12.21. Фактические значения размерных параметров ТКС — ЛГР — VTN снимаются с реальных деталей изделий учебных заданий. КХ для обозначения чертежей определяется по УИК.ЕСКД (рис. 12.22) — для некоторых деталей или непосредственно по К.ЕСКД, если КХ нет в кафедральном УИК.ЕСКД.

ЛГР выполняется с использованием табл. 12.8 «Команд вывода чертежа по ПП VTN» на экран ГД и графопостроитель в диалоге с ЭВМ типа VAX в ОС VAX/VMS», аналогичной табл. 12.7 для ПП ТРК. Аналогичные таблицы команд составляются для вывода чертежа на экран ГД и принтер ПЭВМ типа IBM в соответствующей ОС ЭВМ.

На рис. 12.23 представлен чертеж детали «втулка», полученный в ЛГР с использованием ПП VTN, FON и ZONTS, и выведенный плоттерным файлом V10704.

12.6. Учебная ПП «Колесо зубчатое цилиндрическое» — KZC2. ПП KZC2 служит для автоматизации выполнения чертежей деталей машин типа колес зубчатых цилиндрических (шестерен), муфт, втулок без фланцев, штифтов, шайб, а также для синтеза изображений неполоых ступенчатых осей и валов-шестерен.

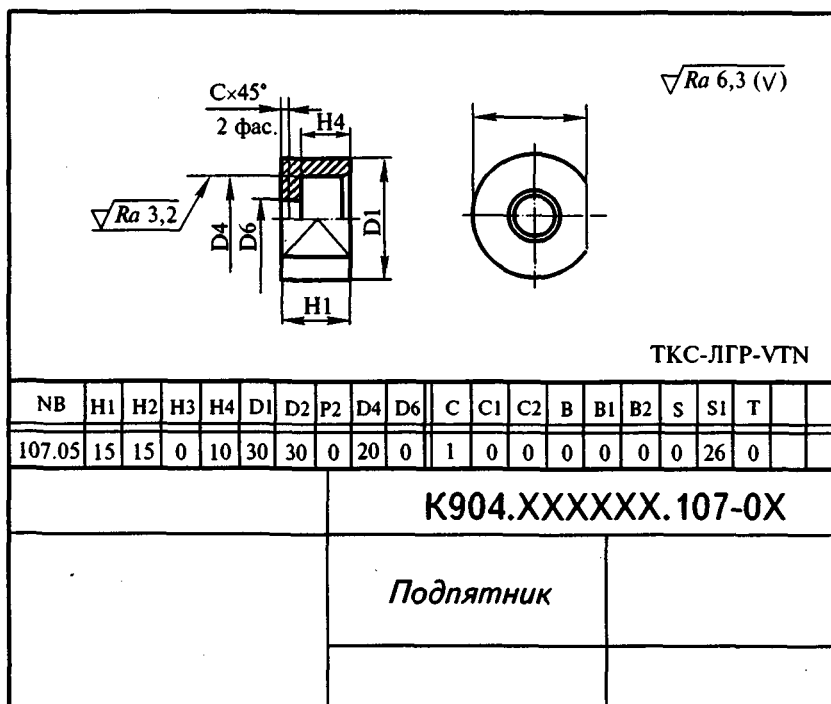


Рис. 12.21

Таблица 12.8

№ команды	Экран (Запрос ЭВМ)	Ответ пользователя	Комментарии
1	\$	SGM3 ↵	Вхождение в SGM3 ↵= Кп. RETURN
2	Конфигурация системы: 1. ... 2. ...	1	Конфигурация по умолчанию
3	Ведите имя части	FON ↵	ПП «Форматы и основные надписи»
4, 5, 6	МАСТЕР-3.1 1. ... 19	5, 2, 4	Главное меню Подменю
7	Введите имя графической программы	FON ↵	
8	Меню форматов 1...7	1	Формат A4
9	Параметры формата 1. > X = 2. Y = 3. FCH =	210 ↵ 297 ↵ 1 ↵]	Размеры формата Клавиша]=Завершение

Продолжение табл. 12.8

№ ко-манды	Экран (Запрос ЭВМ)	Ответ поль-зователя	Комментарии
10	Графический язык 1...11	4	Запуск следующей ПП На экране формат A4
11	Введите имя графической программы 1...7 1...4	ZONTS ↵ ... ↵] ... ↵]	Ввод параметров ТКC-ZONTS
12	Графический язык 1...11	4	На экране ZONTS
13	Введите имя графической программы PARAMETRY 1...10 1...9	VTNUK ↵ ... ↵] ...]	Ввод параметров ТКC-VTNUK
14	Графический язык 1...11	4	На экране изображение VTNUK
15	Введите имя графической программы PARAMETRY 1...10 1...9	VTNVR ↵]]	Параметры не вводить] - повторить параметры ТКC-VTNUK
16	Графический язык 1...11	4	На экране VTNUK + VTNVR
17	Введите имя графической программы PARAMETRY 1...10 1...9	VTNRD ↵]]	См. п. 15
18	Графический язык 1...11	4	На экране VTNRD
19	Введите имя графической программы PARAMETRY 1...10 1...9	VTNRH ↵]]	См. п. 15
20	Графический язык 1...11	4→]]→	На экране VTNRH Если S≠0, S1≠0. Если S=0, S1=0 переход в Главное меню
21	Введите имя графической программы PARAMETRY 1...10 1...9	VTNGI ↵]]	См. п. 15
22	Графический язык 1...11]	Переход в Главное меню

№ команды	Экран (Запрос ЭВМ)	Ответ пользователя	Комментарии
23	МАСТЕР-3.1 1. ...19	7	Ввод/Вывод/Регенерация
24	Ввод/Вывод/Регенерация	1	
25	Вывод на ГП	1	Начало графического файла
26	Введите имя плоттерного файла	VNB ↵	(V10704)
27	Состав чертежа Масштаб Точка привязки Привязка к листу Формат бумаги Закончить Ввод/Вывод/Регенерация	4] 5]] 2]	Все видимые Существуют Левый нижний угол Переход в Главное меню
28	МАСТЕР-3.1	3, 5, Y	Удаление
29	МАСТЕР-3.1	4, Y, Y, N	Запись/Выход
30	\$	SET PROT =(G:RWE, W:RWE) VNB.PLT ↵	Снятие защиты плоттерного файла
31	\$	DIR/SIZE *.PLT ↵	Просмотр размеров плоттерных файлов
32	\$	LO ↵	Выход из сеанса Выключить ГД!

KZC2 — это вторая, сокращенная для мини- и макроЭВМ версия ПП KZC, которая была ориентирована на отечественные ЭВМ типа ЕС-1030, -1040, программировалась на ЯП БПО-2М КИГ МАИ (см. § 12.1), имела одну или две ступицы, выступающие за торец зубчатого венца [26]. ПП KZC2 демонстрировалась на Международной выставке «Автоматизация-83».

На рис. 12.24, а, ИГМ ПП KZC2 — изображения, размерные параметры, опорные точки, предельные значения параметров — $\lim(pTKC)$, таблица кортежа параметров ТКС — KZC2, основные формульные параметры. На рис. 12.24, а, условно показаны два возможных варианта центрального отверстия — шлицевого прямобочного (над осью) и шлицевого эвольвентного (под осью) изображения. Если $m_2 = 0$ и $NS = 0$, то центральное отверстие гладкое. Профильное изображение требуется только для шлицевого прямобочного центрального отверстия.

На рис. 12.24, б и 12.24, в показан один из вариантов муфты и вала — шестерни, а в таблице ТКС — KZC2 примеры заполнения ТКС фактическими значениями параметров для изображений 12.24, а, б, в.




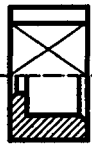










Учебный иллюстрированный классификатор-УИК.ЕСКД			
Класс 71. Классификационные характеристики (КХ) деталей-тел вращения типа втулок с наружной поверхностью цилиндрической			
Подкласс 711000; $L \leq 0,5D$	Подкласс 713000; $0,5D < L \leq 2D$	Подкласс 715000; $L < 2D$	
Группа 711100- без закрытых уступов, гладкой, без наружной резьбы	Группа 713100-	Группа 715100-	
Подгруппа 711140 с центральным сквозным отверстием цилиндр., гладким, без резьбы	Подгруппа 713140	Подгруппа 715140	
Виды:			
			
711141	713141	715141	
	Подгруппа 713190-с центр. сквозным отв. некрутым		
713153			713191
Группа 713300-без закр. уступов, ступенчатой, одностор., без нар. резьбы			
Подгруппа 713340-с центр. сквозн. отв. крутым гладким	Подгруппа 713390-с центр. сквозн. отв. некрутым.		
			
713341	713342	713390	
Класс 75. Детали тела вращ. и (или) не тела вращ.		Подкласс 752000	Группа 752100
		Детали арматуры	
Подгруппа 752180. Втулки сальников			
Фланцевые		Без фланцев	
Флан. кругл., нерезьб.	Флан. некругл., резьбовые	$L < D$	$L > D$
			
752181	752182	752183	752184

Рис. 12.22

ПП KZC2 является комплексом ПП, состоящим из головной (вызывающей) ПП KZC2 — фронтального изображения (шестерен, муфт, ступеней вала), ПП KZC2R — размеров (и шероховатости) фронтального изображения, вызываемой ПП KZC2 и ПП KZC2P — профильного изображения с его размерами и шероховатостью поверхностей. Профильное изображение вызывается только при $NS \neq 0$ — т. е. при

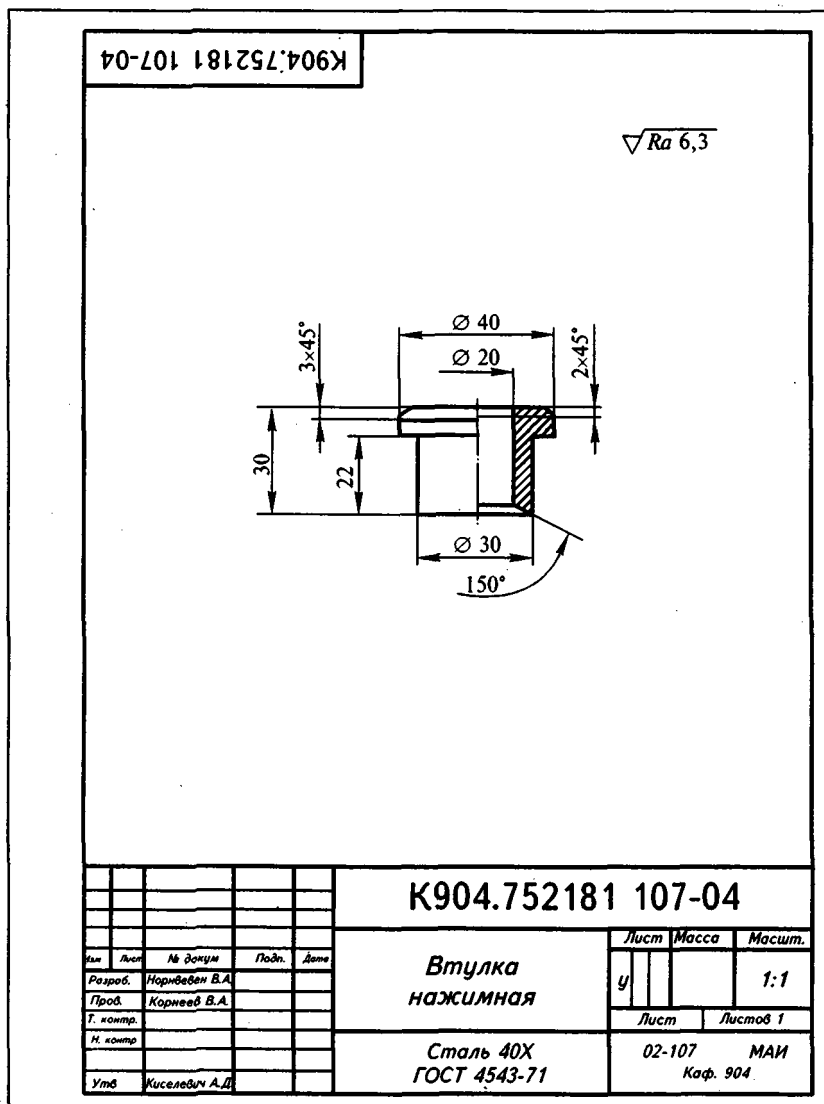


Рис. 12.23

наличии шлиц. Если $NS = 0$, то профильного изображения нет и размер $D3$ наносится на фронтальном изображении.

Преобладающая шероховатость поверхностей (в верхнем правом углу формата А3), учебная таблица m , Z , d , материал и наименование детали, а также обозначение чертежа по ГОСТ 2.201—80 наносится посредством сервисной ПП ZONTS (см. рис. 12.12).

Для определения КХ шестерен, муфт, втулок и валов-шестерен разработан специальный УИК.ЕСКД для деталей типа КЗЦ — рис. 12.25.

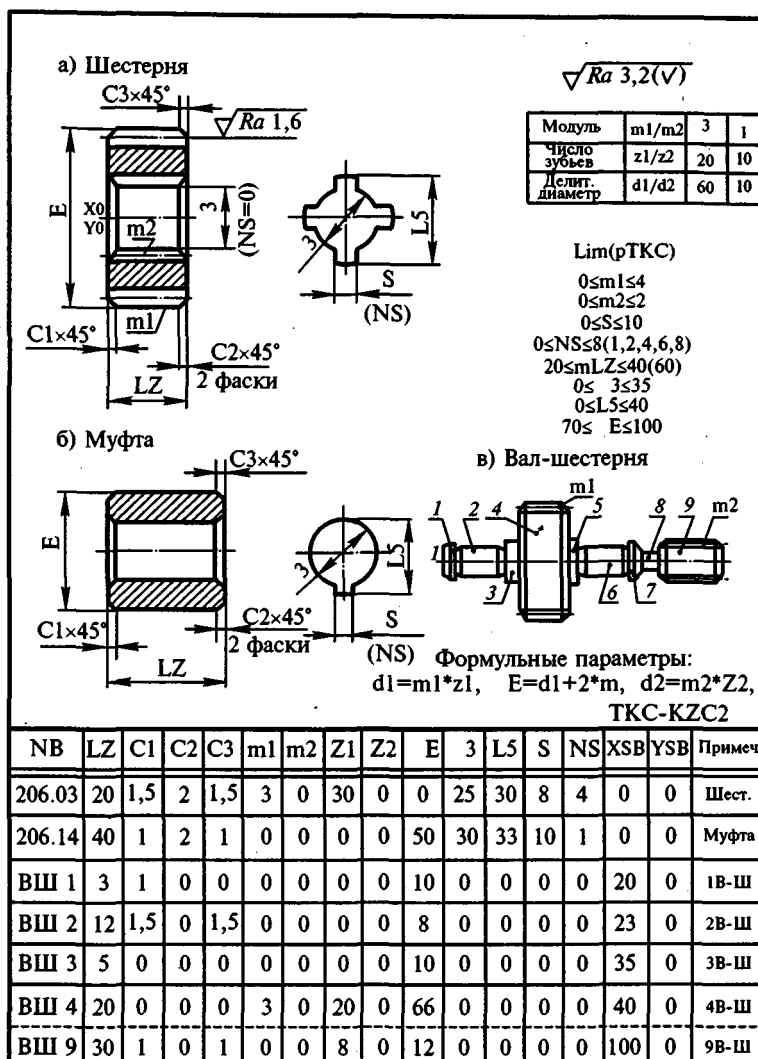
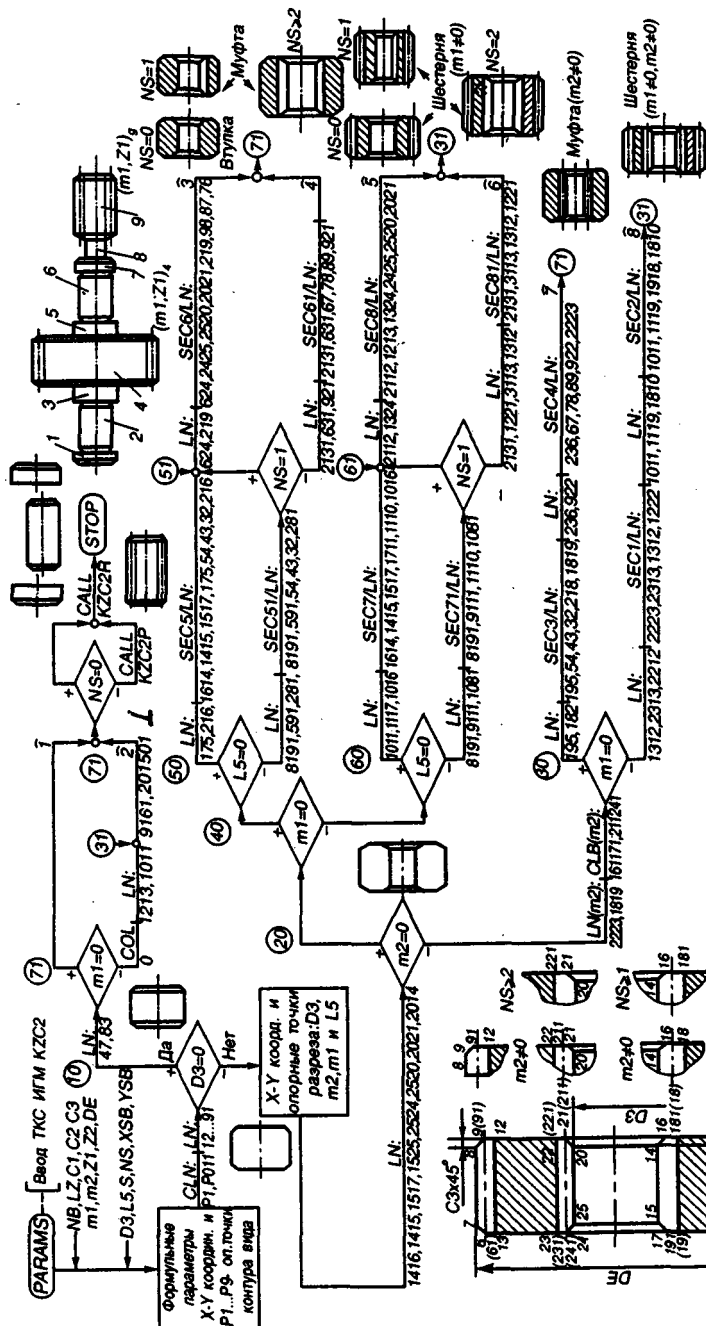


Рис. 12.24

Граф-схема проектирования фронтального изображения ПП KZC2 показана на рис. 12.26.

Так как параметров ТКС — KZC2 больше 10, то их фактические значения вводятся в два приема — двумя интерактивными командами PARAMS, как показано на рис. 12.26. После расчета формульных па-

Класс 72		Детали – тела вращения с элементами зубчатого зацепления										Учебный классификатор ЕСКД-УИК.ЕСКД. Классиф. характеристики – КХ на шестерни, муфты и вал-шестерни по ППКЗС (КЗСЗ)			
Подкласс 721000		Колеса зубчатые цилиндрические – КЗЦ													
Группы		721100 – $m \leq 1,0$ мм		721300 – $m > 1,0$ мм		КЗЦ – однодвонцовые с наружн. зеволетными зубьями, прямозуб.		КЗЦП		КЗЦП					
		721500 – КЗЦ однодвонцовые с внутр. зубьями. Обоймы зубчатых муфт		721600 – КЗЦ многондцовые											
Подгруппы: 721130, -140, -160, -180, -330, -340, -360, -370, -380		Виды и их классификационные характеристики КХ													
		$1 < m \leq 2$		$2 < m \leq 4$		$4 < m \leq 6$		$6 < m \leq 10$		$m > 10$					
Без ступицы или со ступицей, не выступающей за торцев зубчатого венца	Кругл. NS=0	721136	721136	721333	721334	721335	721336	721336	721336						
	Некругл. NS=0	-	721362	721363	721364	721365	721366	721366	721366						
Со ступицей, выступающей за торцев зубчатого венца с одной стороны	Кругл. NS=0	721146	721342	721343	721344	721345	721346	721346	721346						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
Со ступицей, выступающей за торцев зубчатого венца с двух сторон	Кругл. NS=0	721166	721352	721353	721354	721355	721356	721356	721356						
	Некругл. NS=0	-	721382	721383	721384	721385	721386	721386	721386						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						
	Некругл. NS=0	721186	721372	721373	721374	721375	721376	721376	721376						
КЗЦП с внутр. осн. базой. Шестерни	Кругл. NS=0	721151	721351	721352	721353	721354	721355	721356	721356						



PNC. 12.26

раметров и опорных точек контура вида ($P1...P9$) проектируется ось и контур ($LN12, LN23, ... LN89, LN91$) фронтального изображения. Логической операцией $D3 = 0?$ определяется полая или неполоя деталь. Если проектируется неполоя деталь, то к контуру добавляются линии фасок $C1, C3$ ($LN47, LN83$ — см. дугу с меткой 10), а если $m1 \neq 0$, то тонкими линиями ($COL/0$) проецируются линии основания зуба ($LN:1213, 1011$) и осевые линии диаметра делительной окружности ($CLN:9161, 2001$). В метке 71 сходятся дуги гладких ступеней вала (дуга 1), непольных шестерен (2), полных шестерен, муфт и втулок, прошедших по меткам 31 и 71 с дуг 3, 4, 5, 6, 7, 8.

Изображения на выходе этих дуг начинают формироваться после логического оператора $D3 = 0?$ — Нет. В начале определяются опорные точки и строится контур разреза. Далее логическим оператором $m2 = 0?$ выделяются центральные отверстия с модульными шлицами ($m2 \neq 0$, дуги 7 и 8). Логическим оператором $m1 = 0?$ выделяются муфты и втулки ($m1 = 0?$ дуги 3, 4, 7), формируются изображения центрального отверстия с одним шпоночным пазом (дуги 3, 5) или с двумя, или со шлицами (дуги 4, 6).

Операторами $SEK1...SEC81$ выполняется штриховка замкнутых контуров изображений, описываемых линиями контуров ($LN:$) видов и разрезов.

Граф-схема проектирования размеров $C1, C2, C3, LZ, DE$ и $D3$ (если $NS = 0$) фронтального изображения — ПП $KZC2R$ — показана на рис. 12.27. Все эти размеры, кроме DE , взаимосвязаны по расположению относительно изображения. Размер DE есть всегда и должен находиться на расстоянии 10 мм ($XDE = -C1 - 10$) от линии контура слева от изображения (см. рис. 12.24, а). Размер $D3$ может быть на фронтальном изображении на расстоянии 10 мм справа от контура ($NS = 0, XD3 = C2 + 10$). Расположение размера LZ зависит от наличия фасок и их равенства или неравенства одна другой.

Как видно из рис. 12.27, может быть 14 вариантов проектирования размеров трех фасок $C1, C2, C3$ (см. дуги 1...14). Положение фаски будем определять координатой Y с именем фаски ($YC1, YC2, YC3$) над дугой графа и числом со знаком, равным расстоянию от линии контура под дугой графа.

Нанесение размера осуществляется оператором ЯП линейного (LD) или диаметального (DD) размера с именем параметра этого размера (например, $LDC2$) над дугой графа, а количество элементов (фасок) числом со словом «фас» под дугой графа (2 фас.). На рис. 12.27 по дугам 1...14 проектируются размеры фасок, по дугам 15, 16, 17 — размер LZ , а по дуге 18 — размер $D3$. В конце дуг эскизы изображений и размеров.

Все дуги проектирования фасок сходятся в точке с меткой 24, от которой начинается проектирование размеров $DE, LZ, D3$. На дугах 15, 16, 17 показаны 3 возможных варианта проектирования размера LZ в зависимости от размеров $C1$ и $C2$. По дуге 18 проектируется диаметральный размер $D3$, если $NS \neq 0$, а если $NS = 0$, то по дуге 19 вызывается ПП $KZC2P$ — профильного изображения ПП $KZC2$.

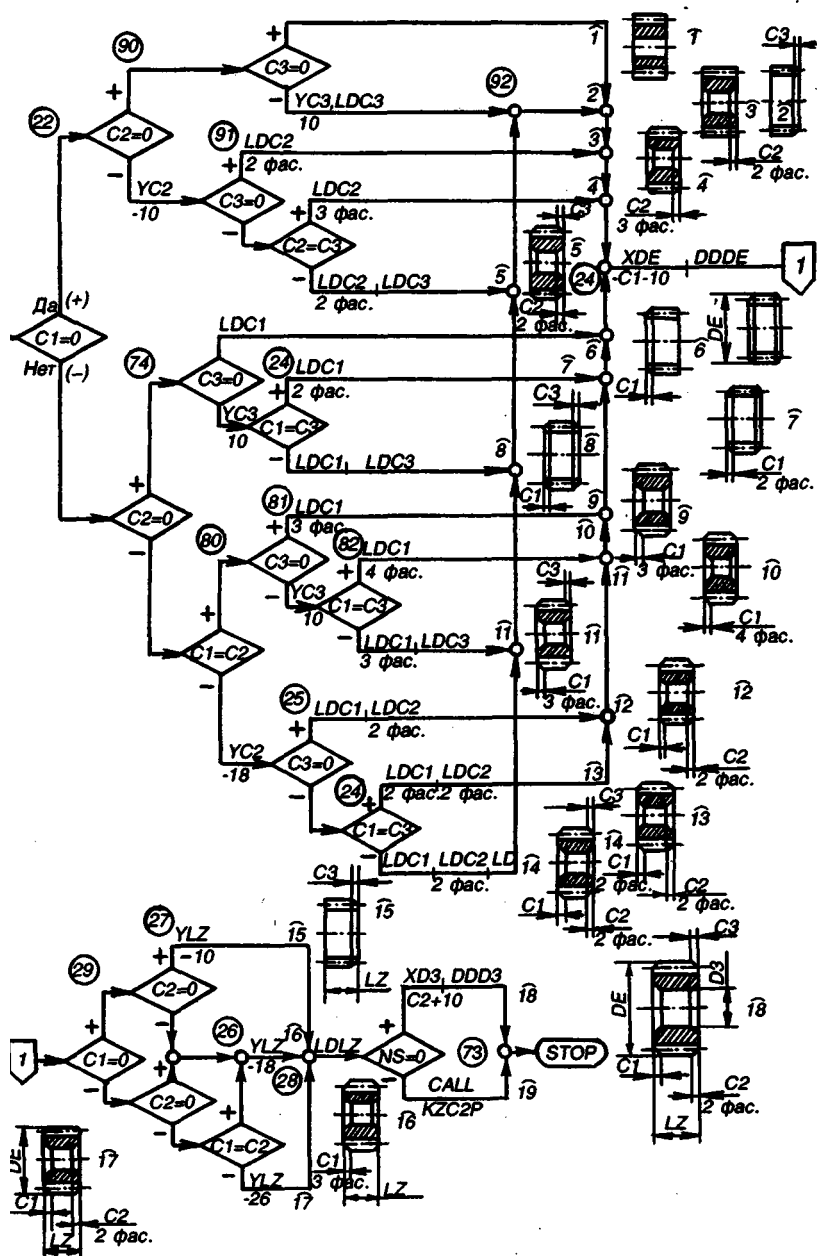


Рис. 12.27

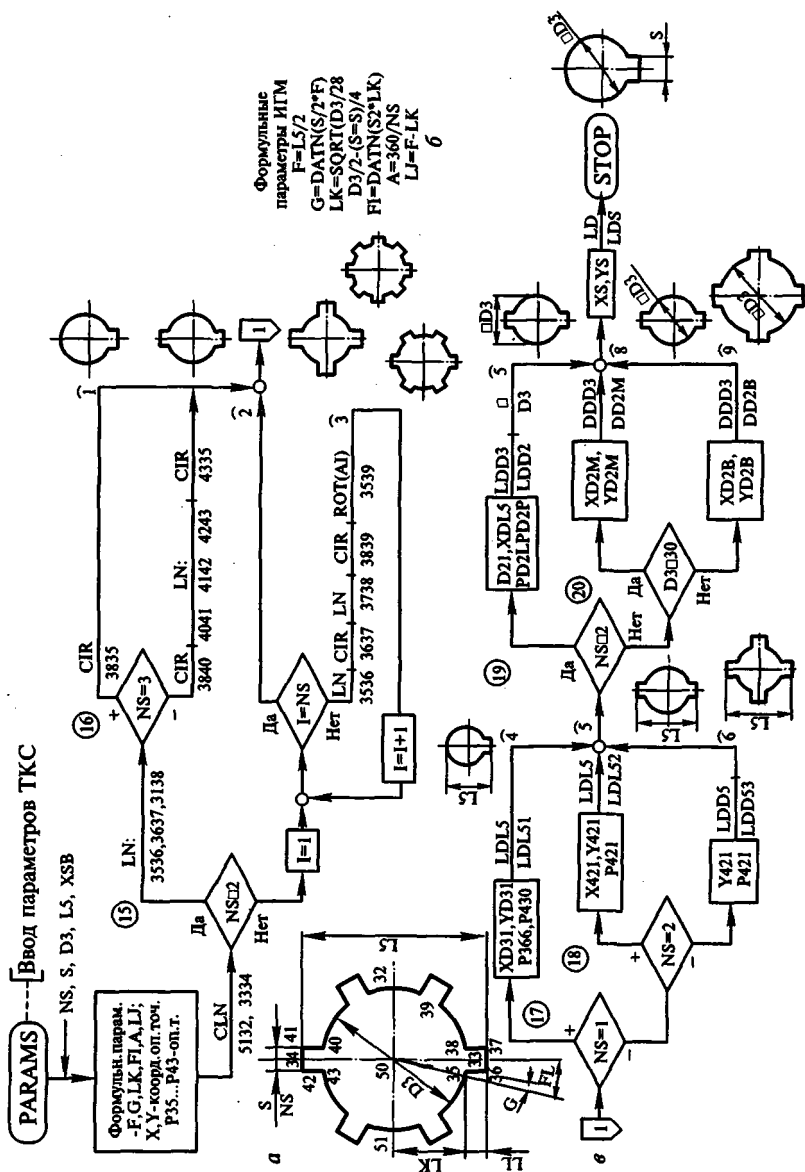


Рис. 12.28

На рис. 12.28 ИГМ и граф-схема проектирования ПП KZC2P — профильного изображения KZC2. На ИГМ (рис. 12.28, а) показаны основные (D3, S, NS, L5) параметры ТКС — KZC2P и формульные параметры (F, G, LK, FI, A, LJ) ИГМ, рассчитываемые по формулам на рис. 12.28,б. Координаты опорных точек 35...43 определяются посредством этих формул.

Проектирование, как и в предыдущих ПП, начинается интерактивным вводом параметров ТКС (NS, S, D3, L5, XSB), расчетом формульных параметров, координат (X, Y) опорных точек и определения точек P32...P51. После проектирования осей (CLN5132, CLN3334), логическим оператором NS≤2? образуются две ветви дуг графа — дуги 1, 2, по которым проектируются шпоночные пазы, и дуга 3, по которой проектируются шлицы (в принципе любое количество, зависящее только от параметра NS). Для проектирования шлиц организован цикл, в котором кроме операторов LN и CIR участвует оператор ROT(AI) — поворот элемента изображения с опорными точками 35, 36, 37, 38, 39 на угол AI, где A — формульный параметр, а I — счетчик цикла. Графические исходы проектирования некоторых изображений показаны в конце дуг 1, 2, 3.

На рис. 12.28, в показано проектирование размеров L5, D5, S. В зависимости от значения параметра NS, может быть 3 варианта проектирования размера L5, показанных в конце дуг 4, 5, 6. Параметрами NS и D3 оп-

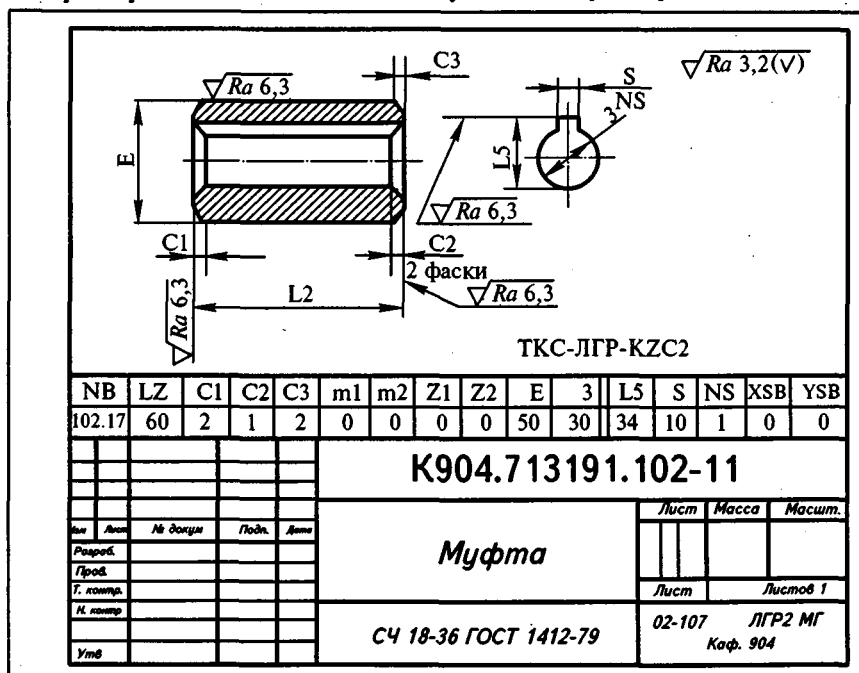


Рис. 12.29

ределяется также 3 варианта проектирования размера D3, показанных в конце дуг 7, 8, 9. Точки (и их координаты) расположения размеров относительно изображения чертежа определяются в арифметических блоках по дугам 4... 9 графа перед соответствующим размером.

По граф-схемам проектирования ПП KZC2, KZC2R и KZC2P написаны тексты, отлажены и оттестированы ПП, которые используются в ЛГР для АВЧ деталей типа муфта с прямобочными ($NS \neq 0$) или эвольвентными ($m2 \neq 0$) шлицами (см. § 2.9 и рис. 8.87, 8.88), шестерня с гладким шпоночным или шлицевым (также прямобочным или эвольвентным) центральным отверстием (см. § 9.4 и рис. 9.13). Для выполнения ЛГР по АВЧ муфт и шестерен составляются эскизы (рис. 12.29, 12.30) с соответствующими ТКС-ЛГР. Используется также таблица команд вывода чертежа по ПП KZC2, аналогичная табл. 12.8, фрагмент которой представлен в табл. 12.9 «Команды вывода чертежа по ПП KZC2 на экран ГД и графопостроитель в диалоге с ЭВМ типа VAX в ОС VAX/VMS». На рис. 12.31 представлен чертеж шестерни ($NB = 101.07$, рис. 12.30), полученный в ЛГР по ПП KZC2, FON и ZONTS, и выведенный на принтере. Посредством ПП KZC2 синтезируются (собираются соответственно из модификаций фронтального изображения при $D3 = 0$ — см. рис. 12.26) многоступенчатые оси и.

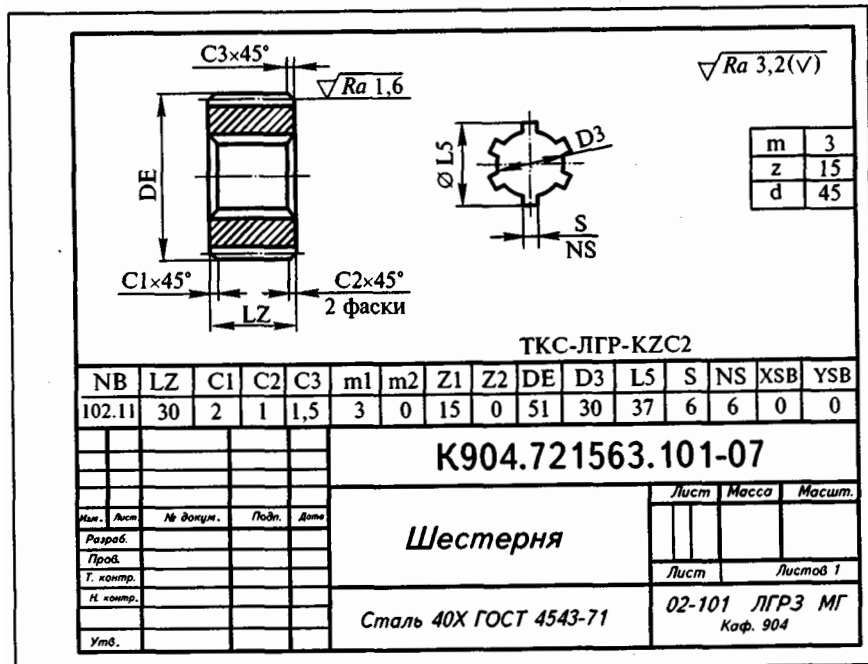


Рис. 12.30

Таблица 12.9

№ команды	Экран ГД (Запрос ЭВМ)	Ответ пользователя	Комментарии
1 ...	\$	SGM3 ↓	} См.команды табл. 12.8
10	Графический язык 1...11	4	Запуск следующей ПП На экране формат A4
11	Введите имя графической программы 1...7 1...4	ZONTS ↓ ... ↓] ... ↓]	KX по УИК.ЕСКД KZC — рис. 12.25 m, z — ТКС-ZONTS
12	Графический язык 1...11	4	На экране FON + ZONTS
13	Введите имя графической программы PARAMETRY 1...10 1...5	KZC2 ↓ ... ↓] ... ↓]	Ввод параметров TKC-KZC2
14	Графический язык 1...11	4	На экране ГД FON + ZONTS + KZC2
15	Введите имя графической программы PARAMETRY 1...10 1...5	KZC2 ↓]]	Параметры не вводить]-повторение параметров TKC-KZC2
16	Графический язык 1...11	4 →]] →	Если L5 ≠ 0 Если L5 = 0
17	Введите имя графической программы PARAMETRY 1...5	KZC2P ↓ ... ↓]	Ввод параметров TKC-KZC2
18	Графический язык 1...11]]	
19 ...	МАСТЕР-3.1 1. ...19	7	} См.команды табл. 12.8
24 ...	МАСТЕР-3.1	1	} См.команды табл. 12.8
26	Введите имя плоттерного файла	KNB	(K10107)
32	\$	LO ↓	Выход из сеанса Выключить ГД!

вал-шестерни, например, ведущие или ведомые валы маслonaсосов или редукторов.

Для выполнения ЛГР по АВЧ вал-шестерни разработана специальная ИГМ, представленная на рис. 12.32. В этой ИГМ 6 конструктивных форм валов-шестерен, каждая из которых может иметь множество типоразмеров по m , z и DE для незубчатых ступеней, три ведомых — LZ (1...7) и три ведущих LZ(11...17) вала. Ведомые валы могут

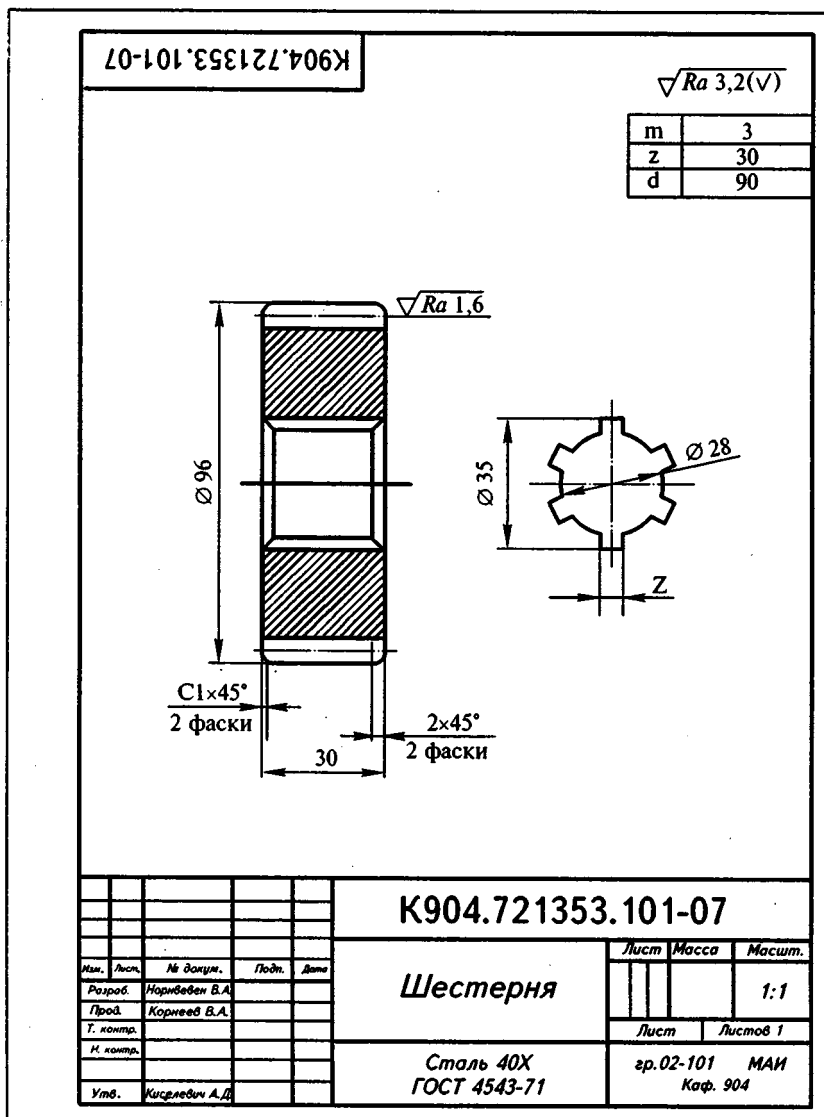


Рис. 12.31

быть с трех- (1, 2, 3), двух- (11, 12), и одноступенчатой (11) цапфой — опорой для ролико- или скользящих (бронзовых втулок) подшипников. Ведущие валы могут быть со шлицевым хвостовиком из эвольвентных шлиц (по ГОСТ 6033—80) и с тремя вариантами цапф, указанными выше.

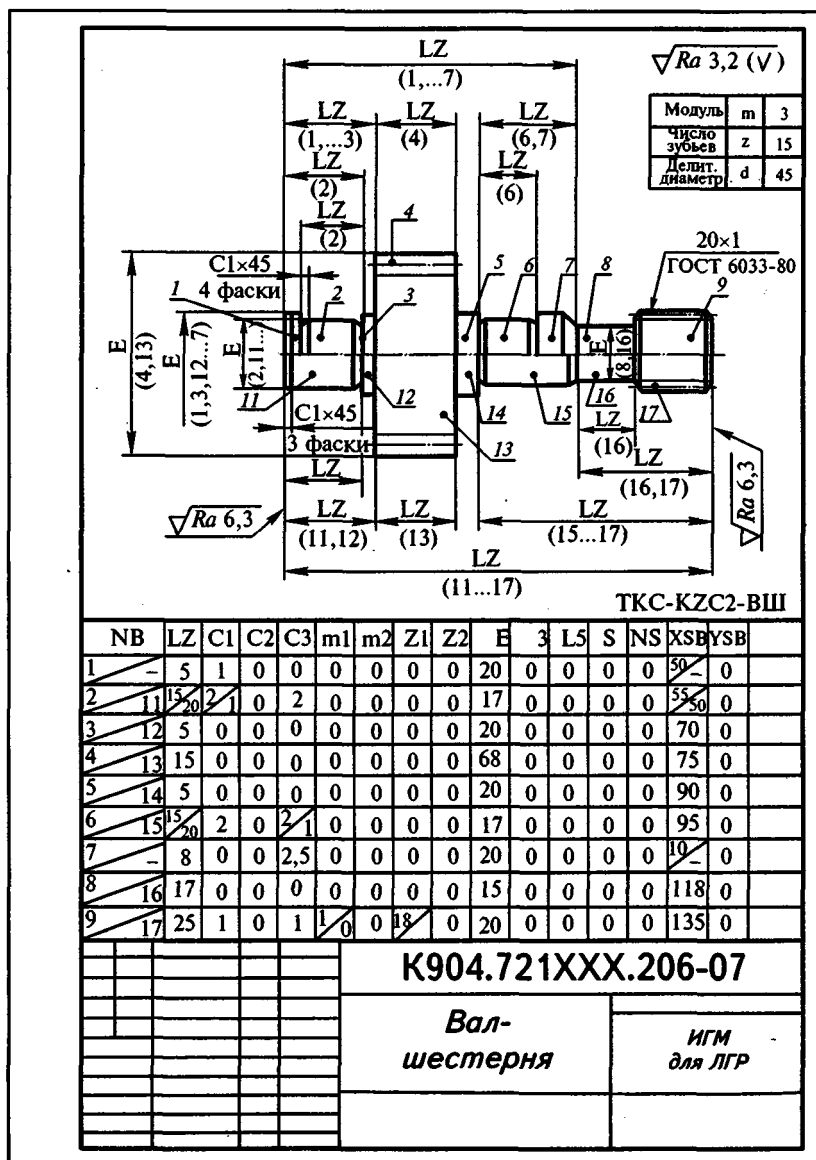


Рис. 12.32

ТКС для выполнения чертежей валов-шестерен в ЛГР (ТКС-KZC2-ВШ — рис. 12.32) содержит все параметры ИГМ KZC2, но вместо параметра NB параметр NST — номер ступени, для каждой из которых записывается в ТКС и вводится в ЭВМ фактические значения параметров. При этом параметр XSB для NST1/11 — привязка ступени к формату чертежа, а XSB — привязки к предыдущим ступеням определяются по формуле:

$$XSB_i = XSB_{i-1} + LZ_{i-1},$$

где $i = NST$. (Для удобства отладки ПП и для выполнения сборочных чертежей в ПП KZC2 предусмотрено, что если $XSB \neq 0$, то $X0 = XSB$, аналогично $Y0 = YSB$). Параметры ТКС — ВШ снимаются с детализовочного чертежа или с реальной модели маслонасоса или редуктора.

«Размерная сетка» (схема простановки размеров) на ИГМ вал-шестерни нанесена. Однако ПП автоматического нанесения размеров еще не разработана. Поэтому размеры наносятся в ручном — интерактивном режиме.

При выполнении чертежей деталей нанесение размеров выполняется программно по спроектированной программе размеров (см., например, рис. 12.27). Однако, из-за недостатков ЯП — его неполного соответствия ГОСТ 2.307-68, а также из-за необходимости предварительного проектирования, программирование размеров достаточно сложно (особенно при сложной конфигурации деталей и большом количестве размеров).

Одним из возможных выходов из ситуации, когда надо программировать нанесение размеров на чертеже одной или небольшом количестве чертежей деталей, является нанесение размеров непосредственно на экране ГД, т. е. в интерактивном режиме. Это тем более целесообразно, когда есть уже схема («сетка») нанесения размеров (см. рис. 12.32) и чертеж детали (вал-шестерня), размеры которой хранятся в геометрической базе данных, куда она попали при программировании и выводе чертежа детали.

Ручное (интерактивное) нанесение размеров рассмотрим для чертежа (одного из шести возможных по рис. 12.32) в графической системе «КРЕДО» — ОС DOC на ЭВМ типа IBM PC и графической системе БПИО АСК — ОС VAX/VMS для ЭВМ типа MicroVAX.

Основные операции в КРЕДО/БПИО АСК следующие:

1. Входим в главное меню КРЕДО-3Д/ БПИО АСК. На экране ГД 1...14/1...16 пунктов (п.п.) подменю.
2. Выбираем п.п. 14/16 — оформление чертежа. На экране ГД 1...8 п.п. подменю.
3. Выбираем п.п. 2.16.2 — размеры. На экране ГД 1...7/1...15 п.п. подменю типов размеров (горизонтальный, вертикальный и т.д.).
4. Выбираем пункт, соответствующий требуемому размеру. Например, п. 1 — горизонтальный размер.

После выбора любого из пунктов меню «Размеры» на экране появляется директива — «Укажите точку или кривую» и тонкие линии курсора, перекрестием которых надо указать («захватить») два гео-

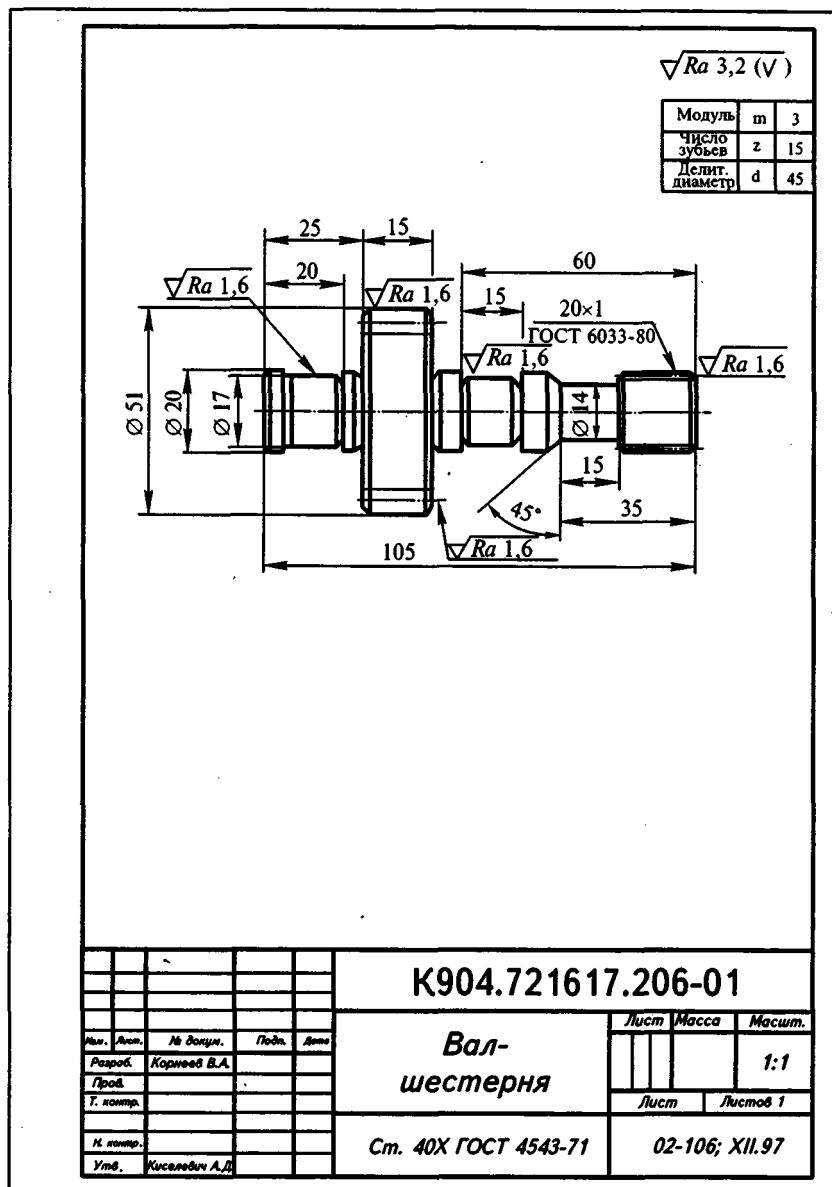


Рис. 12.33

метрических объекта (например, точку 2 и точку 4 на рис. 12.32), между которыми будет нанесен необходимый нам размер L22. «Захват» объектов осуществляется перемещением линий курсора (кл. Shift/↑ и Shift/→) до их пересечения в нужной точке и нажатием клавиши Enter/Return или левой клавиши мыши, или клавиши «Р» — для точки.

— «L» — для прямой и т. д. На экране появится директива — «Укажите середину надписи» (т. е. размерного числа).

5. Перекрестие курсора выводится в точку, соответствующую середине размерного числа LZ2, и «захватывается» клавишами, указанными выше. На экране появляется выносная и размерная линия с размерным числом. Если в появившемся размере будет обнаружена ошибка (например, пересечение с выносной линией размера DE и т. п.), то можно его удалить (кл. Ctrl/D — удаление последнего созданного объекта) и повторить сначала всю процедуру его создания с другой позицией середины размерного числа, выбираемого перекрестием курсора.

Аналогично наносятся все остальные размеры одного из возможных шести валов-шестерен — рис. 12.32.

Описанные рутинные процедуры ручного нанесения размеров могут оказаться в производственной практике эффективными для «образмеривания» одного чертежа детали, когда нет времени на моделирование, проектирование, программирование и отладку ПП, или в учебном процессе для освоения интерактивной ИГ.

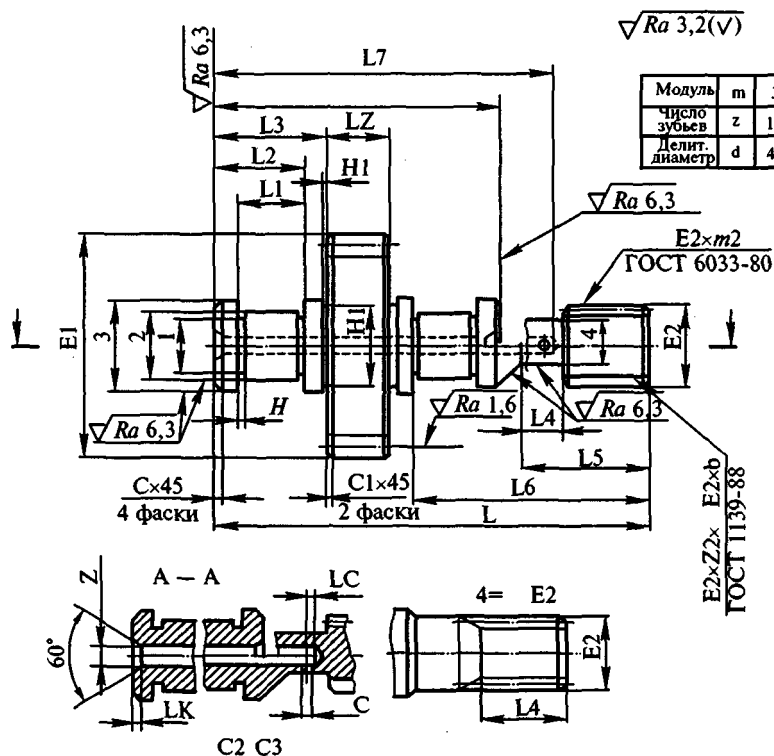
На рис. 12.33 пример ручного нанесения размеров одного из валов-шестерен, представленных на ИГМ рис. 12.32. Для вычерчивания формата чертежа нанесения преобладающей шероховатости поверхностей, таблицы m , Z , d и заполнения основной надписи могут быть использованы ПП FON и ZONTS.

12.7. Учебная ПП «Вал-шестерня» — W-S. Учебная ПП W-S служит для автоматизации выполнения чертежей прямозубых цилиндрических валов-шестерен, выполняемых в курсе машиностроительного черчения студентов моторо-строительных и др. специальностей.

ПП АВЧ W-S должна заменить метод синтеза изображений W-S посредством ПП KZC2 (см. § 12.6, рис. 12.24) и интерактивное (ручное) нанесение размеров (см. стр. 407), при котором необходимо готовить около 150 размерных параметров ТКС-KZC2-ВШ (см. рис. 12.32). Такое машинное (на ЭВМ) выполнение чертежа детали типа W-S по трудоемкости и по затратам времени сопоставимо с традиционным — ручным выполнением чертежа.

ПП АВЧ W-S, ИГМ которой представлена на рис. 12.34, в десятки раз сокращает трудоемкость и время выполнения чертежей полых ($DZ \neq 0$) и неполых ($DZ = 0$) валов типа W-S, с гладкой ($ZS \neq 1$) или ступенчатой ($ZS = 1$) цапфой под опорный подшипник, ведущих ($WD = 1$) или ведомых ($WD = 0$) валов, ведущих с модульными ($m2 \neq 0$) или прямобоочными ($m2 = 0$) шлицами хвостовика — конца вала, соединяемого с двигателем.

На блок-схеме ПП W-S (рис. 12.35) показаны возможные конструктивные формы W-S в зависимости от формообразующих параметров ТКС-ZS, WD, $m2$, DZ, D4. Эти пять параметров образуют 10 конструктивных форм W-S и множество типо-разме-



NB	m1	m2	Z1	Z2	B	LZ	E1	L2	L	
206,07	3	1	15	16	0	15	51	18	110	
L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	1	2	3	
15	20	25	16	42	65	80	14	16	20	
4	H	C	C1	ZS	W	Z	H1	H1		
12	2	1,5	2	1	1	5	1	18		

K904.721XXX.206-07

ИГМ ПП W-S
(Вал-шестерня)

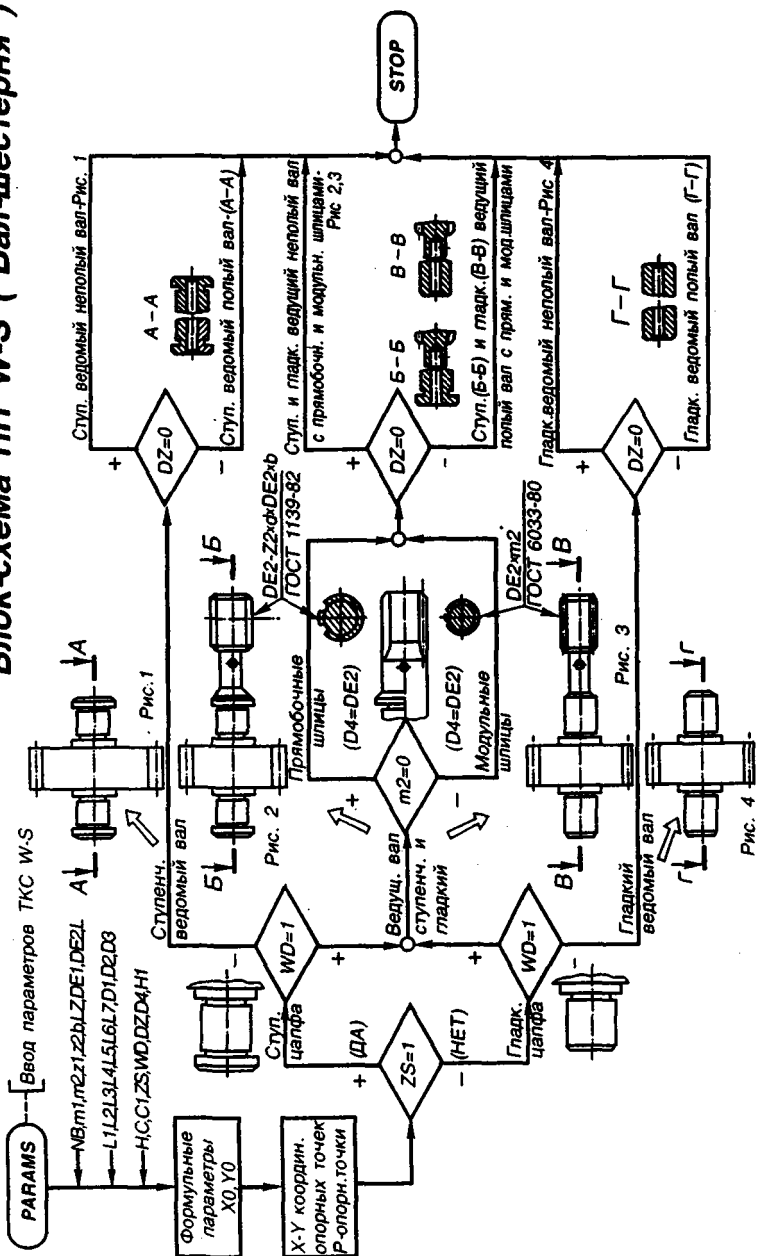
Ст. 40X ГОСТ 4543-71

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат.
Разработ.	Корниев В.А.			
Проб.	Сорокин А.Г.			
Г. контр.	Маркин В.Г.			
Н. контр.				
Утв.	Киселевич А.Д.			

Лист	Масса	Масшт.
Лист	Листов	1

МАИ каф. 904
МГ-АВЧ гр. 02-206

Блок-схема ПП W-S ("Вал-шестерня")



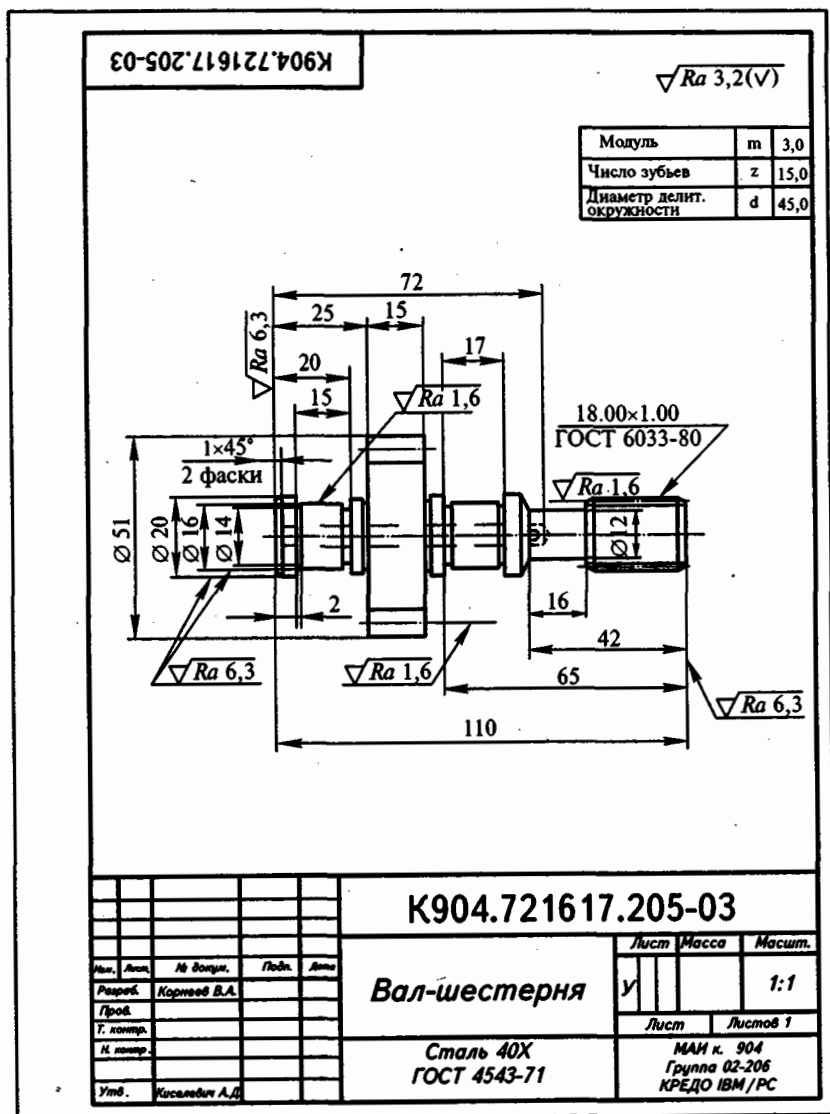


Рис. 12.36

ров каждой из них, зависящих от размерных параметров ТКС W-S (рис. 12.34).

ПП W-S — это комплекс ПП: WSl — вызывающая ПП — выполняет расчет координат (X, Y), точек (P) и формирует на экране ГД массив опорных точек изображения W-S; ПП WSSl — расчет X, Y, P и построение линий изображений зубьев и осевых линий шестерни и шлиц хвостовика; ПП WSKW — выполняет построение линий контура и вида по точкам, выведенных на экран ПП WSl и WSSl; ПП WSRS — осуществляет нанесение размеров.

знаков шероховатости поверхностей и условного обозначения стандартных зубчатых элементов по соответствующему ГОСТ на линии-выноске.

Так как меню параметров всех ПП W-S одинаковы, то пользователь ПП W-S вводит (или редактирует типовые параметры отладки ПП) фактические значения параметров ТКС W-S (рис. 12.34) только один раз — для вызываемой ПП. Меню параметров вызываемых ПП вводится нажатием клавиши «курсор вниз» (↓) и двойным нажатием клавиши «Enter» (↵).

На рис. 12.36 образец учебного чертежа детали вал-шестерня, полученных по ПП W-S.

В тех случаях, когда студент выполняет чертеж (эскиз) детали «Вал-шестерня» вручную, преподаватель (или сам студент под руководством преподавателя) может использовать ПП W-S для контроля правильности задания размеров. Для этого на чертеже (эскизе) рядом или под соответствующим размером наносят его код по ТКС (рис. 12.34) и данные вводят в ЭВМ, запуская ПП W-S на выполнение.

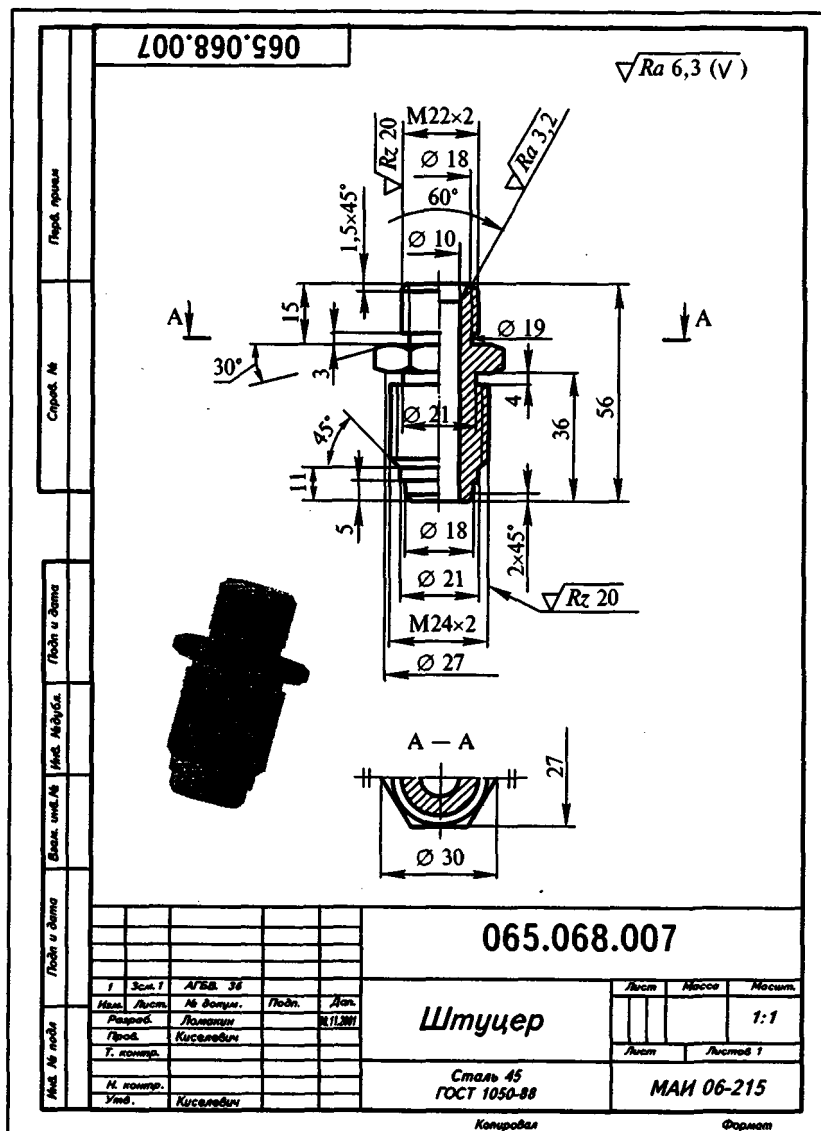
Неправильно (или ошибочно) заданные размеры выведут на экран искаженное изображение чертежа или приведут к сбою ПП в ЭВМ из-за невозможности выполнить расчет координат точек или формульных параметров.

Блок-схема проектирования ПП W-S, а также примеры чертежей, полученных по ПП W-S, в «ЛПМГ» — приложении к данному изданию.

12.8. О современных компьютерных технологиях в ИГ. Здесь сохраняются описания традиционной ручной и машинной (программной и интерактивной) технологии выполнения КД, а вопросы новых — современных компьютерных технологий так называемого твердотельного компьютерного моделирования и примеры его возможного применения в учебном процессе курса ИГ рассматриваем в приложении к данному изданию — «ЛПМГ».

Вопросы трехмерного (3D) параметрического твердотельного моделирования в нашей стране широко проявились в 2001 — 2002 гг. на ежегодной выставке информационных технологий — SoftTool (Москва, ВВЦ), участниками которых (экспонентами) являлись более 30 отечественных и зарубежных фирм и других организаций — разработчиков компьютерных технологий в САПР машиностроения и других отраслях производственной деятельности. Описание современных твердотельных технологий, разрабатываемых отечественной компанией АСКОН («КОМПС-3D»), появилось в специальных выпусках журнала «САПР и графика» за 2001 и 2002 гг., в юбилейном (50-м) выпуске этого журнала за 2001 г. и в других изданиях. Появились также описания применения 3D-твердотельных технологий и в учебной литературе по инженерной графике [33, 34].

Что касается сути 3D-твердотельных технологий, то это производственные технологии высокого графического (выполнение наглядного аксонометрического чертежа) и геометрического (построение и преобразование проекций чертежа) уровня для инженеров-конструкторов, овладевших знаниями 2D («плоской») графики.



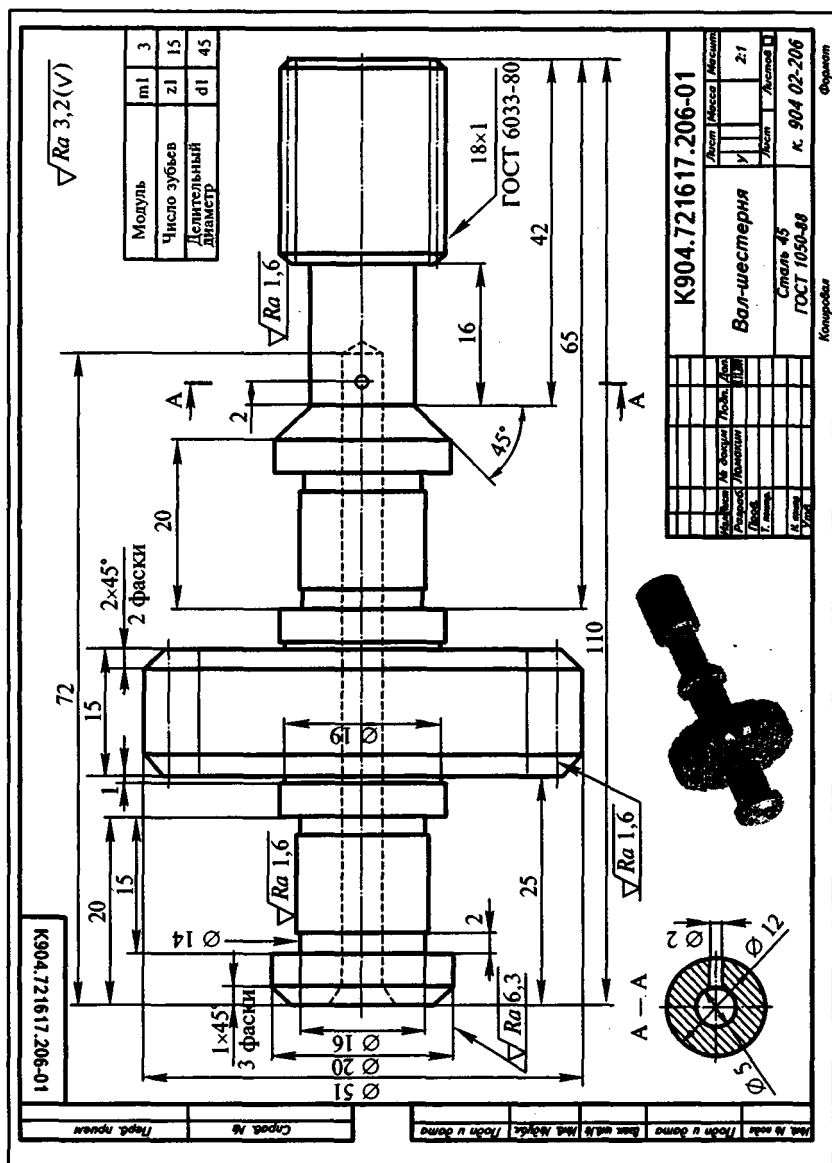


Рис. 12.38

По этим технологиям проектирование нового изделия начинается с синтеза сплошных (неполых — solid'ов) основных геометрических тел (см. рис. 4.51), в которых необходимые полости (пазы, отверстия) или ребра и приливы образуются в процессе логических (булевых) операций вычитания, объединения или пересечения твердотельных элементов. «Плоский» (2D) традиционный чертеж (проекции на основные и дополнительные плоскости проекций) получается автоматически (т. е. программно). При этом для разрезов необходимо задание следа секущей плоскости на пространственной (3D) модели проектируемого изделия. Типовые (основные) геометрические тела (цилиндр, конус, шар, призма) находятся, как правило, в библиотеке ГС, а оригинальные (например, контур кулачка, криволинейное плечо качалки) могут быть созданы по плоскому изображению «выдавливанием» (сдвигом на заданную величину) или вращением полуконтура для тел вращения (например, штуцера, вала-шестерни и др.). Проекции твердотельных моделей являются только изображениями будущих «плоских» (2D) чертежей. Размеры, обозначения шероховатости поверхностей и другие надписи чертежа, а также его компоновку (выбор главного изображения и количества изображений) надо выполнять вручную (интерактивно), что не гарантирует качество чертежа. Об этом свидетельствуют чертежи в журналах и каталогах экспонентов выставки SoftTool.

Методология применения твердотельных технологий в учебном процессе ИГ еще не до конца разработана, а использование производственных методик студентам младших курсов противопоказано, так как не развивает пространственного воображения и не учит читать чертежи. «Безбумажная» (бесчертежная — от модели к станку с ЧПУ) технология у нас только в перспективе. Поэтому пока ограничиваемся применением твердотельных технологий для создания (3D) аксонометрических изображений по 2D-изображениям, полученным традиционным образом.

Примеры таких изображений приведены на чертежах рис. 12.37 и 12.38, а также во всех разделах курса ИГ, представленных в «ЛПМГ». Кроме того, все чертежи «ЛПМГ» (в каждом из разделов курса ИГ) выполнены по единой исходной графической модели (ИГМ) и по единым исходным данным (ТКС или таблицы заданий), что гарантирует контроль (самоконтроль), качество чертежей и качество обучения по ним.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Автоматизация выполнения чертежей 355

Аксонометрия 132

— геометрических тел 136

— диметрия 140

— изометрия 139

Базы 189

Бодты 243

Буртики 171

Виды 114

— главный 114

— дополнительный 117

— местный 117

— обозначения 116

— основные 114

Винтовые поверхности 223

Винты 248

Выносные элементы 125

Гайки 252

— барашковые 253

— корончатые 254

— круглые 253

— шестигранные 253

Галтели 169

Гипербола 66

Головки

— болтов шестигранные 247

— винтов 248

— полукруглые 249

— цилиндрические 249

Графическое обозначение материалов 132

Детали

— изготовленные штамповкой 213, 218

— из сортового материала 212

— имеющие форму тел вращения 210

— крепежные 243

— литые 217

— с элементами зубчатых зацеплений 299

Документация конструкторская 159, 161

Допуски формы и расположения 172

Заклепки 272

Изделия

— армированные 331

— виды 158

Изображения 114

Изображения и обозначения

— материалов 132

— формы деталей 41

Колеса зубчатые

— конические 303

— цилиндрические с косыми зубьями 296

— цилиндрические с прямыми зубьями 294

— червячные 307

Компоновка чертежа 210, 316

Конус вращения 90

Конусность 44

— нормальная 45

Кривые линии 48

— заданные инженерным дискриминантом 72

— нормали и касательные 50

— циклические кривые 57

— эволюты и эвольвенты 51

— эквидистанты 54

— 2-го порядка 62

Линии

— взаимного пересечения поверхностей 106.

— среза 102

— чертежа 22

Литейные

— радиусы 213

— уклоны 213

Лыски 171

Масштабы 22

Материалы

— графическое обозначение 132

— обозначение марки 203

Места под

— гайки и шайбы 265

— головки болтов, винтов и заклепок 265

Модуль 296

Надписи 209

Надпись основная 21

Номера позиций деталей 327

Оси координат 115

Оси проекций 115

Пазы 171

Парабола 68

Передачи 291

— зубчатые 293

— реечные 310

— храповые 311

— цепные 294

— червячные 306

Подшипники качения 312

— обозначения 314

— роликовые 312

— упрощенные изображения 314

— шариковые 312

Позиции 327

Полка линии-выноски 327

Предельные отклонения 196**Проекция 86, 114**

— аксонометрические 134

— диметрическая 140

— изометрическая 140

— прямоугольные 114

Пружины 284

— виды 284

— изображения 285

— технические условия 286

— шаг 267

Развертки 89, 91, 94, 98**Размеры 34, 194**

— нормальные линейные и угловые 188

— привалочные 185

— свободные 186

— сопрягаемые 184

Разрезы 118

— вертикальные 119

— горизонтальные 118

— местные 121

— наклонные 119

— обозначение 123

— простые 120

— развернутые 121

— сложные 120

— угловые 36

— условности и упрощения 122, 126

— фронтальные 118

Рамка 21**Резьбы 220**

— изображение 228

— коническая 237

— левая 231

— метрическая 231

— многозаходная 232

— обозначение 231

— образование 220, 226

— однозаходная 231

— параметры 231

— правая 231

— технологические элементы 228

— трапецидальная 238

— трубная коническая 235

— трубная цилиндрическая 234

Сечения 124

— выносные 124

— деталей наклонные 125

— конуса 93

— наложенное 124

— несимметричное 124

— обозначения 125

Соединения

— деформацией 283

— заклепочные 275

— зубчатые (шлицевые) 271

— клеевые 282

— паяные 281

— резьбовые 260

— сварные 276

Сопряжения 78**Спецификация 323****Стандарты ЕСКД 11****Стрелки**

— направления взгляда проецирования 123

— односторонние (сварные швы) 280

— размерные 37

Сфера 95**Техническое рисование 142****Тор 97****Уклон 43****Уплотнительные устройства 333****Фаски 166****Форматы 19****Цилиндр вращения 88****Червяки 306****Чертежи**

— выполнение 316

— групповые 349

— деталей 165, 210

— общего вида 342

— сборочные 323, 330

Числа размерные 189

Шайбы 254

- круглые 254
- пружинные 255
- стопорные 256

Швы

- клеевые 282
- паяные 282
- полученные клепкой 276
- сварные 278

Шероховатость 174

- нормирование 175
- обозначение 178

Шестигранники 247**Шкивы 292****Шлицы прямобоочные 268****Шпильки 250****Шпильнты 258****Шпонки 266**

- призматические 266
- сегментные 268

Шрифт чертежный 26**Штифты 259**

- конические 260
- цилиндрические 259

Штриховка в сечениях 133

- на аксонометрических проекциях 140
- деталей 131

- неразъемных соединений 133

Шурупы 248**Элементы выносные 125****Элементы деталей 166****Эллипс 64****Эскизы деталей 316**

Приложения

Приложение I (к рис. 8.57, а)

Здесь и далее все размеры приведены в мм.

Диаметр резьбы крепежной детали <i>d</i>	<i>d</i> ₁		<i>d</i> ₂	<i>S</i>
	Класс точности			
	<i>C</i>	<i>A</i>		
1,0	1,2	1,1	3,5	0,3
1,2	1,4	1,3	4,0	
1,4	1,6	1,5		
1,6	1,8	1,7		
2,0	2,4	2,2	5,0	0,5
2,5	2,9	2,7	6,0	
3,0	3,4	3,2	7,0	
3,5	—	3,7	8,0	
4,0	4,5	4,3	9,0	0,8
5,0	5,5	5,3	10,0	1,0
6,0	6,6	6,4	12,0	1,6
8,0	9,0	8,4	16,0	
10,0	11,0	10,5	20,0	2,0
12,0	13,5	13,0	24,0	2,5
14,0	15,5	15,0	28,0	
16,0	17,5	17,0	30,0	3,0
18,0	20,0	19,0	34,0	
20,0	22,0	21,0	37,0	
22,0	24,0	23,0	39,0	
24,0	26,0	25,0	44,0	4,0
27,0	30,0	28,0	50,0	

Диаметр резьбы крепежной детали d	d_1		d_2	S
	Класс точности			
	C	A		
30,0	33,0	31,0	56,0	4,0
33,0	—	34,0	60,0	5,0
36,0	39,0	37,0	66,0	
39,0	—	40,0	72,0	6,0
42,0	45,0	43,0	78,0	7,0
48,0	52,0	50,0	92,0	8,0

Приложение 2
(к рис. 8.43)

Номинальный диаметр резьбы d		6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
Шаг резьбы	крупный	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
	мелкий	—	1	1,25	1,25	1,5	1,5	2	2	3	3	3
Диаметр стержня d_1		6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
Размер «под ключ» S		10	13	17	19	24	30	36	46	55	65	75
Высота головки k		4,0	5,3	6,4	7,5	10,0	12,5	15,0	18,7	22,5	26,0	30,0
Диаметр описанной окружности e , не менее		10,9	14,2	18,7	20,9	26,2	33,0	39,6	50,9	60,8	71,3	82,6
d_w , не менее		8,7	11,5	15,5	17,2	22,0	27,7	33,2	42,7	51,1	59,9	69,4
h_w		0,15										
		0,20										
		0,25										
		0,8										
Диаметр отверстия в стержне d_2		1,6	2,0	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3	8,0			
Диаметр отверстия в головке d_4 (пред. откл. H15)		2,0	2,5	3,2			4,0					
Расстояние от опорной поверхности до оси отверстия в головке l_2 (пред. откл. js15)		2,0	2,8	3,5	4,0	5,0	6,5	7,5	9,5	11,5	13,0	15,0

Продолжение прилож. 2
Длина резьбы b и расстояние от опорной поверхности головки до оси отверстия в стержне l_1 при номинальном диаметре резьбы d (знаком x отмечены болты с резьбой на всей длине стержня)

Длина болта l	6		8		10		12		16		20		24		30		36		42		48	
	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b
8	—	x	—	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	x	—	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	x	—	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	10	x	—	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	12	x	12	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	16	x	16	x	15	x	15	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	21	18	21	x	20	x	20	x	19	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(26)	24	18	24	22	23	x	23	x	22	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	26	18	26	22	26	x	25	x	24	x	24	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35	31	18	31	22	30	26	30	30	29	x	29	x	28	x	—	—	—	—	—	—	—	—
40	36	18	36	22	36	26	35	30	34	x	34	x	33	x	36	x	—	—	—	—	—	—
45	41	18	41	22	41	26	40	30	39	x	39	x	38	x	—	—	—	—	—	—	—	—
50	46	18	46	22	46	26	45	30	44	x	44	x	43	x	40	x	—	—	—	—	—	—
55	51	18	51	22	51	26	50	30	49	x	49	x	48	x	45	x	—	—	—	—	—	—
60	56	18	56	22	56	26	55	30	54	x	54	x	53	x	51	x	55	x	48	x	—	—
65	61	18	61	22	61	26	60	30	59	x	59	x	58	x	56	x	60	x	53	x	—	—
70	66	18	66	22	66	26	65	30	64	x	64	x	63	x	61	x	65	x	58	x	58	x
75	71	18	71	22	71	26	70	30	69	x	69	x	68	x	66	x	70	x	63	x	63	x
80	76	18	76	22	76	26	75	30	74	x	74	x	73	x	71	x	73	x	68	x	68	x
(85)	81	18	81	22	81	26	80	30	79	x	79	x	78	x	76	x	77	x	73	x	73	x
90	86	18	86	22	86	26	85	30	84	x	84	x	83	x	81	x	80	x	78	x	78	x
(95)	91	—	91	22	91	26	90	30	89	x	89	x	88	x	86	x	85	x	83	x	83	x
100	—	—	96	22	96	26	95	30	94	x	94	x	93	x	91	x	90	x	88	x	88	x
(105)	—	—	—	—	101	26	100	30	99	x	99	x	98	x	96	x	95	x	93	x	93	x
110	—	—	—	—	106	26	105	30	104	x	104	x	103	x	101	x	100	x	98	x	98	x
120	—	—	—	—	116	26	115	30	114	x	114	x	113	x	111	x	110	x	108	x	108	x
130	—	—	—	—	126	32	125	36	124	x	124	x	123	x	121	x	120	x	118	x	118	x
140	—	—	—	—	136	32	135	36	134	x	134	x	133	x	131	x	130	x	128	x	128	x
150	—	—	—	—	146	32	145	36	144	x	144	x	143	x	141	x	140	x	138	x	138	x

Продолжение прилож. 2

Диаметр болта d	6		8		10		12		16		20		24		30		36		42		48	
	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b
160	—	—	—	—	156	32	155	36	154	44	154	52	153	60	151	72	150	84	148	96	148	108
170	—	—	—	—	166	32	165	36	164	44	164	52	163	60	161	72	160	84	158	96	158	108
180	—	—	—	—	176	32	175	36	174	44	174	52	173	60	171	72	170	84	168	96	168	108
190	—	—	—	—	186	32	185	36	184	44	184	52	183	60	181	72	180	84	178	96	178	108
200	—	—	—	—	196	32	195	36	194	44	194	52	193	60	191	72	190	84	188	96	188	108
220	—	—	—	—	—	—	215	49	214	57	214	65	213	73	211	85	210	97	208	109	208	121
240	—	—	—	—	—	—	235	49	234	57	234	65	233	73	231	85	230	97	228	109	228	121
260	—	—	—	—	—	—	255	49	254	57	254	65	253	73	251	85	250	97	248	109	248	121
280	—	—	—	—	—	—	—	—	274	57	274	65	273	73	271	85	270	97	268	109	268	121
300	—	—	—	—	—	—	—	—	294	57	294	65	293	73	291	85	290	97	288	109	288	121

Примечания: 1. Радиусы гаек под головкой приведены по ГОСТ 24670—81.

2. Варианты исполнения головок устанавливает изготовитель.

3. Допускается изготавливать болты с диаметром гладкой части стержня, приблизительно равным среднему диаметру резьбы (см. ГОСТ 24706—81)

Номинальный диаметр резьбы		4	5	6	8	10	12	16	20	(22)	24	30	36	42	48
Шаг резьбы	крупный	0,70	0,80	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	2,5	3	3,5	4	4,5	5
	мелкий	—	—	—	1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	2	2	3	3	3
Размер «под ключ» номинальный s		7	8	10	13	16	18	24	30	34	36	46	55	65	75
Диаметр описанной окружности, e		7,5	8,6	10,9	14,2	17,6	19,9	26,5	33,3	37,3	39,6	50,9	60,8	72,1	83,4
d_s	не менее	4	5	6	8	10	12	16	20	22	24	30	36	42	48
	не более	4,60	5,75	6,75	8,75	10,8	13,0	17,3	21,6	23,8	25,9	32,4	38,9	45,4	51,8
d_n , не менее		6,3	7,2	9,0	11,7	14,5	16,5	22,0	27,7	31,4	33,2	42,7	51,1	61,6	70,1
h_n	не более	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	не менее	0,15	0,15	0,16	0,15	0,15	0,15	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,25	0,25
Высота m номинальная		3,2	4,7	5,2	6,8	8,4	10,8	14,8	18,0	19,8	21,5	25,6	31,0	34	38

Список литературы

1. Стандарты ЕСКД, ЕСТПП и другие по состоянию на 01.02.97.
2. Государственные стандарты. Указатель 1997 г. (по состоянию на 01.03.97). Изд. официальное. Государственный комитет РФ по стандартизации, метрологии и сертификации.
3. *Борушек С. С., Таллер С. Л.* (ВНИИНМАШ) Новое в единой системе конструкторской документации «Стандарты и качество», № 5, 1997.
4. *Четверухин Н. Ф., Левицкий В. С.* и др. Начертательная геометрия. М., 1963.
5. *Вяткин Г. П.* и др. Машиностроительное черчение. М., 1985.
6. *Фролов С. А., Воинов А. В., Феоктистова Е. Д.* Машиностроительное черчение. М., 1981.
7. *Левицкий В. С.* Аналитические методы в инженерной графике. М., 1978.
8. *Бубенников А. В.* Начертательная геометрия. М., 1985.
9. *Савелов А. А.* Плоские кривые (справочное руководство). М., 1960.
10. *Тевлин А. М., Иванов Г. С., Нартова Л. Г., Полозов В. С., Якушин В. И.* Курс начертательной геометрии на базе ЭВМ. М., 1983.
11. Компьютер обретает разум. Пер. с англ. М.: Мир, 1987.
12. *Грувер М., Зиммерс Э.* САПР и автоматизация производства. Пер. с англ. М.: Мир, 1987.
13. *Шпур Г., Краузе Ф. Л.* Автоматизированное проектирование в машиностроении. Пер. с нем. М.: Мир, 1988.
14. *Фролов С. А.* Кибернетика и инженерная графика. М.: Машиностроение, 1967.
15. Автоматизация конструкторских работ. Секция 1, 2. Тез. докл. и сообщ. на научно-технической конференции по механизации и автоматизации инженерного и управленческого труда в промышленности. Отв. ред. Г. А. Спыну. Киев, 1964.
16. *Зозулевич Д. М.* Машинная графика в автоматизированном проектировании. М.: Машиностроение, 1976.
17. А.С. 226178 СССР. Электронное устройство для построения чертежей. Киселевич А. Д. (СССР) № 826107/26-24. Заявл. 21.03.63. Бюлл. № 18, 1969.
18. *Гантер Р.* Методы управления проектированием программного обеспечения: Пер. с англ. М.: Мир, 1981.
19. *Бозм Б., Браун Д., Каспар Х.* Характеристики качества программного обеспечения. Пер. с англ. М.: Мир, 1981.
20. *Бозм Б.* Инженерное проектирование программного обеспечения. Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1985.
21. *Прохоров А. Ф.* Конструктор и ЭВМ. М.: Машиностроение, 1987.
22. *Жоголев Е. А.* Введение в технологию программирования. Конспект лекций. М.: Диалог-МГУ, 1995.
23. *Кауфман В. Ш.* Языки программирования. Концепция и принципы. М.: Радио и связь, 1993.
24. *Киселевич А. Д., Морозов В. Ф., Стрельникова Л. Г., Сухарева Л. А.* Автоматизация детализационных работ. М.: МАИ, 1989.
25. Моделирование, программирование, автоматизация выполнения и обозначения чертежей в инженерной графике: Учебное пособие / А. Д. Киселевич, В. В. Бодрышев, С. А. Леонова и др.; Под ред. А. Д. Киселевича. М.: Изд-во МАИ, 1990.
26. *Киселевич А. Д., Сухарева Л. А.* Машинная графика в инженерном черчении. М.: МАИ, 1992.

27. Хьюз Дж., Мичтам Дж. Структурный подход к программированию. М.: Мир, 1980.
28. Р-схемы алгоритмов и программ. ГОСТ 19.005—85. М.: Стандарты, 1985.
29. Ющенко Е. Л. и др. Многоуровневое структурное проектирование программ. М.: Финансы и статистика, 1989.
30. Буерименко Г. А. и др. Автоматизация конструирования на ПЭВМ с использованием системы AutoCAD. — М.: Машиностроение, 1993.
31. Минакова Н. И., Навская Е. С., Угольницкий Г. А. и др. Методы программирования / Под ред. Г. А. Угольницкого. — М.: Вуз. книга, 1999.
32. Райан Д. Инженерная графика в САПР. — М.: Мир, 1989.
33. Твёрдотельное моделирование в курсе «Инженерная графика»/А. Б. Асеев, Д. А. Гагасов, М. Ю. Куприков. — М.: МАИ, 2001.
34. Потемкин А. Трёхмерное твёрдотельное моделирование. — М.: Изд-во «Компьютер-пресс», 2002.
35. Киселевич А.Д., Ермакова В.А., Сухарева Л.А. и др. Лабораторный практикум по машинной графике. — М.: «Высшая школа», 2007.

Оглавление

<i>Предисловие</i>	3
<i>Советы студентам</i>	5
<i>Введение</i>	6
1. Государственные стандарты. Общий обзор	11
1.1. Значение стандартизации	11
1.2. Объекты стандартизации	11
1.3. Обозначение государственных стандартов	11
1.4. Сроки действия государственных стандартов	12
1.5. Стандарты СЭВ	12
1.6. Межотраслевые системы стандарта	13
1.7. Из истории стандартизации	16
2. Основные правила выполнения и оформления чертежей по ЕСКД	19
2.1. Форматы	19
2.2. Масштабы	22
2.3. Линии	22
2.4. Шрифты чертежные	26
2.5. Нанесение размеров	34
2.6. Уклоны. Обозначение, построение	43
2.7. Конусность. Обозначение, построение	44
3. Кривые линии. Сопряжения. Циркульные овалы	48
3.0. Кривые линии в науке и технике	48
3.1. Некоторые свойства кривых линий	48
3.2. Построение нормалей и касательных	50
3.3. Кривизна плоской кривой. Эвольвенты и эволюты	51
3.4. Эквидистанты и эквитапгенты. Огибающие кривые	54
3.5. Спрямление и изгибание плоских кривых	55
3.6. Некоторые плоские кривые, наиболее часто встречающиеся в практике	57
3.7. Спирали	59
3.8. Кривые 2-го порядка	62
3.9. Построение касательной и нормали к конике	69
3.10. Круги кривизны коник	71
3.11. Подеры коник	71
3.12. Инженерный дискриминант коник	72
3.13. Коники как циклические кривые	75
3.14. Некоторые советы по вычерчиванию кривых	77
3.15. Сопряжения	78
3.16. Овалы	84
4. Проекции основных геометрических тел вращения, их плоских сечений и взаимных пересечений	86
4.0. Общие сведения	86
4.1. Цилиндр вращения	88
4.2. Конус вращения	90
4.3. Сфера	95
4.4. Тор	97
4.5. Линии среза	102
4.6. Линии взаимного пересечения поверхностей	106
5. Изображения на технических чертежах	114
5.1. Прямоугольное проецирование на несколько плоскостей про- екций	114
5.2. Виды	114
5.3. Разрезы	118

5.4. Сечения	124
5.5. Выносные элементы	125
5.6. Условности и упрощения	126
5.7. Графические обозначения материалов в сечениях	131
5.8. Наглядные аксонометрические изображения	132
5.9. Стандартные аксонометрические проекции	139
5.10. Техническое рисование	142
6. Общие сведения об изделиях и их составных частях	158
6.1. Виды изделий	158
6.2. Виды и комплектность конструкторских документов	159
6.3. Стадии разработки КД	161
6.4. Обозначение изделий и конструкторской документации	162
6.5. Классификация деталей	162
7. Чертежи деталей машин, приборов и их элементов	165
7.1. Содержание рабочего чертежа, детали	165
7.2. Элементы деталей	166
7.3. Указание на чертеже допусков формы и расположения поверхностей	172
7.4. Шероховатость (микрогеометрия) поверхности	174
7.5. Задание размеров	184
7.6. Нормальные линейные и угловые размеры	188
7.7. Понятие о базах в машиностроении	189
7.8. Понятие о предельных отклонениях размеров и их нанесении на чертежах	196
7.9. Краткие сведения о материалах и их обозначениях	203
7.10. Указание на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки	208
7.11. Указания на чертеже о маркировании и клеймении изделий	209
7.12. Правила нанесения на чертежах надписей и технических требований (ТТ)	209
7.13. Выбор количества изображений, их содержания и масштаба	210
7.14. Схемы. Виды, типы, обозначения.	219
8. Виды соединений составных частей изделия. Их изображение и обозначение. Чертежи пружин	220
8.0. Общие сведения	220
8.1. Соединения резьбовые	220
8.2. Винтовые поверхности	223
8.3. Образование резьбы	226
8.4. Элементы резьбы. Условное изображение резьбы	228
8.5. Профили и обозначения стандартных резьб	231
8.6. Стандартные крепежные детали с резьбой	240
8.7. Соединение деталей болтами, винтами и шпильками	260
8.8. Соединение шпонками	266
8.9. Шлицевые соединения	268
8.10. Соединения заклепками	272
8.11. Соединения сварные	276
8.12. Изображение паяных соединений	281
8.13. Изображение соединений, получаемых склеиванием	282
8.14. Изображение соединений, получаемых сшиванием	282
8.15. Изображение соединений деталей методом деформации	283
8.16. Чертежи пружин. Общие сведения	284
8.17. Винтовые цилиндрические пружины сжатия и растяжения из стали круглого сечения	285
9. Изображение и обозначение передач и их составных частей	291
9.0. Общие сведения	291

9.1. Фрикционные передачи	291
9.2. Ременные передачи	291
9.3. Передачи зацеплением. Общий обзор	293
9.4. Цилиндрические зубчатые колеса	294
9.5. Конические зубчатые колеса	302
9.6. Червячная передача	306
9.7. Реечные передачи	310
9.8. Цепные передачи	310
9.9. Храповые механизмы	311
9.10. Опоры (подшипники). Общие сведения	311
9.11. Подшипники качения	312
10. Эскизирование	316
10.0. Общие замечания	316
10.1. Последовательность операций при выполнении эскизов	316
10.2. Простейшие приемы обмера деталей	321
11. Сборочные чертежи. Детализация чертежей общего вида	323
11.0. Сборочные чертежи. Общие сведения	323
11.1. Спецификации	323
11.2. Нанесение номеров позиций	327
11.3. Дополнительные сведения о сборочных чертежах	328
11.4. Упрощение на чертеже СБ	330
11.5. Уплотнительные устройства	333
11.6. Последовательность выполнения учебного сборочного чертежа	335
11.7. Понятие о чертеже общего вида	342
11.8. Последовательность этапов детализации чертежей ВО	343
11.9. Групповые конструкторские документы	346
12. Автоматизация выполнения чертежей	355
12.1. Введение в инженерную машинную графику	355
12.2. Разработка обучающей ПП «Пластина» — PST	364
12.3. Сервисные ПП — FON, ZONTS	379
12.4. Тестовая ПП «ТПК» — ТРК	382
12.5. Учебная ПП «Втулка нажимная» — VTN	390
12.6. Учебная ПП «Колесо зубчатое цилиндрическое» — KZC2	395
12.7. Учебная ПП «Вал-шестерня» — W-S	414
12.8. О современных компьютерных технологиях в ИГ	418
Предметный указатель	422
Список литературы	431

Покупайте наши книги:

В офисе издательства «ЮРАЙТ»:

111123, г. Москва, ул. Плеханова, д. 4,
тел.: (495) 744-00-12, e-mail: sales@urait.ru, www.urait.ru

В логистическом центре «ЮРАЙТ»:

140053, Московская область, г. Котельники, мкр. Ковровый, д. 37,
тел.: (495) 744-00-12, e-mail: sales@urait.ru, www.urait.ru

В интернет-магазине «ЮРАЙТ»: www.urait-book.ru,

e-mail: order@urait-book.ru, тел.: (495) 742-72-12

Для закупок у Единого поставщика в соответствии с Федеральным законом
от 21.07.2005 № 94-ФЗ обращайтесь по тел.: (495) 744-00-12,
e-mail: sales@urait.ru, vuz@urait.ru

Учебное издание

Левицкий Владимир Сергеевич

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

Учебник для бакалавров

Формат 60×90 ¹/₁₆.

Гарнитура «Petersburg». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 27,19. Тираж 1000 экз. Заказ №

ООО «Издательство Юрайт»

111123, г. Москва, ул. Плеханова, д. 4.

Тел.: (495) 744-00-12. E-mail: izdat@urait.ru, www.urait.ru