

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

А. М. Брановицкий, А. Г. Мурашкин

# **ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**

**Курс лекций**

**В двух частях**

**Часть 2**

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ**

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию  
в области сельского хозяйства в качестве учебно-методического  
пособия для студентов учреждений высшего образования,  
обучающихся по специальностям  
1-74 05 01 Мелиорация и водное хозяйство,  
1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных  
и водохозяйственных работ*

Горки  
БГСХА  
2020

УДК 744(075.8)

ББК 30.119я7

Б87

*Одобрено методической комиссией  
мелиоративно-строительного факультета  
27.05.2019 (протокол № 9)  
и Научно-методическим советом БГСХА  
29.05.2019 (протокол № 9)*

Авторы:

кандидат технических наук *А. М. Брановицкий*;  
кандидат технических наук, доцент *А. Г. Мурашкин*

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *Л. Я. Степук*;  
кандидат технических наук, доцент *Н. Н. Гобралев*

**Брановицкий, А. М.**

Б87      Инженерная графика. Курс лекций: в 2 ч. Ч. 2. Техническое черчение : учебно-методическое пособие / А. М. Брановицкий, А. Г. Мурашкин. – Горки : БГСХА, 2020. – 228 с.: ил.  
ISBN 978-985-7231-31-7.

Изложены принципы построения и чтения чертежей. Рассмотрены правила оформления чертежей и построений по разделам: проекционное, машиностроительное и инженерно-строительное черчение. Раскрыты понятия: виды, разрезы, сечения. Даны представления о резьбовых, разъемных и неразъемных соединениях, о механических передачах, подшипниках и уплотнителях. Описан процесс выполнения конструкторских документов. Приводятся рекомендации по использованию компьютерной графики для выполнения чертежей.

Для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальностям 1-74 05 01 Мелиорация и водное хозяйство, 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ.

**УДК 744(075.8)**

**ББК 30.119я7**

**ISBN 978-985-7231-31-7(ч. 2)**

**ISBN 978-985-467-803-0**

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2020

## **ВВЕДЕНИЕ**

Одним из средств общения между людьми являются изображения различных предметов, с большей или меньшей степенью точности отождествляющие формы этих предметов, созданных или природой, или самими людьми. На соответствующем профессиональном уровне эти изображения представляют собой чертежи. Чертежи, применяемые для изготовления механизмов, приборов, аппаратов, называют машиностроительными. Чертежи, предназначенные для сооружения зданий, мостов, дорог, плотин, называют строительными, а для изображения поверхности нашей планеты – топографическими.

Чертеж – конструкторский документ, представляющий собой изображение объекта (предмета, детали и т. п.) на плоскости, которое строится по определенным правилам и приемам. По представленному изображению можно судить о форме, размерах, устройстве и назначении объекта. Чертеж должен давать и другие сведения об изображаемом предмете, как то: его материал, особенности процесса изготовления, способы контроля и т. д. Четкость отображения форм, правильность и грамотное оформление позволяют быстро и легко воспринимать графическую информацию. Это, в свою очередь, позволяет рабочему добиваться максимальной производительности труда, а инженеру – квалифицированно и творчески налаживать и обеспечивать производственный процесс.

## **1. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ**

### **1.1. Стандарты**

В процесс создания и изготовления изделий различной степени сложности вовлекаются инженеры, техники и рабочие многих предприятий самых различных отраслей промышленности. Поэтому появилась необходимость установления единых, обязательных для всех правил оформления чертежей, которые делали бы их понятными для любого участника производства. Эти правила устанавливают стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), и положения Системы проектной документации для строительства (СПДС).

Стандарт – это эталон, т. е. образец, являющийся исходным, для сопоставления с ним других подобных объектов. Стандартом может быть и нормативно-технический документ, устанавливающий единицы величин, термины и их определения, требования к продукции и производственным процессам.

ЕСКД – комплекс межгосударственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой организациями и предприятиями СНГ. Стандарты ЕСКД соответствуют требованиям ISO (Международной организации по стандартизации).

Основное назначение стандартов ЕСКД заключается в единстве правил выполнения, оформления и обращения конструкторской документации. Они обеспечивают возможность взаимобмена конструкторскими документами между организациями и предприятиями без их переоформления, стабилизацию комплектности, исключая дублирование и разработку излишних для производства документов. Стандарты ЕСКД способствуют расширению унификации при конструкторской разработке проектов промышленных изделий; упрощению форм конструкторских документов и графических изображений, снижающих трудоемкость проектно-конструкторских разработок; механизации и автоматизации обработки технических документов и содержащейся в них информации; улучшению условий технической подготовки производства и условий эксплуатации промышленных изделий. Стандарты позволяют выполнять оперативную подготовку документации для быстрой переналадки действующего производства.

Установленные стандартами ЕСКД правила и положения по разработке, оформлению и обращению документации распространяются на все виды конструкторских документов, на учетно-регистрационную документацию и документацию по внесению изменений в документы, а также на нормативно-технологическую и технологическую документацию, отраслевую научно-техническую и учебную литературу.

Стандарты ЕСКД распределены на десять классификационных групп: от нулевой до девятой. В каждой группе может насчитываться 99 стандартов. Обозначения стандартов ЕСКД строятся на классификационном принципе и состоят из индекса стандарта – ГОСТ; цифры 2, присвоенной комплексу стандартов ЕСКД; цифры (после точки), обозначающей классификационную группу стандартов; двузначного числа, определяющего порядковый номер стандарта в данной группе;

четырёх цифр (после тире), указывающих год регистрации стандарта. В стандартах, утвержденных до 2000 г., указаны две последние цифры года.

Для студентов инженерных специальностей наиболее важными из классификационных групп являются следующие: 1 – Основные положения, 2 – Классификация и обозначение изделий и конструкторских документов, 3 – Общие правила выполнения чертежей, 4 – Правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения. В первую очередь должны быть усвоены положения стандартов ЕСКД третьей классификационной группы. При выполнении строительных чертежей следует руководствоваться также и нормами СПДС.

Стандарты ЕСКД и СПДС разработаны для отраслей народного хозяйства и не учитывают особенности учебного процесса. Вследствие этого допустимы некоторые незначительные отклонения от требований стандартов, упрощающих выполнение учебных чертежей. Эти отклонения приведены в учебной литературе [1, 3, 5, 6, 8, 10].

## 1.2. Форматы

Стандарт 2.301–68 устанавливает форматы (размеры) листов чертежей и других документов конструкторской документации всех отраслей промышленности и строительства. Применение таких форматов позволяет рационально использовать бумагу, легко комплектовать и брошюровать чертежи и другие конструкторские документы в альбомы при пользовании и хранении документов.

Форматы листов определяются размерами внешней рамки. Наибольшим является формат А0, размеры которого 1189×841 мм, а площадь равна 1 м<sup>2</sup>. Следующий и все другие форматы получаются делением предыдущего на две равные части параллельно меньшей его стороне. Пример деления наибольшего формата А0 показан на рис. 1.

Такие форматы считаются основными. Обозначения и размеры основных форматов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные форматы

Обозначение	А0	А1	А2	А3	А4
Размеры сторон формата, мм	1189×841	841×594	594×420	420×297	297×210

Примечание. При необходимости допускается применять формат А5 с размерами сторон 148×210 мм.

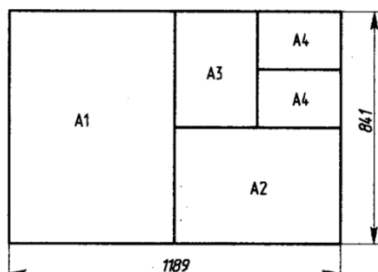


Рис. 1. Деление формата А1

Существуют также и дополнительные форматы. Они образуются увеличением коротких сторон основного формата на величину, кратную их размерам. Размеры этих форматов приведены в табл. 2.

Таблица 2. Дополнительные форматы

Кратность	Форматы				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	1189×1682	—	—	—	—
3	1189×2523	841×1783	594×1261	420×891	297×630
4	—	841×2378	594×1682	420×1189	297×841
5	—	—	594×2102	420×1486	297×1051

### 1.3. Основная надпись

Под основной надписью понимают совокупность установленных характеристик изделий и выполненного на них конструкторского документа, указываемых совместно с установленными надписями и сведениями об изменении документа в специальном штампе, который выполняется в правом углу над нижней линией рамки поля документа. Основные надписи, дополнительные графы к ним и рамки выполняют основными и сплошными тонкими линиями (рис. 2). У большинства форматов основная надпись может размещаться как вдоль длинной, так и вдоль короткой стороны. На листах формата А4 основные надписи всегда располагают вдоль короткой стороны листа. Форма основной надписи, представленной на рис. 2, предназначена для чертежей и схем. В табл. 3 представлены графы основной надписи и их содержание.

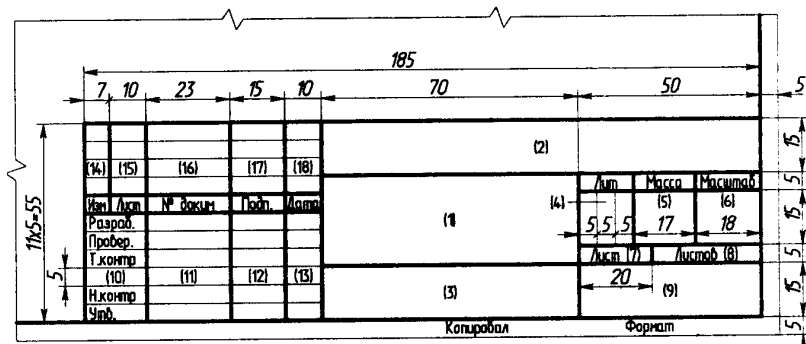


Рис. 2. Форма основной надписи

Таблица 3. Графы основной надписи

Номер графы	Содержание
1	Наименование изделия
2	Обозначение (шифр) технического документа, например: СА ГР 04 28 01 123 19 03 00
3	Обозначение материала, например: сталь 45 ГОСТ 1050–88
4	Литера, присвоенная данному конструкторскому документу
5	Масса изделия
6	Масштаб изображения
7	Порядковый номер листа (графа не заполняется, если чертеж выполнен на одном листе)
8	Общее количество листов чертежа изделия (указывают только на первом листе)
9	Наименование (или индексе) предприятия, выпустившего чертеж
10	Должности лиц, подписавших чертеж
11	Фамилии лиц, подписавших чертеж
12	Подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11
13	Дата подписания документа
14–18	Сведения из таблицы изменений (при наличии) данного документа

Примечание. Графа 4 заполняется последовательно, начиная с крайней левой клетки. Наносят литеру, присвоенную документу (например, *T* – технический проект; *O* – опытный образец; *Э* – эскизный проект; *B* – серийное производство; *A* – установочная серия; *И* – индивидуальное производство; *У* – учебный чертеж).

Каждый чертеж (рис. 3) должен иметь внутреннюю рамку *B*, линии которой ограничивают поле чертежа 3. Слева от линии рамки *B* расположено поле 2 шириной 20 мм, предназначенное для подшивки черте-

жа в альбом. Остальные стороны рамки очерчиваются линиями, отстоящими на 5 мм от края листа. Чертеж выполняется на свободном поле формата, причем графическая часть должна занимать около 75 % поля формата. Необходимые текстовые надписи должны быть максимально краткими и располагаться параллельно основной надписи.

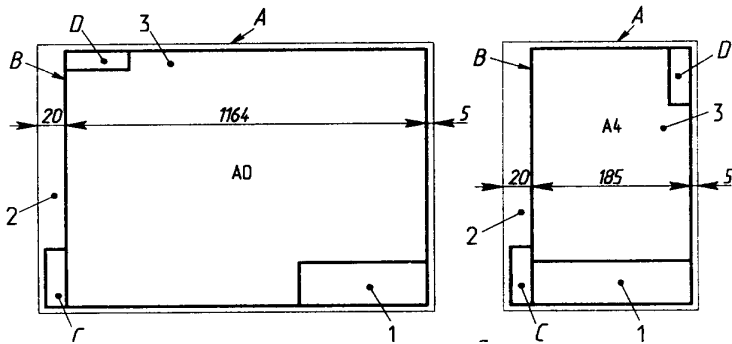


Рис. 3. Зонирование формата:

*A* – границы формата; *B* – внутренняя рамка; *C* и *D* – дополнительные графы;  
*1* – зона основной надписи; *2* – поле для подшивки; *3* – рабочее поле формата

Дополнительные графы *C* и *D*, форму и размеры которых устанавливает ГОСТ 2.503–90, заполняют, как правило, для чертежей в условиях производства.

#### 1.4. Масштабы

Геометрические объекты отличаются друг от друга и формами, и размерами, что делает иногда невозможным их изображение в натуральную величину на конкретном формате. Даже для одной и той же машины детали, составляющие ее, вычерчиваются по-разному. Одни из них изображаются в натуральную величину, другие – в уменьшенном или увеличенном виде. В таких случаях говорят, что предмет изображен в масштабе.

Масштабом называют отношение линейного размера ( $L_{\text{Л}}$ ) изображаемого предмета к его натуральному размеру ( $L_{\text{Н}}$ ):

$$M = L_{\text{Л}} / L_{\text{Н}}$$



ГОСТ 2.302–68 предписывает преобладающее использование натурального масштаба, т. е. соотношения 1:1, если при этом не страдает четкость изображения. Пример выполнения детали в разном масштабе показан на рис. 4.

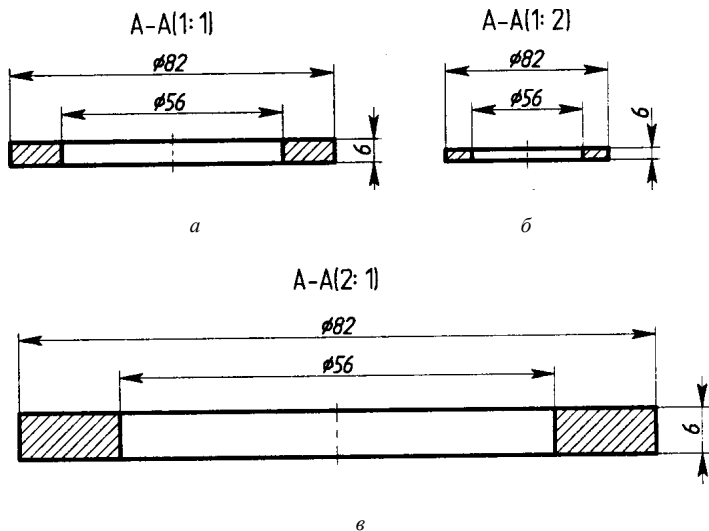


Рис. 4. Изображение детали в разном масштабе:  
 $a - 1:1$ ;  $b - 1:2$ ;  $e - 2:1$

В необходимых случаях применяются масштабы увеличения, как-то: 2:1, 2,5:1, 4:1, 5:1, 10:1, 20:1, 40:1, 50:1, 100:1.

В противоположных случаях применяются масштабы уменьшения, а именно: 1:2, 1:2,5, 1:4, 1:5, 1:10, 1:15, 1:20, 1:25, 1:40, 1:50, 1:75, 1:100, 1:200, 1:400, 1:500, 1:800, 1:1 000. Однако при составлении генеральных планов крупных объектов допускается применять масштабы 1:2000, 1:5000, 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000.




В перечисленных соотношениях проставляется масштаб в соответствующей графе основной надписи. На поле чертежа масштаб указывается цифрами в круглых скобках по типу (1: $n$ ) либо ( $n$ :1).

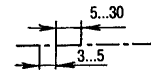

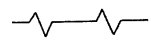
При любом масштабе изображения над размерными линиями наносят только натуральные размеры изделий. Размерные числа проставляют, как правило, в миллиметрах. В некоторых случаях размеры проставляют в других единицах, но тогда на поле чертежа должна быть запись о размерных единицах проставленных размеров.

## 1.5. Линии

При выполнении любого чертежа основными элементами являются линии. Согласно ГОСТ 2.303–68 для изображения изделий на чертежах применяют линии различных типов в зависимости от их назначения, что способствует более четкому выражению формы изображаемого изделия. Линии различаются по наименованию, начертанию, толщине и назначению. Все эти варианты объединены в табл. 4.

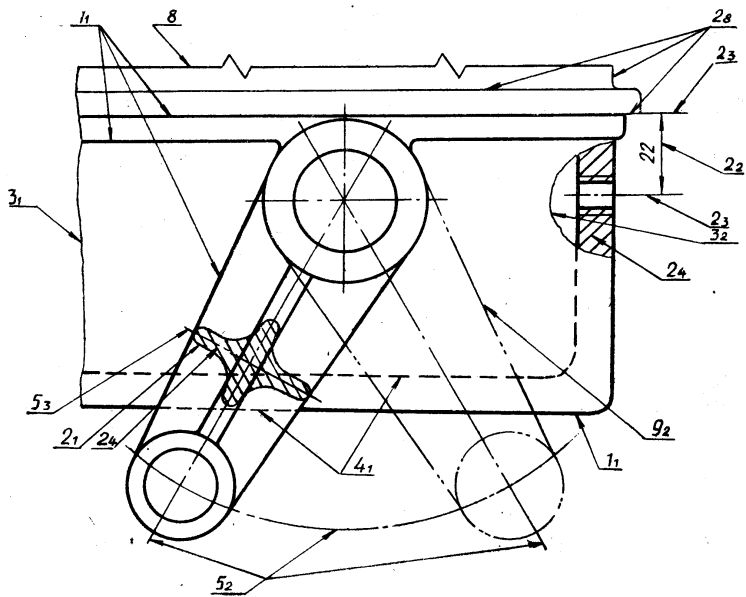
Таблица 4. Линии по ГОСТ 2.303–68

№ п.п.	Наименование	Начертание	Толщина	Основное назначение линии и номер рисунка с ее изображением
1	2	3	4	5
1	Сплошная толстая основная		$S = 0,5 \dots 1,4 \text{ мм}$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Линии видимого контура (рис. 5, а; 5, з; 5, и)</li> <li>2. Линии перехода видимые (рис. 5, е)</li> <li>3. Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза) (рис. 5, в)</li> </ol>
2	Сплошная тонкая		$S/3 \dots S/2$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Линии контура наложенного сечения (рис. 5, а)</li> <li>2. Линии размерные (рис. 5, а; 5, е)</li> <li>3. Линии выносные (рис. 5, а; 5, е)</li> <li>4. Линии штриховки (рис. 5, а; 5, в; 5, ж; 5, и)</li> <li>5. Линии внутреннего или внешнего диаметра резьбы (рис. 5, ж; 5, з)</li> <li>6. Линии выноски и полки этих линий (рис. 5, ж; 5, з)</li> <li>7. Линии для подчеркивания надписей (рис. 5, б)</li> <li>8. Линии для изображения пограничных деталей («обстановка») (рис. 5, а)</li> <li>9. Линии ограничения выносных элементов (рис. 5, з; 5, и)</li> </ol>
3	Сплошная волнистая		$S/3 \dots S/2$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Линии обрыва (рис. 5, а; 5, ж)</li> <li>2. Линии разграничения вида и разреза (рис. 5, а; 5, и)</li> </ol>

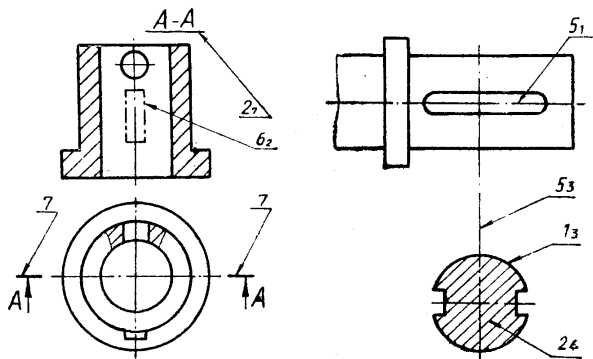
1	2	3	4	5
4	Штриховая		$S/2$	1. Линии контура невидимого (рис. 5, <i>a</i> ) 2. Линии перехода невидимые (рис. 5, <i>a</i> )
5	Штрихпунктирная тонкая		$S/3 \dots S/2$	1. Линии осевые (рис. 5, <i>a</i> ; 5, <i>в</i> ; 5, <i>г</i> ; 5, <i>ж</i> ; 5, <i>и</i> ) 2. Линии центровые (рис. 5, <i>a</i> ; 5, <i>д</i> ; 5, <i>з</i> ; 5, <i>и</i> ) 3. Линии сечения, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений (рис. 5, <i>a</i> ; 5, <i>в</i> )
6	Штрихпунктирная утолщенная		$S/2 \dots 2S/3$	1. Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке (рис. 5, <i>г</i> ) 2. Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция») (рис. 5, <i>б</i> )
7	Разомкнутая		$S \dots 1,5S$	1. Линии сечений (для обозначения положения секущей плоскости) (рис. 5, <i>б</i> )
8	Сплошная тонкая с изломами		$S/3 \dots S/2$	1. Длинные линии обрыва (рис. 5, <i>a</i> )
9	Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		$S/3 \dots S/2$	1. Линии сгиба на развертках (рис. 5, <i>д</i> ) 2. Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях (рис. 5, <i>a</i> ) 3. Линии для изображения развертки, совмещенной с видом (рис. 5, <i>д</i> )

Примеры применения разных типов линий показаны на рис. 5.

Толщина основной сплошной толстой линии выбирается в пределах 0,5...1,4 мм. В большинстве случаев она проводится толщиной в 1 мм. Толщина всех остальных линий является производной величиной от выбранной толщины основной линии.



a



б

в

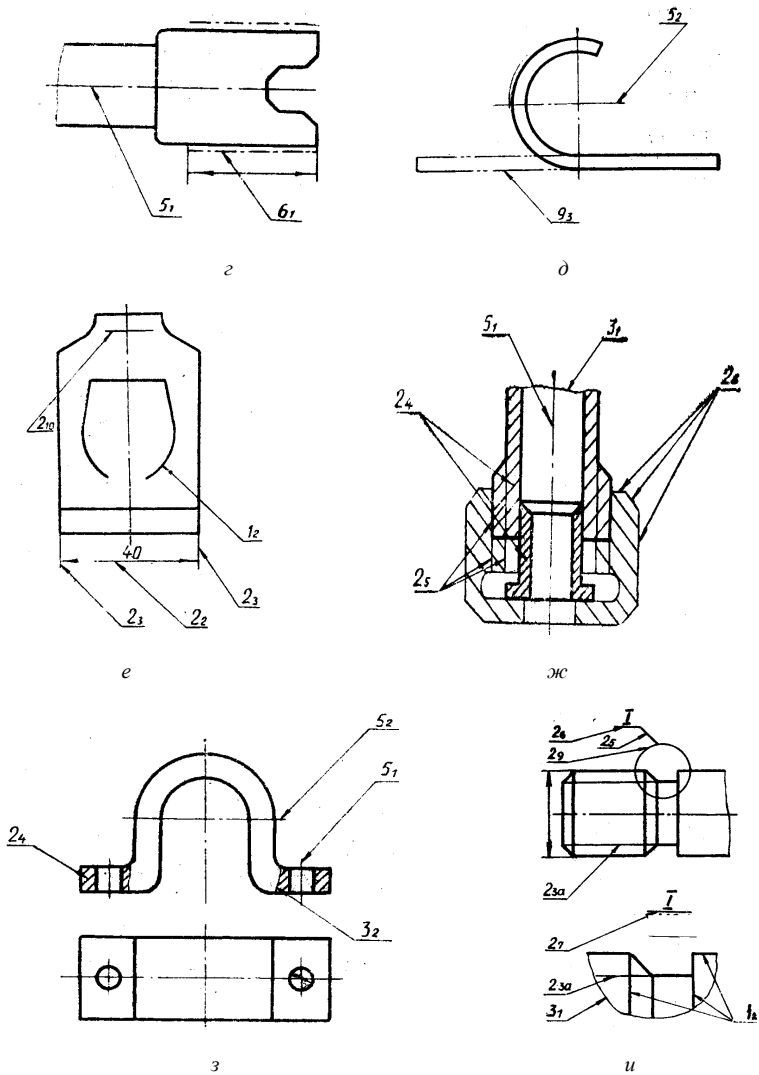


Рис. 5. № позиций различных линий:  
*a* - 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9; *б* - 2, 6, 7; *в* - 1, 2, 5; *г* - 5, 6; *д* - 5, 9;  
*е* - 1, 2; *ж* - 2, 3, 5; *з* - 1, 2, 5; *и* - 1, 2, 3, 5

## 1.6. Шрифты

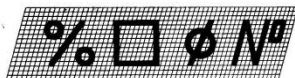
Шрифтом называют графическое обозначение всех букв, цифр и знаков в системе какого-либо языка. Различают несколько видов шрифтов: типографский, картографический, художественный и др.

Надписи, наносимые на чертежи и другие технические документы, должны выполняться стандартным шрифтом. Чертежные шрифты для всех отраслей промышленности и строительства устанавливает ГОСТ 2.304–81. Различные надписи и размерные числа на чертежах должны быть понятными и четкими. Стандартом установлено 10 размеров шрифтов: 1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Размер шрифта определяется высотой  $h$  прописных букв в миллиметрах. Высота измеряется перпендикулярно основанию строки. Установлено два типа шрифтов: основной А и широкий Б. Буквы и цифры чертежных шрифтов выполняют с наклоном под углом  $75^\circ$  к основанию строки или без наклона.

На рис. 6 показано начертание арабских и римских цифр, а также некоторых знаков наклонным шрифтом типа А. На рис. 7 показаны буквы алфавита (кириллица) – шрифт типа А с наклоном (рис. 7, а) и этот же шрифт без наклона (рис. 7, б). Без наклона допускается писать наименования, заголовки, обозначения в основной надписи и на поле чертежа, сохраняя форму и размеры букв.



*a*



*б*

Рис. 6. Цифры и знаки шрифта типа А:

*a* – арабские и римские цифры; *б* – знаки процентов, квадрата, диаметра, номера

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПР

СТУФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ

абвгдежзийклмнопрст

уфхцчшщъыьэюя

*a*

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПР

СТУФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ

абвгдежзийклмнопрст

уфхцчшщъыьэюя

*б*

Рис. 7. Прописные и строчные буквы шрифта типа А:  
*a* – наклонный; *б* – прямой

Параметры шрифта типа А приведены в табл. 5, а их условное обозначение – на рис. 8. Буквенное обозначение параметров шрифта и типа А, и типа Б одинаково.

Таблица 5. Параметры шрифта типа А

Параметры	Обозначение	Относительный размер	Размеры, мм
Размер шрифта: высота прописных букв высота строчных букв	$h$ $c$	$14/14h$ $14d$ $10/14h$ $10d$	2,5; 3,5; 5,0; 7,0; 10; 14; 20 1,8; 2,5; 3,5; 5,0; 7,0; 10; 14
Расстояние между буквами	$a$	$2/14h$ $2d$	0,35; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 2,0; 2,8
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	$b$	$22/14h$ $22d$	4,0; 5,5; 8,0; 11; 16; 22; 31
Минимальное расстояние между словами	$e$	$6/14h$ $6d$	1,1; 1,5; 2,1; 3,0; 4,2; 6,0; 8,4
Толщина линий	$d$	$1/14h$ $d$	0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4

Примечание. Расстояние между буквами, соседние линии которых не параллельны между собой (например, ГА, АТ), может быть уменьшено наполовину.

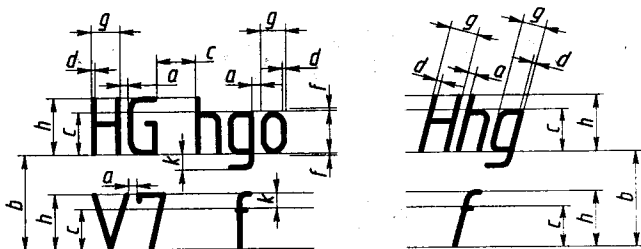


Рис. 8. Параметры для написания букв и цифр шрифта типа А

Минимальным расстоянием  $e$  между словами, разделенными знаками препинания, является расстояние между знаком препинания и следующим за ним словом.

Ширина  $g$  букв различна и составляет  $6/14h \dots 11/14h$  для прописных букв. Ширина цифр составляет  $3/10h$  (для 1),  $6/14h$  (для 3 и 5),  $7/14h$  (для 2, 4, 6, 7, 8, 9, 0).

Расстояние  $k$ , используемое для начертания некоторых строчных букв, составляет  $4/14h$ , величина  $f - 1/28h$ .

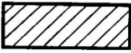





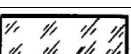
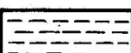
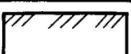
Более подробные сведения о параметрах шрифта приведены в учебной литературе [1, 4, 6, 9].



## 1.7. Графическое обозначение некоторых материалов

При выполнении технических чертежей применяют изображения предметов, условно рассеченных по указанному направлению. В связи с этим появляется необходимость различать материалы, из которых изготовлены эти предметы. Материалы различают с помощью соответствующей штриховки, наносимой по ГОСТ 2.306–68. Линии штриховки должны проводиться под углом  $45^\circ$  к линиям рамки чертежа. При совпадении направления линий штриховки с линиями контура детали угол наклона штриховки выбирают другим:  $30^\circ$  или  $60^\circ$ . Расстояние между прямыми параллельными линиями штриховки должно быть одинаковым для всех сечений одной и той же детали. Оно выбирается в диапазоне 1...10 мм в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку в смежных сечениях. Варианты штриховок показаны в табл. 6.

Таблица 6. Образцы штриховок материалов

Материал	Обозначение
Металлы и твердые сплавы	
Неметаллы, за исключением нижеследующих	
Дерево	
Камень естественный	
Керамика и силикатные материалы	
Бетон	
Стекло и иные светопрозрачные материалы	
Жидкости	
Грунт естественный	

## Вопросы для самоконтроля

1. Как определяются размеры формата чертежей?
2. Какие форматы существуют, и какой формат принят за основу?
3. Как и какой линией наносят рамку чертежа?
4. Как располагают основную надпись на поле чертежа?
5. Какие дополнительные форматы можно применять для чертежей?
6. Что такое масштаб?
7. Какие масштабы для чертежей устанавливает стандарт?
8. Как обозначается масштаб на поле чертежа? Как он обозначается в основной надписи?
9. Влияет ли масштаб увеличения или уменьшения на размерные числа?
10. Какие виды линий применяются при выполнении чертежа?
11. В каких пределах выбирается толщина линии видимого контура предмета, и какой она в итоге выбирается?
12. Какое соотношение между толщиной сплошной основной и сплошной тонкой линией, сплошной основной и штриховой линией?
13. Укажите размеры штриховых и штрихпунктирных линий.
14. Как должны заканчиваться и пересекаться штрихпунктирные линии?
15. Как исполняется и для чего применяется утолщенная штрихпунктирная линия?
16. Когда используется и как исполняется штрихпунктирная линия с двумя точками?
17. Какие линии могут использоваться в качестве центровых линий?
18. Какие виды линий применяются для обрыва (разрыва) контуров предмета?
19. Что обозначает номер шрифта?
20. Какие размеры шрифтов устанавливает стандарт?
21. Как определяется высота строчных букв?
22. Какую ширину имеют буквы алфавита, от чего она зависит?
23. Какой наклон имеют буквы и цифры алфавита, и как образуется сетка шрифта?
24. Как различают на чертежах разнородные материалы изделий?
25. Под какими углами проводятся линии штриховки, и от чего зависит угол наклона линий?
26. Какие формы основной надписи используют при выполнении конструкторских документов?
27. В каком порядке заполняют графы основной надписи?
28. Какой стандарт устанавливает порядок обозначения конструкторских документов?

## 1.8. Нанесение размеров на чертежах

### 1.8.1. Общие сведения

Правила нанесения размеров на чертежах устанавливает ГОСТ 2.307–68. Для нанесения размеров применяют выносные и размерные линии, а также размерные числа. Размерные линии отличаются от выносных наличием на своих концах стрелок. Размеры последних выбирают исходя из толщины  $S$  основной линии (рис. 9, а, б, в). При необходимости стрелки могут заменяться точками либо штрихами, наклоненными на  $45^\circ$ .

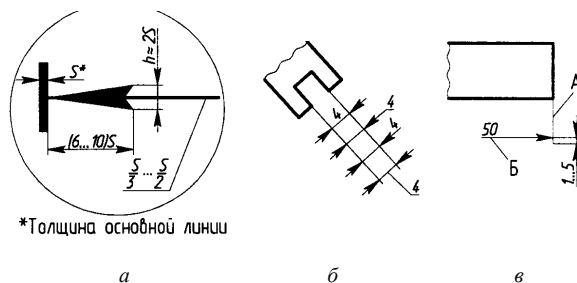


Рис. 9. Параметры и размещение стрелок на размерных линиях:

- а – образец начертания стрелки;
- б – варианты простановки размерного числа;
- в – примеры линий: А – выносная; Б – размерная

Размерные числа показывают действительные (натуральные) размеры изделий. Толщина выносных и размерных линий выбирается в пределах  $S/3 \dots S/2$ . Ширину и толщину линий цифр выбирают исходя из высоты прописных букв и цифр, наносимых на чертеже.

При нанесении размеров изделия на чертеже необходимо выполнять ряд требований. Размерные линии должны располагаться на расстоянии  $6 \dots 10$  мм от основных линий контуров предметов, изображаемых на чертеже. Это же расстояние должно быть между смежными размерными линиями. Выносные линии должны выходить за концы стрелок примерно на  $1 \dots 5$  мм. Размерные линии следует наносить преимущественно вне контура изображения изделия. Взаимное пересечение размерных линий либо пересечение их посторонними вынос-

ными линиями не допускается. Размерные числа следует проставлять по возможности ближе к середине размерной линии (рис. 10, а, б, в).

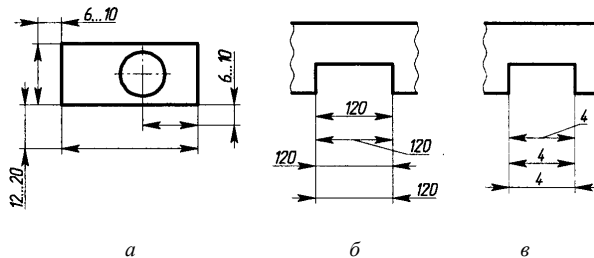


Рис. 10. Расположение линий и чисел:

а – диапазон расстояний для размещения размерных линий;  
 б, в – примеры нанесения размерных линий с размерными числами

При нанесении размерных чисел допускается прерывать осевую линию, а также линии штриховки. Линии контура в подобных случаях разрывать не допускается. При наличии нескольких линейных размеров размерные числа их следует располагать в шахматном порядке (рис. 11, а, б, в). Не допускается повторять размеры одного и того же элемента изделия на разных изображениях. Линейные размеры на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единицы величины. В технических требованиях, пояснительных надписях на поле чертежа обязательно указывают единицы измерения величин.

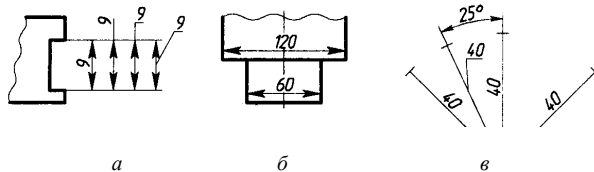


Рис. 11. Примеры нанесения размерных чисел:

а – на вертикальных размерных линиях;  
 б – с разрывом осевой линии; в – на наклонных линиях

Различают размеры рабочие (исполнительные), которые используют для изготовления изделия или при его контроле, и справочные, указываемые для большего удобства пользования чертежом. Размеры изделия, нанесенные на чертеже, называют номинальными. Размерные

числа линейных размеров наносят по правилам, установленным стандартом, и располагают над размерной линией. Это правило следует сохранять при любом наклоне размерных линий. Выбор правильного варианта нанесения размерных линий осуществляют в сравнительной оценке с примерами (рис. 12, 13).

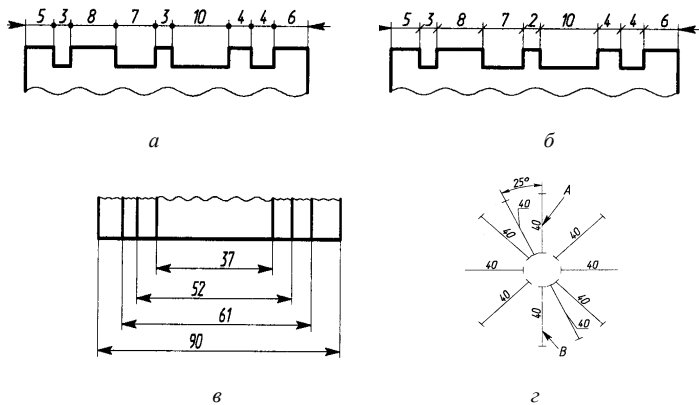


Рис. 12. Примеры нанесения размерных линий:  
*а, б* – цепной способ; *в* – координатный способ;  
*z* – простановка размерных чисел на наклонных размерных линиях

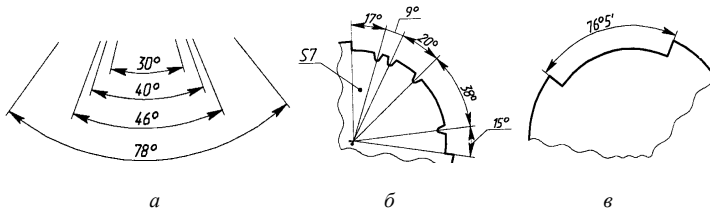


Рис. 13. Примеры простановки угловых размеров:  
*а* – простановка углов концентричным способом;  
*б* – простановка углов на единой дуговой линии (*S7* – толщина детали);  
*в* – простановка одиночного размера с градусами и минутами

В пространствах заштрихованных зон (углы  $\leq 30^\circ$ ) размерные числа наносят на полках линий-выносок (рис. 14).

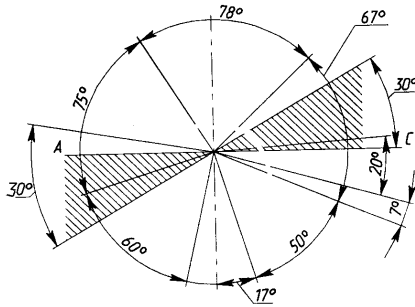


Рис. 14. Расположение размерных чисел  
(AC – разграничивающая зоны линия)

Если расстояние между отверстиями одинаковое, и они расположены на одной дуге, то угловые размеры рекомендуется наносить с простановкой крайнего углового размера ( $16^\circ$ ), а общий угловой размер – как произведение количества промежутков между отверстиями на угловой размер одного промежутка (рис. 15, а). При изображении незакономерной кривой линии (плоская деталь, рис. 15, б) размеры криволинейного контура наносят размерными и выносными линиями по вертикали и горизонтали.

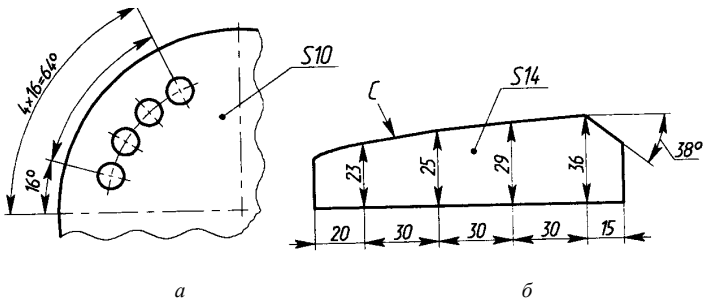


Рис. 15. Примеры простановки угловых размеров:  
а – простановка размеров одинаковых углов;  
б – вариант простановки размеров на криволинейном контуре С  
(S10, S14 – толщина детали)

### 1.8.2. Нанесение размеров диаметров и радиусов

Цилиндрические поверхности изделий на чертежах обозначают условным знаком  $\emptyset$ . Высота и наклон прямой знака соответствуют высоте  $h$  и наклону размерных чисел ( $75^\circ$ ). Размер окружности знака составляет  $5/7h$ . Знак диаметра наносят над размерной линией перед размерным числом, например  $\emptyset 30$ ,  $\emptyset 16$ . Возможные варианты простановки размеров диаметров показаны на рис. 16.

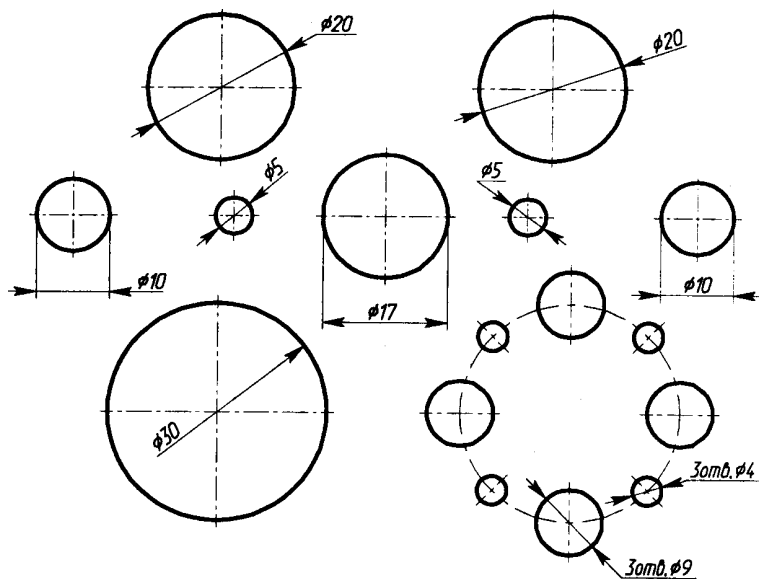


Рис. 16. Простановка диаметров

Если изделие имеет несколько одинаковых окружностей, то допускается изображение только крайних отверстий, а центры остальных показывают короткими штрихами. Размеры отверстий и их количество наносят на одном из них (рис. 17, а). Общий размер между осями крайних отверстий проставляют как произведение величины одного промежутка на их количество. Размеры диаметров могут указываться не только на окружностях, но и на изображении тел вращения, показанных с помощью образующих. Тогда размер диаметра следует наносить между образующими (рис. 17, б).

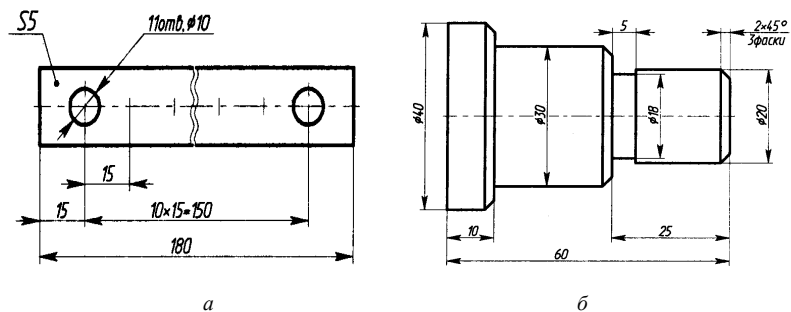


Рис. 17. Простановка диаметров на изображениях детали:  
 а – простановка диаметров для нескольких равномерно расположенных отверстий ( $S5$  – толщина пластины); б – простановка диаметров и размеров длин участков для цилиндрической детали

Поверхности элементов изделий, имеющих цилиндрическую форму на замкнутой окружности, обозначают знаком  $\varnothing$ . Размерную линию диаметра допускается наносить с обрывом, например  $\varnothing 30$ , (см. рис. 16), при этом обрыв должен выполняться дальше центра окружности. Если поверхность представлена незамкнутой окружностью, поступают следующим образом: при величине дуги окружности  $180^\circ$  и более проставляют знак  $\varnothing$ , при величине дуги менее  $180^\circ$  проставляют  $R$  (рис. 18).

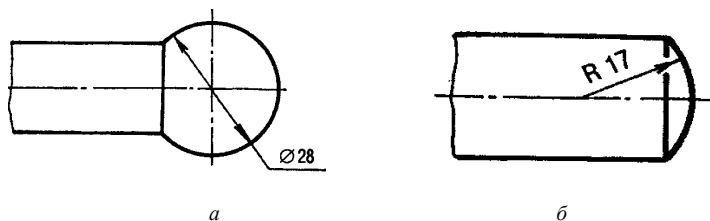


Рис. 18. Простановка размеров на дугах со знаками диаметра и радиуса

На рис. 19 представлены фрагменты изделий с полным изображением отверстий разных типов (в разрезе), а также варианты упрощенного изображения с нанесением размеров отверстий и их элементов.



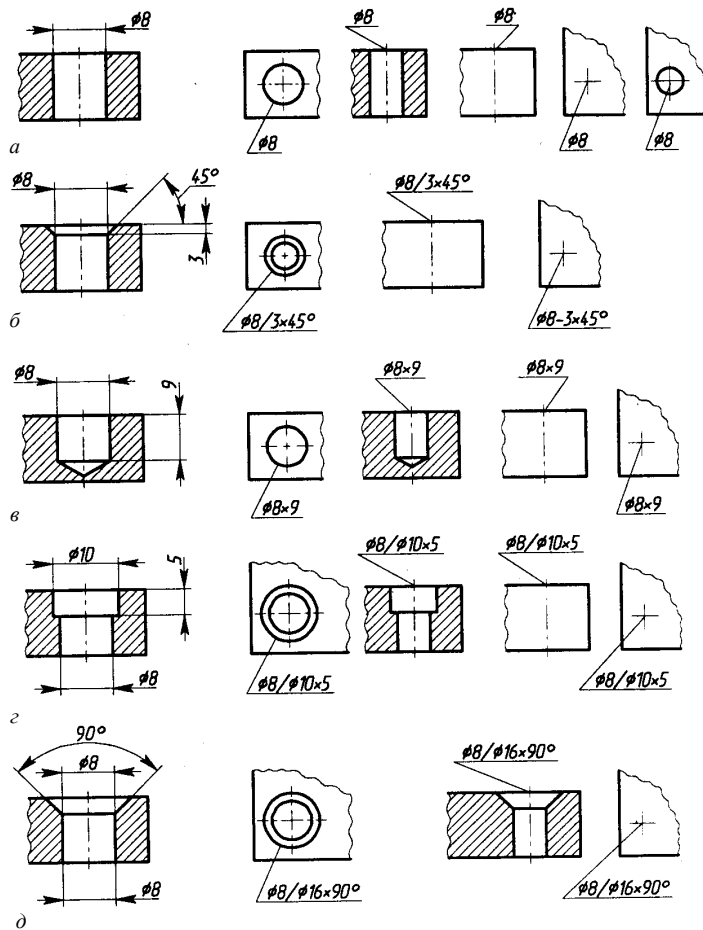


Рис. 19. Варианты простановки размеров диаметра и глубины отверстий:  
*а* – простановка только диаметра; *б* – простановка диаметра и фаски в  $45^\circ$ ;  
*в* – простановка диаметра и глубины глухого отверстия;  
*г* – простановка диаметра и глубины сквозного ступенчатого отверстия;  
*д* – простановка диаметра отверстия, двойного угла и диаметра фаски

При обозначении радиуса перед размерным числом, указывающим величину радиуса, наносят букву *R*. Высота этой буквы и ее наклон должны быть аналогичны размерным числам. При нанесении наруж-

ных и внутренних радиусов скруглений выбирают вариант из нескольких, представленных ниже. На одной прямой линии два радиуса не располагают, а наносят их на разных направлениях. Размерную линию радиуса проводят из центра окружности (рис. 20, а, б, в).

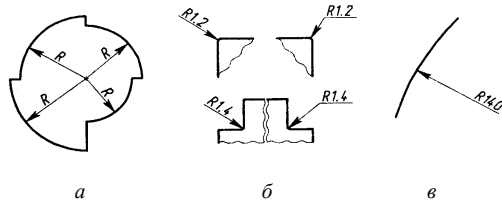


Рис. 20. Простановка радиусов дуг:  
а – из центра дуги; б, в – без указания центра

Радиусы могут проставляться как с внешней, так и с внутренней стороны дуги (рис. 21).

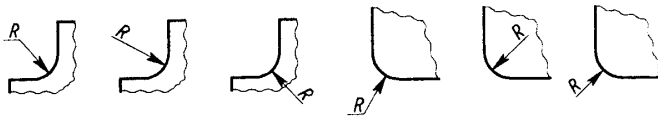


Рис. 21. Простановка радиусов скруглений

При большой величине радиуса центр можно приближать к дуге, а размерную линию радиуса выполнять с изломом под углом  $90^\circ$  (рис. 22, а). В обозначении может присутствовать слово «сфера», если на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей (рис. 22, б).

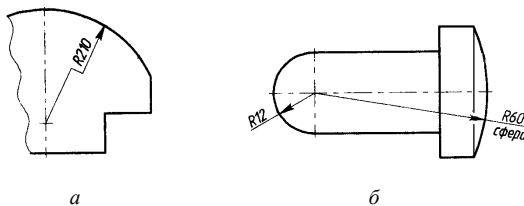


Рис. 22. Простановка радиусов дуг:  
а – простановка радиуса линией с изломом;  
б – простановка радиуса с указанием формы поверхности

На чертежах могут указываться линейные размеры дуг. Размерная линия дуги проводится концентрично дуге, выносные линии – параллельно биссектрисе угла. Над размерным числом наносят знак  $\frown$  (рис. 23, *а*). Допускается при нанесении размеров располагать выносные линии радиально (рис. 23, *б*). Помимо упомянутых знаков часто используется знак толщины детали, если ее нельзя увидеть на данном изображении. Толщина детали указывается буквой *S* и цифрой (см. рис. 15, *а*; рис. 17, *а*; рис. 23).

Если радиусы скруглений на всем чертеже одинаковы, то вместо нанесения размеров этих радиусов на изображениях изделий делают соответствующую запись в технических требованиях. Например, записывают: «Радиусы скруглений 2,5 мм».

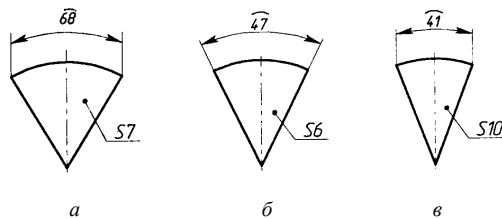


Рис. 23. Длины дуг (*S*7, *S*6, *S*10 – толщина сектора)

При простановке размеров используется также знак  $\square$ . Он наносится перед размерным числом, указывающим сторону квадрата. Благодаря этому знаку имеется возможность отображения торцевой формы (рис. 24, *а*) предмета без ее вычерчивания (рис. 24, *б*). Тонкие линии *A* и *C*, проведенные по диагоналям, обозначают плоскую поверхность.

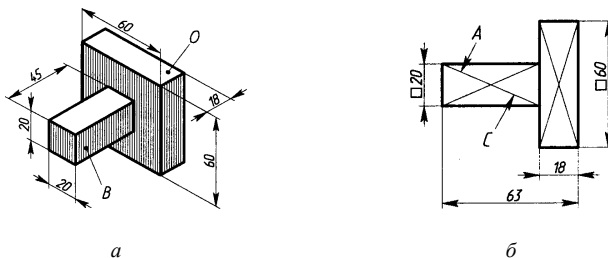


Рис. 24. Простановка размеров на стержне квадратного сечения: *а* – аксонометрия изделия; *б* – вид изделия спереди

### 1.8.3. Нанесение размеров фасок

Фаска – это скошенная кромка бруска, стержня, листа, отверстия. Фаска на торце стержня (вала) представляет собой образующую усеченного конуса, расположенную под заданным углом к его оси.

При изображении брусков и листов размеры фасок наносят двумя линейными размерами (рис. 25, *а*), одним линейным и одним угловым размером (рис. 25, *б*), либо линейным и угловым размером в общей записи через знак  $\times$  (комбинированным способом) (рис. 25, *в*).

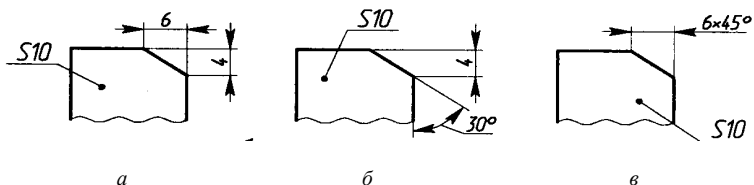


Рис. 25. Простановка размеров фасок: *а* – двумя линейными размерами; *б* – одним линейным и угловым размером; *в* – комбинированным способом

При изготовлении стержней (валов, осей) одного диаметра фаски снимают с двух торцов. На чертежах изделий размеры фасок вала наносят одним линейным и одним угловым размером (рис. 26, *а*) или двумя цифрами через знак умножения (рис. 26, *в*). Первая цифра указывает высоту усеченного конуса, вторая – угол наклона образующей конуса к его оси.

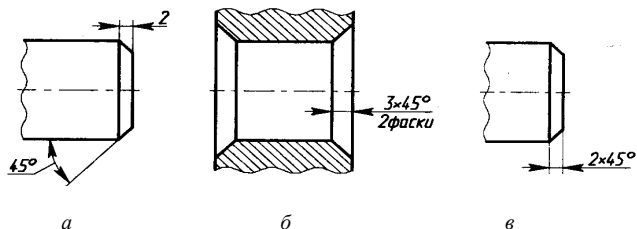


Рис. 26. Простановка размеров фасок:  
*а, в* – фаски на внешней поверхности; *б* – фаска на внутренней поверхности

Если на чертеже присутствует несколько одинаковых фасок, обозначения наносят на одну из них с указанием числа фасок (рис. 26, *б*).

Для фасок малых размеров (менее 1 мм) размеры проставляют комбинированным способом, сам же контур фаски допускается не показывать (рис. 27, а, в). Можно указывать двойной угол фаски (рис. 27, б). Можно указывать двойной угол фаски (рис. 27, б).

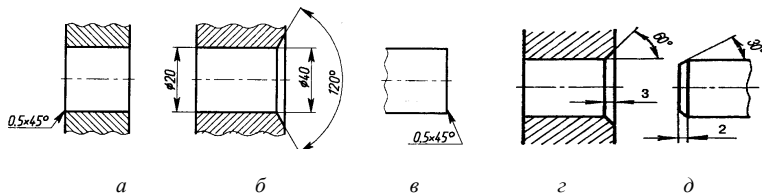


Рис. 27. Размеры на малоразмерные фаски и фаски с углами 30° и 60°:  
а, б – простановка размеров малых фасок; в – простановка двойного угла;  
з, д – простановка размеров на фаски с углами 30° и 60°

Номинальный размер фасок предусматривает углы их наклона 30°, 45° и 60°. Больше распространение получили фаски с углом 45°. Фаски, выполненные под углом 30° и 60°, применяются реже. Размеры на них указываются отдельными линейным и угловым размерами.

## 1.9. Геометрические построения

### 1.9.1. Построение уклона

Наклон одной прямой линии к другой на чертежах задается не только величиной угла, но и уклоном, обозначаемым буквой  $i$ . Эта величина определяет отклонение прямой линии от горизонтального или вертикального положения. Уклон можно выразить из прямоугольного треугольника (рис. 28) как отношение двух катетов, т. е.

$$i = h / l = \operatorname{tg} \alpha,$$

где  $\alpha$  – величина острого угла в градусах, противолежащего стороне  $h$ .

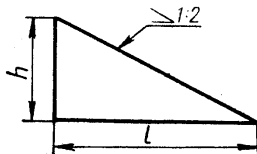


Рис. 28. Простановка уклона для наклонной линии

Таким образом, уклон определяется указанным отношением катетов прямоугольного треугольника либо тангенсом угла наклона линии к горизонтали. Обозначение уклона содержит его знак  $\angle$  (острый край знака направляется в нижнюю сторону линии) и цифровое значение, выраженное соотношением  $1:n$ , где  $n$  – любое целое число (рис. 29, а, б, в). Величина уклона линии может измеряться сотыми долями целого числа (рис. 29, г), либо выражаться процентами, например, 2 %.

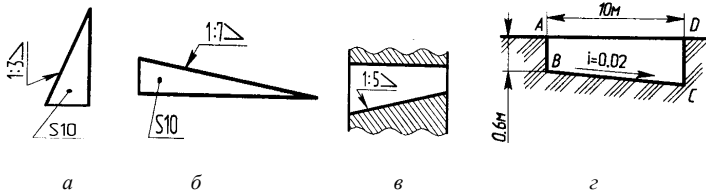


Рис. 29. Простановка уклона для наклонных линий:  
 а – вертикальное положение; б – горизонтальное положение ( $S10$  – толщина детали); в – на внутреннем контуре; г – простановка уклона дробью

Построение линии с заданным уклоном сводится либо к определению угла, под которым ее нужно провести, либо к предварительному построению взаимно перпендикулярных одинаковых отрезков, как правило, одного по вертикали и нескольких по горизонтали. Результатом построения является прямоугольный треугольник с единичным горизонтальным или вертикальным катетом. Гипотенуза этого прямоугольного треугольника определяет направление линии, имеющей заданный уклон. Пример построения показан на рис. 30, где через точку  $n$  проведена линия с уклоном  $1:10$ .

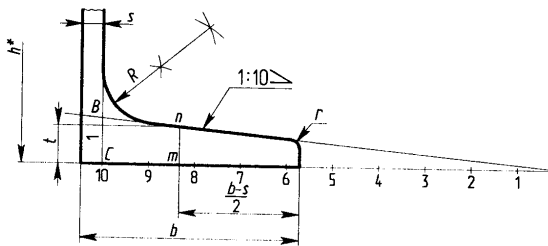


Рис. 30. Построение линии заданного уклона по размерам ( $h$ ,  $t$ ,  $s$ ,  $b$ )

## 1.9.2. Построение конусности

Понятие конусности связано с изображением прямого кругового конуса и его поверхности. Коническая поверхность довольно часто встречается в технических деталях. Она может быть наружной (рис. 31, *a*, *б*, *д*, *e*) и внутренней (рис. 31, *в*, *з*). Угол между образующими конуса в осевом сечении считают углом конуса и обозначают  $2\alpha$ , где  $\alpha$  – угол между образующей конуса и его осью. Обозначение конусности на чертеже содержит знак конусности  $\sphericalangle$  и цифровое соотношение по типу  $1:n$ , где  $n$  – любое целое число. Знак  $\sphericalangle$  должен быть проставлен острием в сторону вершины конуса.

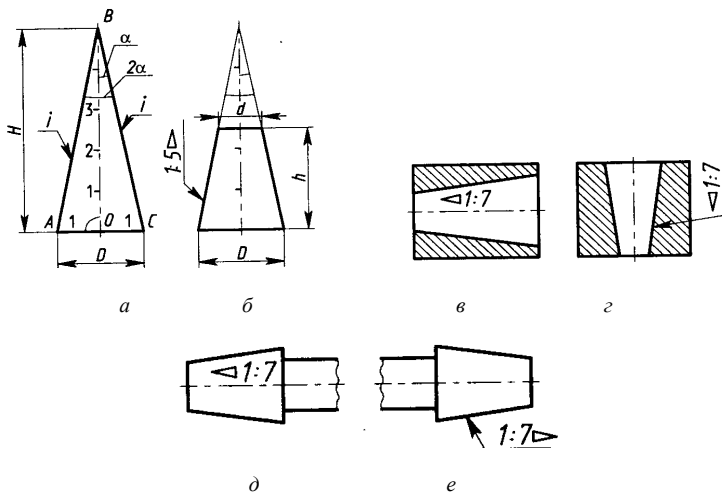


Рис. 31. Примеры построения и обозначения конусности:  
*a* – полный конус; *б* – усеченный конус; *в*, *д* – обозначение конусности на оси конуса; *г*, *e* – обозначение на контуре конуса

Построение образующих прямого кругового конуса с заданной конусностью (например,  $1:5$ ) сводится к построению двух прямых  $AB$  и  $BC$  (см. рис. 31, *a*, *б*) с уклоном  $i = K / 2$  относительно оси конуса. Конусность  $K$  равна удвоенному уклону линии  $AB$  или  $BC$ :

$$K = i + i = OA / OB + OC / OB = \operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \alpha = 2 \operatorname{tg} \alpha.$$

Аналогичным образом осуществляется построение усеченного конуса по заданным параметрам (см. рис. 31, б).

Конусность поверхностей изделия может быть подсчитана по размерам диаметров и высот элементов поверхности:

а) для прямого кругового конуса (см. рис. 31, а)  $K = D / H$ ;

б) для усеченного конуса (см. рис. 31, б)  $K = (D - d) / h$ .

ГОСТ 8593–81 устанавливает нормальные конусности и углы уклонов, которыми пользуются при конструировании и изготовлении изделий: 1:3, 1:5, 1:7, 1:8, 1:10, 1:12, 1:15, 1:20, 1:30, 1:50, 1:100, 1:200.

### **1.9.3. Деление отрезка на равные части. Построение перпендикулярных прямых**

Для деления заданного отрезка  $AB$  на две равные части можно воспользоваться циркулем. Из точек  $A$  и  $B$  произвольным радиусом  $R$  проводят дуги до их взаимного пересечения (рис. 32, а). Точки пересечения  $C$  и  $D$  дуг соединяют прямой линией. Из построения очевидно  $OA = OB$ ,  $CD \perp AB$ . Для последующего деления на две равные части уже отрезка  $OB$  из точек  $O$  и  $B$  произвольным радиусом  $R_1$  проводят дуги и точки  $E$  и  $F$  соединяют между собой линией, которая определяет искомую точку  $P$  и т. д. Любой участок прямой линии можно разделить на любое число равных частей при помощи угольника и линейки (рис. 32, в). Для этого под произвольным углом  $\alpha$  к заданной прямой проводят прямую  $AK$ , на которой откладывают необходимое число отрезков (в данном случае четыре) произвольной, но равной длины:  $ab = bc = cd = df$ . После соединения прямой линией точек  $f$  и  $F$  параллельно ей из точек  $d$ ,  $c$  и  $b$  проводят линии, которые пересекут прямую  $AF$  в точках  $D$ ,  $C$ ,  $B$  и разделят ее на четыре равные части.

Для построения перпендикуляра к имеющейся прямой в заданной точке можно также использовать циркуль (рис. 32, б). Из точки  $C$  произвольным радиусом  $R$  проводят дугу и отмечают точку  $K$ . Сохраняя радиус  $R$ , из точки  $K$  проводят аналогичную дугу и отмечают уже точку  $O$ . Через точки  $K$  и  $O$  проводят прямую линию, после чего из точки  $O$  радиусом  $R$  проводят третью дугу и отмечают точку  $M$ . Соединяя точку  $M$  с точкой  $C$ , получают перпендикуляр к прямой  $AB$  ( $MC \perp AB$ ). Как подтверждение вспомним теорему из элементарной геометрии: в прямоугольном треугольнике катет, лежащий против угла  $30^\circ$ , равен половине гипотенузы. По построению  $MK = 2CK$ .



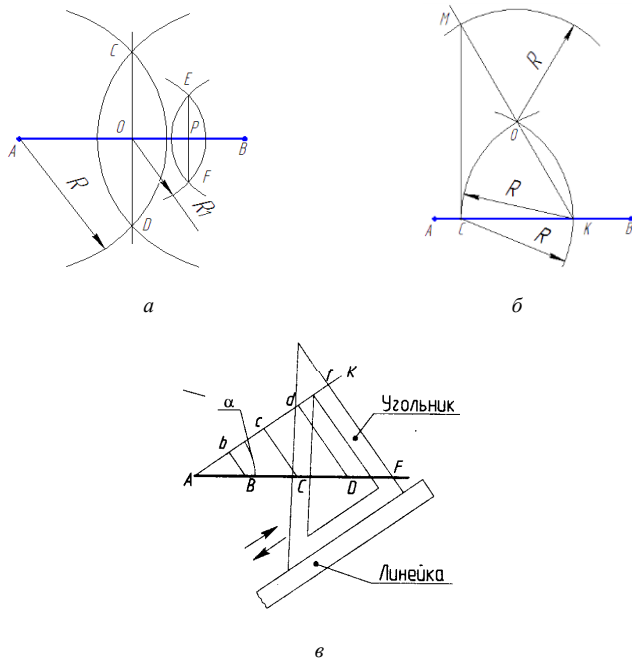


Рис. 32. Перпендикуляр к линии и деление отрезка:  
*a* – построение перпендикуляра в середине отрезка;  
*б* – построение перпендикуляра в произвольной точке;  
*в* – деление отрезка на равное количество частей

#### 1.9.4. Деление окружности на равные части

Деление окружности на равные части и построение правильных вписанных многоугольников можно выполнить либо расчетным, либо графическим способом.

Расчетный способ позволяет с достаточной для практики точностью поделить окружность на некоторое равное число частей, используя таблицу хорд (хорда – это прямая линия, соединяющая две точки окружности, минуя ее центр). В таблице указаны коэффициенты, на которые нужно умножить диаметр, чтобы получить размер хорды, соответствующей стороне многоугольника, вписанного в данную окружность. Указанные в табл. 7 коэффициенты позволяют поделить окружность на 2...16 частей.

Таблица 7. Коэффициент для хорды окружности

Число частей	Коэффициент	Число частей	Коэффициент	Число частей	Коэффициент
2	1,000	7	0,434	12	0,258
3	0,866	8	0,383	13	0,239
4	0,707	9	0,342	14	0,223
5	0,588	10	0,309	15	0,208
6	0,500	11	0,282	16	0,195

Любая проведенная окружность имеет центр и две взаимно перпендикулярные оси, которые делят окружность на четыре равные части. Даже если по какой-то причине центр отсутствует, его можно построить. Для этого существует несколько способов. Один из них показан на рис. 33. Для определения центра дуги или окружности проводят две произвольные хорды и графически делят их на две равные части. Точка пересечения получающихся при разделении хорд двух перпендикуляров и является центром окружности.

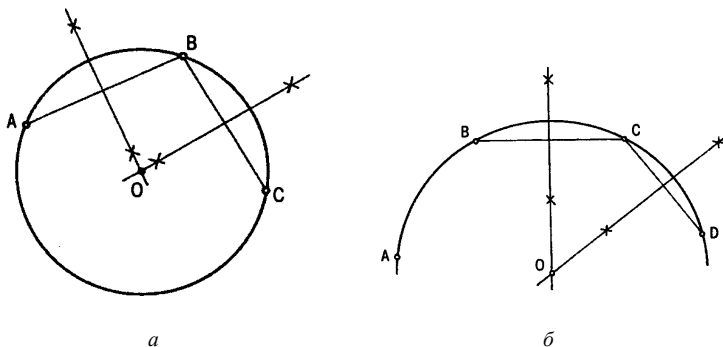


Рис. 33. Определение центра окружности

Деление окружности на три либо шесть равных частей не представляет никаких затруднений, так как выполняется при помощи радиуса этой же окружности (рис. 34, *a*, *б*). Деление окружности на иное число частей предполагает несколько большее количество построений.

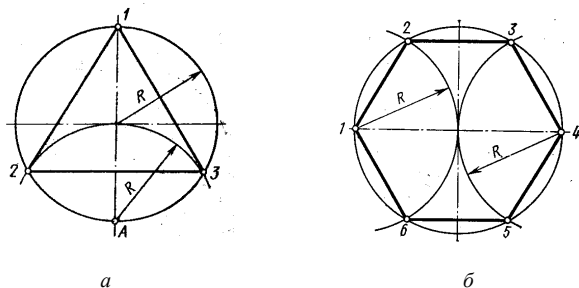


Рис. 34. Деление окружности: *a* – на три равные части; *б* – на шесть равных частей

Деление окружности на пять частей проиллюстрировано на рис. 35, *a*. Радиус  $OA$  окружности делим на две равные части, для чего из центра окружности радиусом  $R$  проводим дугу, которая пересекает окружность в точках  $B$  и  $C$ . Соединив эти точки, находим точку  $D$ , из которой проводится дуга от точки  $I$  до точки  $K$  радиусом  $ID$ . Отрезок  $IK$  и представляет собой хорду пятиугольника, вписанного в эту окружность. По этой длине строятся точки: 2, 3, 4, 5.

Графический способ деления окружности на большее количество частей описан в литературе [1, 2, 4, 6]. Один из примеров (на семь частей) показан на рис. 35, *б*.

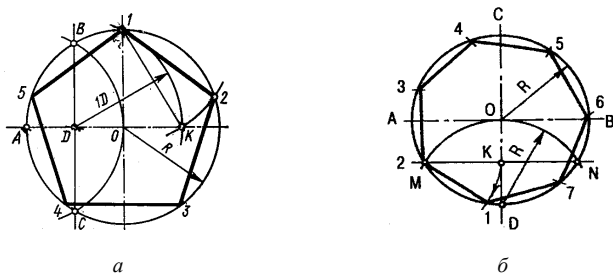


Рис. 35. Деление окружности: *a* – на пять частей; *б* – на семь частей

Для того чтобы поделить окружность на 10 равных частей, первую сторону пятиугольника делят перпендикуляром на две равные части и фиксируют точку его пересечения с окружностью. Хорда окружности, полученная при этом, является одной десятой частью. Длина хорды может быть взята из табл. 7.

### 1.9.5. Сопряжения линий

Сопряжением двух линий называется плавный переход одной линии в другую. Различают сопряжение одной прямой с другой, прямой и кривой линией, а также сопряжение двух кривых. Первая линия переходит во вторую по дуге окружности. Эта дуга называется дугой сопрягающей окружности. Радиус окружности – радиус сопряжения. Центр этой окружности – центр сопряжения. Точка, где одна линия переходит в другую, является точкой сопряжения. Все эти элементы показаны на рис. 36.

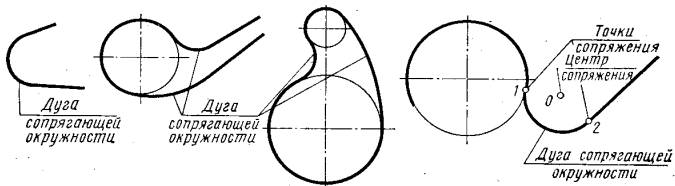


Рис. 36. Элементы сопряжений

Сопряжения линий бывают внешние, внутренние и смешанные. Рассматривая сопряжения двух окружностей, мы видим, что при внешнем сопряжении центры окружностей лежат вне сопрягающей окружности (рис. 37, а), а при внутреннем сопряжении – внутри сопрягающей окружности (рис. 37, б). При смешанном сопряжении центр одной окружности лежит вне сопрягающей окружности, а центр другой – внутри сопрягающей окружности (рис. 37, в).

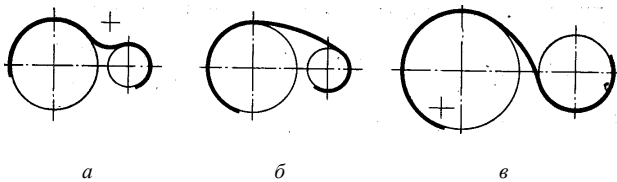


Рис. 37. Сопряжение окружностей: а – внешнее сопряжение; б – внутреннее сопряжение; в – смешанное сопряжение

При построении внешнего сопряжения двух окружностей заданным радиусом  $R$  необходимо найти центр сопряжения. Этот центр (точка  $O$ ) определяется как точка пересечения двух дуг радиусов  $R_3 = R_1 + R$  и

$R_4 = R_2 + R$  (рис. 38, а). Далее находят точки сопряжения ( $C_1, C_2$ ) как точки пересечения линии, попеременно соединяющей точки  $O$  и  $O_1$ , а также  $O$  и  $O_2$  с самими окружностями. Аналогично строят внутреннее сопряжение, но центр сопряжения определяет точка пересечения дуг, радиусы которых равны не сумме, а разности радиуса сопрягаемой окружности и радиуса сопряжения (рис. 38, б).

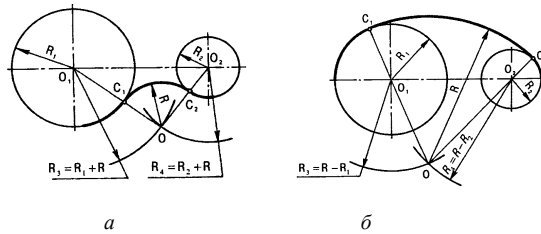


Рис. 38. Построение сопряжений заданным радиусом:  
а – внешнего; б – внутреннего

Так же строится смешанное сопряжение двух окружностей или дуг (рис. 39, а, б), определяя центр и точки сопряжения, а затем сопрягающую дугу заданного радиуса. Центр сопряжения в этом случае определяется точкой пересечения дуг: радиус первой из них равен сумме радиуса окружности и сопрягающего радиуса, радиус второй дуги равен разности между радиусом второй заданной окружности и сопрягающим радиусом.

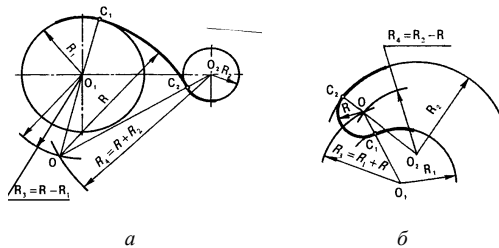


Рис. 39. Построение смешанного сопряжения:  
а – двух окружностей; б – двух дуг

Сопряжение дуги окружности и прямой линии (рис. 40) также сводится к нахождению центра сопряжения (точки  $O$ ) и точек сопряжений

( $C$  и  $C_1$ ). Центр  $O$  определяется как точка пересечения дуги радиуса  $R_2 = R_1 + R$  и прямой, параллельной заданной линии и отстоящей от нее на расстоянии  $R$ . Построение точек сопряжения ясно из приведенного рисунка.

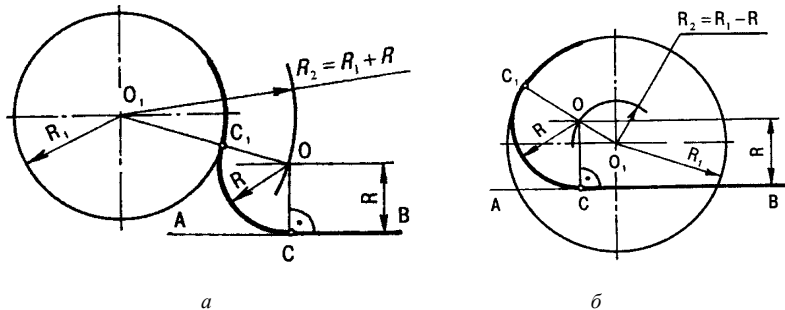


Рис. 40. Построение сопряжений прямой и окружности:  
*a* – внешнего; *б* – внутреннего

Варианты сопряжений двух прямых линий, иначе называемых скруглениями, представлены на рис. 41, *a*, *б*, *в*. Как и в предыдущих сопряжениях, отыскиваются центр и точки сопряжения, после чего проводится сопрягающая дуга. Центр в данном случае определяется пересечением двух прямых, проведенных параллельно сопрягаемым прямым, отстоящим от них на расстоянии  $R$ . Точки сопряжения определяются по пересечению перпендикуляра из точки  $O$  к сопрягаемой прямой.

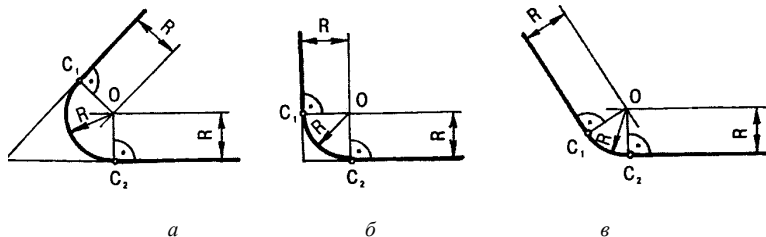


Рис. 41. Скругление угла двух прямых: *a* – острый угол;  
*б* – прямой угол; *в* – тупой угол

## Вопросы для самоконтроля

1. Какие линии применяются для простановки размеров?
2. Чем ограничивают размерные линии?
3. Где должны располагаться размерные линии?
4. На каком расстоянии от линии контура можно наносить размерную линию?
5. Какой номер чертежного шрифта используется для написания размерных чисел?
6. В каких единицах указывают линейные размеры на чертежах?
7. Сколько раз допускается указывать размер одного и того же элемента?
8. Какие размеры называют габаритными?
9. Что понимают под номинальными размерами?
10. Чем отличается от других размеров простановка размера радиуса и диаметра?
11. В каких случаях на дуге окружности проставляют радиус, а в каких диаметр?
12. Что означает знак квадрата около размерного числа?
13. Какую информацию содержит размер фаски?
14. Что такое уклон линии, как он определяется?
15. Как проставляется на чертеже уклон линии?
16. Что такое конусность, как находится ее численное значение?
17. Как проставляется конусность на чертеже?
18. Перечислите действия, которые нужно выполнить для построения перпендикуляра к прямой в заданной точке.
19. Перечислите действия для деления отрезка на заданное число равных частей.
20. Как определить центр ранее проведенной дуги окружности?
21. Что такое расчетный способ деления окружности на одинаковое число частей?
22. Перечислите последовательность действий для деления окружности графическим способом на три или шесть равных частей.
23. Что такое сопряжение линий? Какие бывают сопряжения?
24. Какие действия нужно выполнить, чтобы найти центр внешнего сопряжения двух окружностей?
25. Чем отличаются подобные действия при построении центра при внутреннем сопряжении?
26. Как строится сопряжение дуги окружности и прямой линии?
27. Как выполняется скругление двух отрезков заданным радиусом? Как находят центр и точки сопряжения?

## 2. ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ. ОТОБРАЖЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФОРМ НА ЧЕРТЕЖЕ

В основу построения изображений изделий в инженерной графике положен метод прямоугольного (ортогонального) проецирования. При рассмотрении примеров проецирования, объект проецирования будем именовать предметом, понимая под ним объект достаточно простых геометрических форм, состоящий из одного и того же материала (металла, пластмассы, дерева и т. п.). Объект проецирования располагают между наблюдателем и плоскостью проекций, как показано на рис. 42. Предмет проецируют на одну, две или большее количество плоскостей. Изображение, полученное на фронтальной плоскости проекций, считается главным. Предмет нужно располагать так, чтобы главное изображение давало наиболее полное и характерное представление о его форме и размерах. Примеры разного расположения предмета в выбранной системе плоскостей проекций показаны ниже (рис. 42, *а*, *б*).

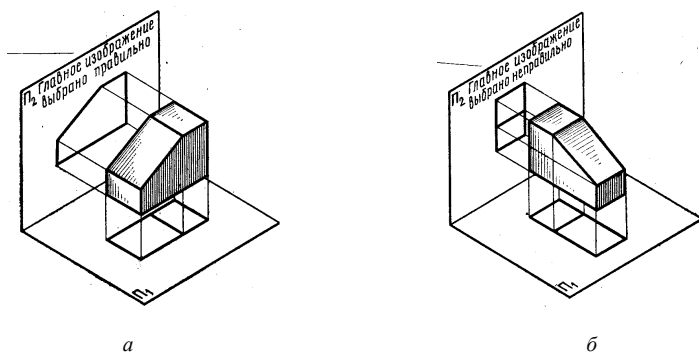


Рис. 42. Возможные положения для отображения форм предмета:  
*а* – рациональное положение; *б* – нерациональное положение

На рис. 42, *б* предмет расположен таким образом, что на главном изображении не создается представление о форме скоса на предмете, т. е. изображения на двух имеющихся плоскостях проекций не дают полного представления о предмете. Это означает, что такой выбор ориентации предмета неправилен.

Общее количество изображений предмета должно быть наименьшим, но достаточным для определения его формы, размеров и других



необходимых сведений об этом предмете. При выполнении чертежей применяется ряд условностей, таких как совмещение плоскостей сечений и развертка поверхности (п. 2.1.2 и 2.1.3), округление коэффициентов искажений размеров (п. 2.2.1 и 2.2.2) и т. д.

## 2.1. Построение и варианты ортогональных изображений

Чертеж любого предмета содержит графические изображения видимых непосредственно и скрытых участков поверхности этого предмета. Изображения являются ортогональными проекциями поверхности на основные плоскости проекций. Изображения на чертеже в зависимости от их содержания подразделяют на виды, разрезы и сечения.

### 2.1.1. Виды

Отображение фрагментов поверхностей предмета выполняется на выбранной основной плоскости проекций. Изображаемый предмет считается расположенным между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций. Система таких плоскостей проекций представляет собой грани пустотелого куба, причем изображаемый предмет помещается внутри этого куба и проецируется попеременно на каждую его грань (рис. 43).

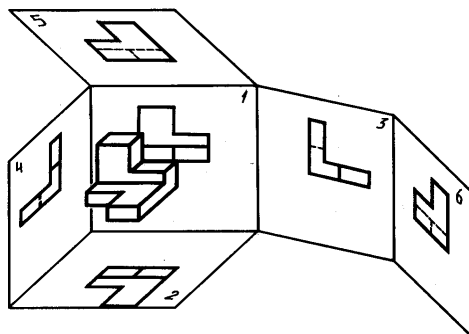


Рис. 43. Проецирование предмета на 6 граней (плоскостей) куба

Грани этого куба, на которые спроецированы изображения предмета, называемые видами, разворачиваются до совмещения с единой плоскостью, проходящей, например, через первую грань (рис. 44). Ви-

дом называется изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета.

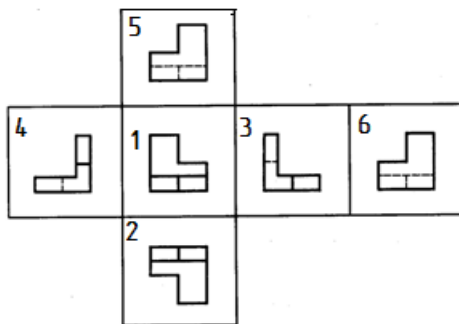


Рис. 44. Основные виды

Изображение на задней грани *1* куба называют видом спереди. Еще этот вид называют главным. Главный вид должен наиболее полно и характерно представлять форму предмета. На нижней грани *2* куба располагают вид сверху, а на правой боковой грани *3* – вид слева. Изображение на противоположной левой грани *4* называется видом справа. На оставшихся двух гранях: верхней *5* и передней *6* изображают вид снизу и вид сзади. Перечисленные виды называют основными и размещают на чертеже в определенном порядке, так как на рис. 44. Все перечисленные виды располагаются, как правило, в проекционной связи друг с другом. Чертеж предмета, представленный несколькими видами этого предмета, называют проекционным чертежом. При таком расположении никаких обозначений или дополнительных названий видам не дают. Если же виды расположены не в проекционной связи либо отделены от главного вида другими изображениями, то они должны иметь соответствующее обозначение (по стандарту).

В большинстве случаев для отображения и представления геометрических форм предмета вполне достаточно трех видов: спереди, сверху и слева (рис. 45). Эти виды соответствуют трем прямоугольным проекциям предмета на основные плоскости проекций: фронтальную, горизонтальную и профильную.

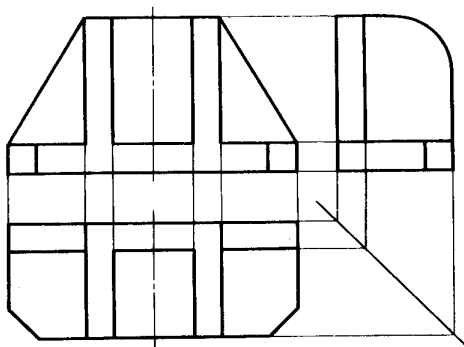


Рис. 45. Пример проекционного чертежа (3 вида)

Изображение же на видах не только видимых, но и невидимых очертаний элементов предмета позволяет уточнить его формы и сократить количество видов (рис. 46).

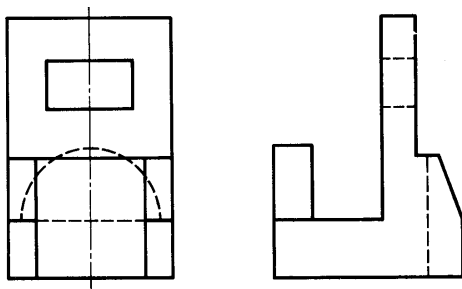


Рис. 46. Пример проекционного чертежа (2 вида)

Если же требуется присутствие дополнительного вида предмета, либо какой-нибудь основной вид располагается не на своем месте, т. е. нарушена проекционная связь, необходимо обозначение этого вида. Обозначение вида выполняется с указанием направления взгляда (стрелкой) и простановкой прописной буквы русского алфавита (кириллицы). Эта же буква ставится над изображением, т. е. над видом (рис. 47). Буквы выполняют номером шрифта, большим, чем размерные цифры. Стрелка выполняется размерами, указанными на рис. 48.

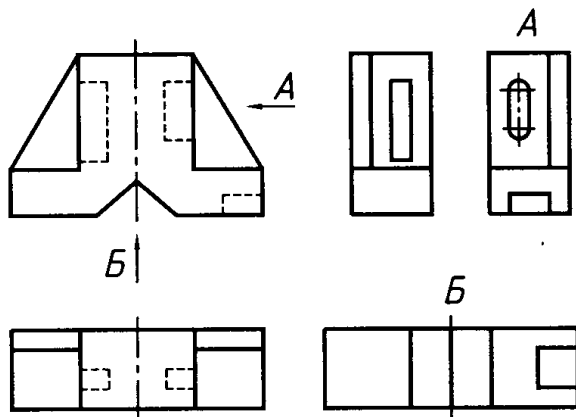


Рис. 47. Обозначение и отображение видов:  
*A* – вид справа; *B* – вид снизу

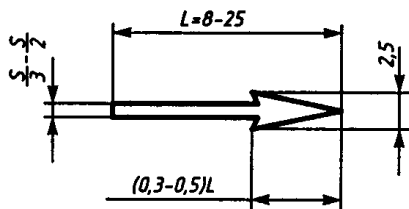


Рис. 48. Размеры стрелки ( $S = 0,5 \dots 1,4$  мм)

Помимо основных видов применяют виды дополнительные, т. е. виды, полученные проецированием на плоскости проекций, непараллельные основным плоскостям. Применение дополнительной плоскости проекций вызывается тем, что изображение предмета на основной плоскости искажается. Такие виды, как правило, обозначают по нижеуказанному способу (рис. 49, *a*). Однако если изображение дополнительного вида расположено в проекционной связи с основным видом, то обозначение не выполняется (рис. 49, *б*). Изображение вида можно поворачивать, сопровождая обозначение специальным знаком поворота (рис. 49, *в*).

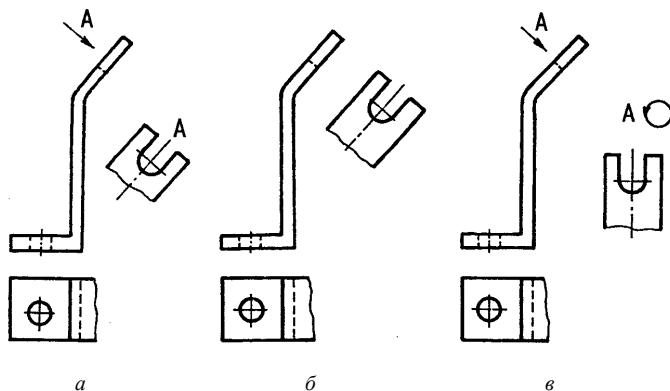


Рис. 49. Применение дополнительного вида:  
*a* – обозначение дополнительного вида;  
*б* – изображение вида без обозначения;  
*в* – повернутое изображение обозначенного дополнительного вида

Форма и размеры знаков поворота и разворота приводятся на рис. 50.

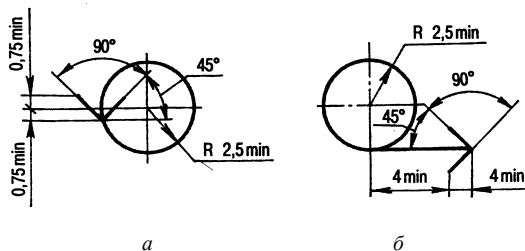


Рис. 50. Знаки поворота и разворота изображений:  
*a* – повернуто; *б* – развернуто

Иногда достаточно показать сравнительно небольшой участок поверхности предмета. Изображение ограниченного места такой поверхности называется местным видом (рис. 51). Он может быть ограничен тонкой волнистой линией – линией обрыва. Применяется вычерчивание местных видов и без линии обрыва. Обозначение местного вида выполняется так же, как и для дополнительного вида, например вид *Б* на рис. 51. При условии проекционной связи местного вида с основ-

ным (левая часть вида сверху, ограниченная линией обрыва) обозначения не требуется.

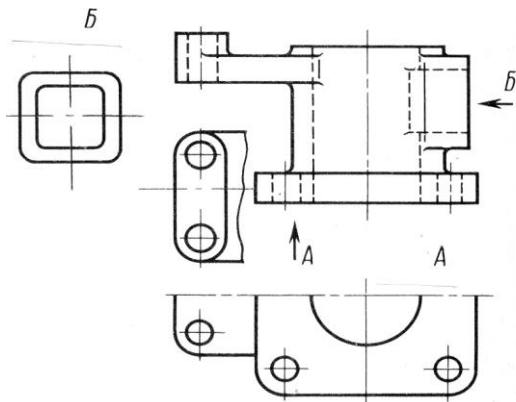


Рис. 51. Примеры основных и местных видов:

*A* – половина вида снизу;

*B* – местный вид правой части детали

### 2.1.2. Разрезы

Разрез – это изображение предмета, рассеченного воображаемой плоскостью, в большинстве случаев параллельной основной плоскости проекций (рис. 52). На разрезе показывают формы предмета, попадающие в плоскость, пересекающую предмет, а также ту часть предмета, которая видна дальше, т. е. за секущей плоскостью. Виртуальное (мысленное) рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменение других изображений предмета. Положение секущей плоскости должно иметь конкретное место на рассеченном предмете (детали). В связи с этим положение секущей плоскости определяется ее обозначением или плоскостью симметрии детали, если геометрическая форма предполагает наличие этой плоскости.

Разрезы подразделяются на вертикальные, горизонтальные и наклонные. Вертикальные разрезы получаются, если секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (рис. 52), а горизонтальные, если секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (рис. 53).

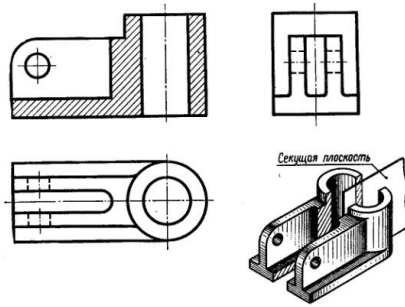


Рис. 52. Изображение вертикального разреза

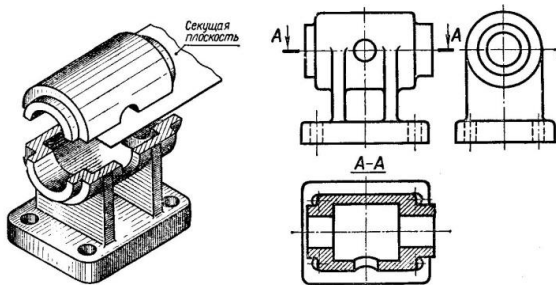


Рис. 53. Изображение горизонтального разреза

Наклонные разрезы образуются, если секущая плоскость наклонена к горизонтальной плоскости под острым или тупым углом (рис. 54). Наклон секущей плоскости может быть обусловлен конструктивными особенностями форм изображаемого предмета. Изображение наклонного разреза вычерчивается в проекционной связи с основным изображением или сопровождается знаком поворота (рис. 54, Б-Б).

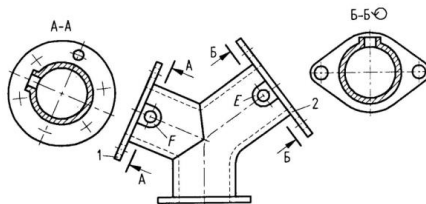


Рис. 54. Наклонные разрезы: А-А; Б-Б

Разрезы, в зависимости от числа секущих плоскостей, участвующих в их образовании, подразделяются на простые и сложные. Простой разрез образуется при рассечении предмета только одной секущей плоскостью (рис. 52–54) либо двумя взаимоперпендикулярными плоскостями (рис. 55), проходящими по направлению плоскостей симметрии предмета (детали). Аналогичный прием применяется для построения разреза в аксонометрии, рис. 55, б.

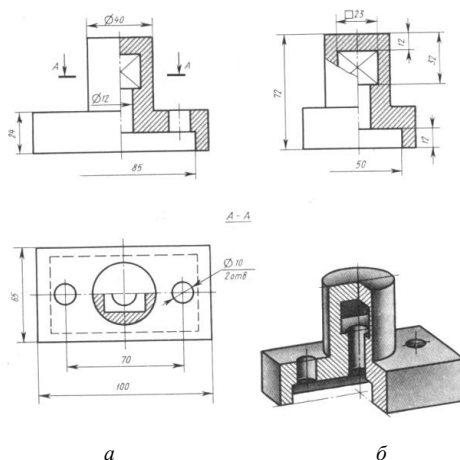


Рис. 55. Простые разрезы:

*a* – ортогональные изображения; *б* – аксонометрическое изображение

Простые разрезы в большинстве случаев не требуют никаких обозначений. Примеры таких случаев видны на рис. 52 и 55 (вертикальные разрезы). Чтобы не проставлять обозначения для разрезов, нужно наличие ряда условий. Во-первых, разрез должен являться простым. Во-вторых, разрез должен проходить по плоскости симметрии предмета. В-третьих, изображение разреза должно выполняться на месте одного из основных видов, т. е. находиться в проекционной связи с другими изображениями. В-четвертых, между двумя изображениями (разреза и вида) не должно быть никаких посторонних изображений. При нарушении любого из этих условий разрез должен обозначаться. Так, например, на рис. 55 фронтальный и профильный разрезы не требуют обозначений, а горизонтальный должен обозначаться, чтобы конкретизировать положение секущей плоскости. Обозначение разреза состоит в следующем: во-первых, указывается с помощью разомкну-



той линии положение секущей плоскости; во-вторых, наносят две стрелки, упирающиеся в разомкнутую линию, указывающие направление взгляда и рядом с ними пишут прописную букву кириллицы; в-третьих, над изображением разреза надписывают через тире эти же две буквы кириллицы (см. рис. 54, 55). Если обозначается несколько изображений (видов, разрезов), то буквы указываются в алфавитном порядке.

Сложным разрезом называется разрез, формирующийся при рассечении предмета несколькими плоскостями. Если секущие плоскости, участвующие в изображении рассекаемых участков предмета, параллельны друг другу, то сложный разрез именуют ступенчатым (рис. 56).

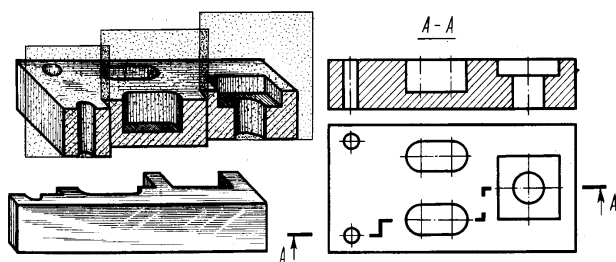


Рис. 56. Ступенчатый разрез

Если секущие плоскости пересекаются между собой под некоторым углом (как правило, тупым), то сложный разрез называют ломанным (рис. 57).

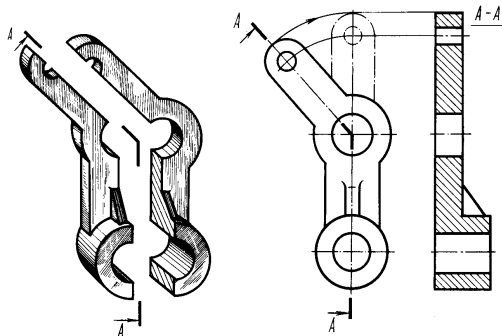


Рис. 57. Ломанный разрез

Сложные разрезы всегда обозначают. Обозначения выполняют так, как было показано выше. Начальный и конечный штрихи разомкнутой линии не должны пересекать контур соответствующего изображения, указываются также места перегиба секущих плоскостей. К этим штрихам проставляют стрелки на расстоянии 2...3 мм от внешнего конца штриха. Стрелки указывают направление взгляда на разрез. У начала и конца линии сечения (с внешней стороны стрелки) надписывают одну и ту же прописную букву кириллицы, а над выполненным разрезом пишут ту же букву дважды через тире.

Изображение сложного разреза имеет некоторые особенности. Так, у ступенчатого разреза все параллельные плоскости совмещаются в одну плоскость. Линии перегиба плоскостей на изображении разреза не проводят (см. рис. 56). Точно так же не указывают линии перегиба на изображении и для ломаных разрезов. Участок секущей плоскости, который не параллелен основной плоскости проекций, поворачивают до вертикального или горизонтального положения, чтобы элементы, находящиеся в секущей плоскости, не исказились (см. рис. 57). Таким образом, длина или высота изображения разреза несколько увеличивается.

Существует и применяется еще один вариант разреза, когда он выполняется в отдельном, ограниченном месте предмета (детали). Такой разрез называется местным. Этот разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией, которая не должна совпадать с какими-либо другими линиями изображения. Пример такого разреза показан на рис. 58.

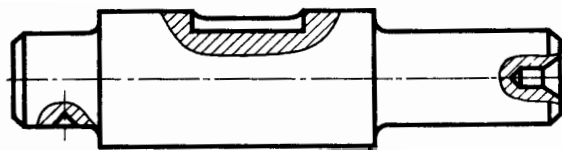


Рис. 58. Местные разрезы

Если разрез выполнен на месте одного из видов, то допускается совмещать части вида и разреза. Границей между этими частями служит сплошная волнистая (линия 1) (рис. 59 а, б) или сплошная тонкая с изломами линия (рис 59, в). На симметричных изображениях – это штрихпунктирная тонкая линия, т. е. ось симметрии (рис. 59 з, д).

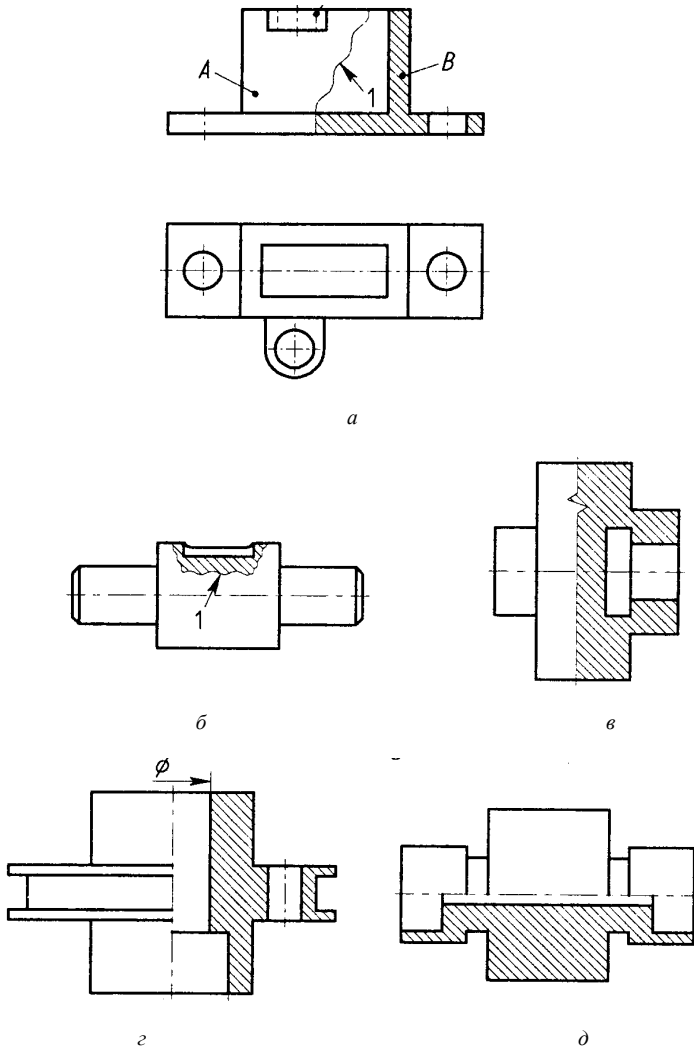


Рис. 59. Примеры совмещения вида и разреза на одном изображении:  
*a* – два вида корпусной детали: *A* – вид, *B* – разрез, *1* – волнистая линия;  
*б* – вид с местным разрезом: *1* – волнистая линия;  
*в* – вид с половинным разрезом (линия разграничения – сплошная с изломами);  
*г* – вертикальный половинный разрез (линия разграничения – штрихпунктирная);  
*д* – горизонтальный половинный разрез (линия разграничения – штрихпунктирная)

### 2.1.3. Сечения

Сечение – это изображение фигуры, получающееся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывают только тот контур, который получается непосредственно в секущей плоскости (рис. 60). Сечение менее информативное изображение в сравнении с разрезом, однако его построение осуществляется быстрее и проще. Применение сечений сокращает объем графической работы при выполнении чертежей.

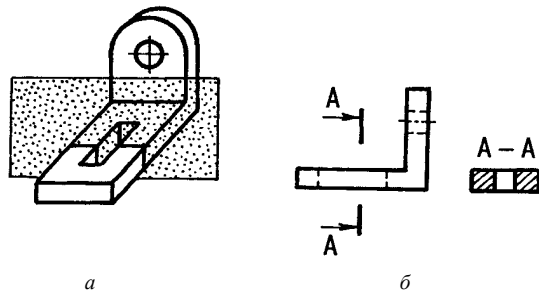


Рис. 60. Сечение предмета плоскостью:  
*a* – наглядное изображение; *б* – ортогональное изображение

В качестве секущей плоскости для сечений, как и для разрезов, допускается использовать цилиндрическую поверхность, развертываемую потом в плоскость. Обозначение такого сечения сопровождается соответствующим знаком (см. рис. 50), что означает «развернуто» (рис. 61).

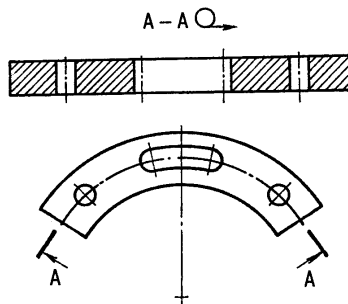


Рис. 61. Сечение предмета цилиндрической поверхностью

Выполняемые на чертежах сечения подразделяются на вынесенные и наложенные. Вынесенные сечения изображаются на свободном поле чертежа или в разрыве между частями одного и того же вида (рис. 62).

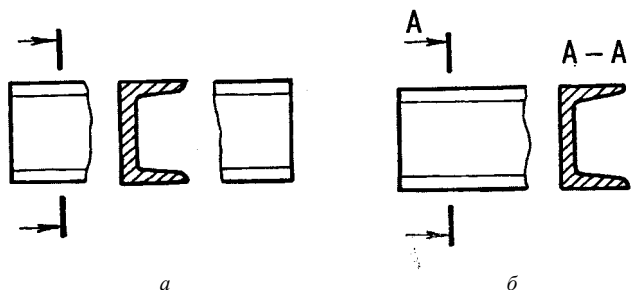


Рис. 62. Варианты изображений вынесенных сечений:

- a* – изображение сечения в разрыве вида;
- б* – изображение сечения на свободном поле

Наложенные сечения располагают на соответствующем изображении предмета (рис. 63).

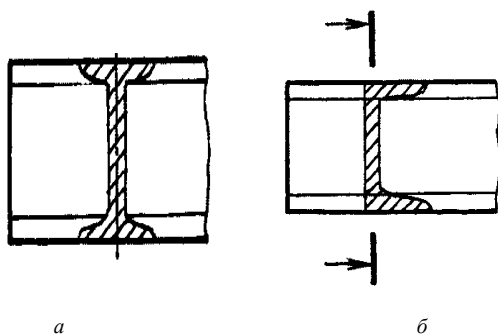


Рис. 63. Изображение наложенных сечений (*a, б*)

Контур вынесенного сечения вычерчивают сплошной основной линией (рис. 60–62), контур наложенного – сплошной тонкой линией (рис. 63, *a, б*). Предпочтительнее использовать вынесенные сечения.

Секущая плоскость для сечения выбирается так, чтобы получались перпендикулярные к продольной оси предмета, т. е. «нормальные»

поперечные сечения. Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей углубление (отверстие), то углубление либо отверстие в сечении изображают замкнутым контуром, т. е. показывают и ту часть линии, которая расположена за секущей плоскостью (рис. 64). Это требование выполнено и на рис. 60, 61.

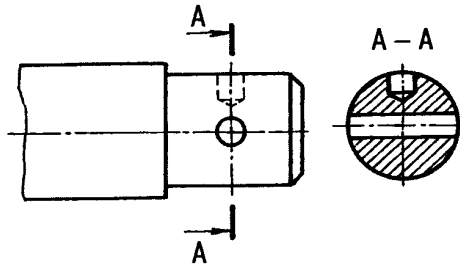


Рис. 64. Вычерчивание отверстий в сечении

Обозначаются и надписываются сечения так же, как и разрезы, с помощью разомкнутой линии, стрелок и прописных букв алфавита. Только для несимметричных сечений, расположенных в разрыве (см. рис. 62, *a*) или наложенных (см. рис. 63, *a*), линию сечения проводят со стрелками, а буквами не обозначают. Для нескольких одинаковых сечений, относящихся к одному предмету, линии сечений обозначают одинаковыми буквами и вычерчивают одно сечение (рис. 65).

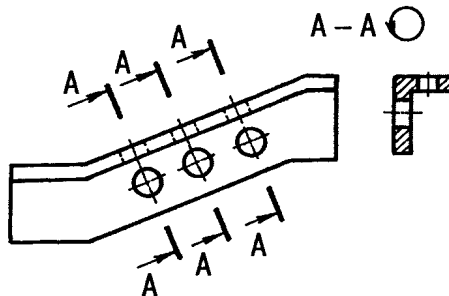


Рис. 65. Изображение и обозначение одноптипных сечений

Более подробные сведения о применении разрезов и сечений можно получить из учебной литературы [1, 3, 4, 10].

## 2.1.4. Выносные элементы

Выносной элемент – это изображение какой-либо части предмета, как правило, в более крупном масштабе, содержащее подробности, не указанные на основном изображении. Выносной элемент может отличаться от основного изображения по содержанию, например, главное изображение может быть видом, а выносной элемент разрезом.

При выполнении выносного элемента на основном изображении его обводят замкнутой тонкой линией (окружностью, овалом). На полке линии-выноски, проведенной от этого контура, наносят соответствующую прописную букву русского алфавита (рис. 66).

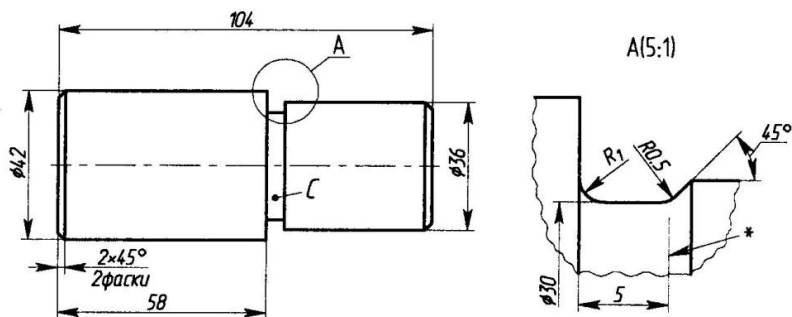


Рис. 66. Форма и размеры проточки детали: C – проточка

Изображение выносного элемента напоминает местный вид и ограничивается волнистой линией. Над изображением выносного элемента надписывают выбранную букву алфавита. Если выносной элемент выполняется в более крупном масштабе, то в скобках указывают масштаб. На изображении проставляют дополнительные размеры, конкретизирующие форму детали. Таким образом, применение выносного элемента позволяет избежать общего увеличения масштаба всего изображения детали.

### Вопросы для самоконтроля

1. Какие изображения применяются для отображения геометрических форм изделий?

2. Что такое основной вид? Сколько насчитывается основных видов? Как они называются?
3. В каком порядке располагаются основные виды?
4. Что представляет собой дополнительный вид?
5. Какое изображение именуется местным видом? В чем отличие местного вида от дополнительного?
6. Как обозначается вид? При каких условиях не требуется обозначение вида?
7. Какими знаками может сопровождаться обозначение вида?
8. Что такое разрез? На какие варианты положений в пространстве разделяют разрезы?
9. В чем заключается различие между простыми и сложными разрезами?
10. Как выполняется обозначение разрезов? Когда такое обозначение не делается?
11. На какие варианты подразделяют сложные разрезы?
12. Какое отличие имеет ломаный разрез от разреза ступенчатого? Какая особенность должна учитываться при построении и изображении ломаного разреза?
13. Какие условности следует учитывать при вычерчивании сложных разрезов?
14. Что представляет собой местный разрез и когда целесообразно его применять?
15. Как выполняется совмещение вида и разреза? При каких условиях выполняется такое совмещение?
16. Какие типы линий применяются для разграничения вида и разреза? От чего зависит выбор типа этой линии?
17. Что такое сечение? Когда целесообразно применение сечений?
18. На какие варианты разделяются сечения? Какой вариант сечения является предпочтительным?
19. Как обозначают сечения? Каким знаком сопровождается обозначение сечения, выполненного цилиндрической поверхностью?
20. Чем отличаются вынесенные и наложенные сечения?
21. Какая особенность для отображения сечения должна учитываться, если секущая плоскость проходит по оси отверстия? Как поступают при отображении нескольких одинаковых сечений?
22. Что такое выносной элемент? Когда он применяется?
23. Как следует изображать и обозначать выносной элемент?



## 2.2. Построение и основные варианты аксонометрических проекций

Аксонометрическое проецирование означает, что изображаемый предмет вместе с осями прямоугольных координат, к которым отнесена эта система в пространстве, проецируется параллельными лучами на некоторую плоскость (рис. 67). Такую плоскость проекций называют аксонометрической, или картинной. Аксонометрические проекции используются, главным образом, в дополнение к прямоугольным проекциям для лучшего представления о формах предметов на трудночитаемых чертежах.

Размеры предмета при аксонометрическом проецировании искажаются. Величина искажения определяется коэффициентом искажения. Это число, учитывающее изменение линейного размера по одной из осей в ортогональной проекции при проецировании его на картинную плоскость.

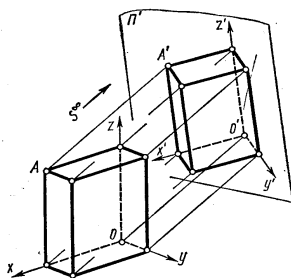


Рис. 67. Аксонометрическое проецирование

Аксонометрические проекции называют прямоугольными, если проецирующие лучи направлены под прямым углом к аксонометрической плоскости, и косоугольными, если лучи направлены к вышеупомянутой плоскости под острым или тупым углом. В чертежах всех отраслей промышленности и строительства ГОСТ 2.317–69 устанавливает несколько видов аксонометрических проекций.

Проецирующие лучи могут располагаться не только параллельно друг другу, но и исходить из центральной точки. Изображение, полученное на плоскости при помощи таких лучей, называют перспективным. Перспектива, выполненная от руки в глазомерном масштабе, называется рисунком, а аксонометрическая проекция, выполненная аналогично, – техническим рисунком.

### 2.2.1. Прямоугольная изометрическая проекция (изометрия)

В изометрии аксонометрическая плоскость наклонена ко всем трем координатным осям под углом  $120^\circ$  (рис. 68, *a*).

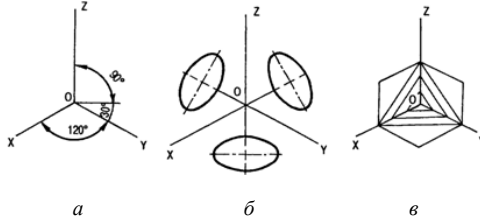


Рис. 68. Аксонометрические оси, эллипсы и направление штриховки:

- a* – значения углов между осями в изометрии;
- б* – проекции окружности на плоскостях:  $XOY$ ,  $XOZ$ ,  $YOZ$ ;
- в* – линии штриховки на трех разных плоскостях проекций

Коэффициент искажения размеров по осям  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  равен 0,82. Для упрощения подсчетов этот коэффициент принимают равным 1,0. Изображение предмета при этом незначительно увеличивается (в 1,22 раза). Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рис. 68, *б*). Большая ось эллипсов равна 1,22, а малая ось – 0,71 диаметра окружности.

Величину осей можно получить графическим способом (рис. 69). Хорда  $AD$ , стягивающая  $\frac{1}{4}$  часть окружности, равна  $0,71d$ , т. е. представляет малую ось эллипса. Расстояние между точками  $E$  и  $F$  (пересечение двух дуг окружностей, проведенных из точек  $A$  и  $D$  радиусом  $AD$ ) равно  $1,22d$ . Оно представляет собой большую ось эллипса.

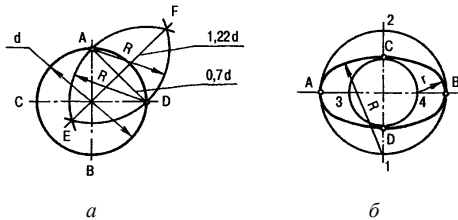


Рис. 69. Пример построения эллипса для изометрии:  
*a* – определение длин осей эллипса; *б* – построение овала по длине осей на горизонтальной плоскости проекций

Малая ось строящегося эллипса располагается параллельно отсутствующей в данной плоскости проекций аксонометрической оси. Большая ось эллипса перпендикулярна малой оси. Это значит, что большие оси эллипсов в изометрии расположены под углом  $90^\circ$  к отсутствующим на данной плоскости аксонометрическим осям. Например, для плоскости  $XOY$  большая ось располагается перпендикулярно оси  $Z$ , для плоскости  $XOZ$  – оси  $Y$ , для плоскости  $ZOY$  – оси  $X$  (рис. 68, б).

При построении аксонометрических проекций эллипсы можно заменять овалами, которые строятся с помощью циркуля, т. е. дугами окружностей. Радиус  $R$  большой дуги окружности равен сумме двух полуосей (малой и большой) эллипса, радиус  $r$  малой дуги – разности большой и малой полуосей эллипса (рис. 69, б).

Пример прямоугольной изометрии приведен на рис. 70.

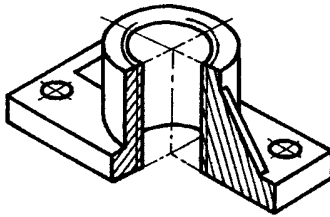


Рис. 70. Прямоугольная изометрия корпусной детали

### 2.2.2. Прямоугольная диметрическая проекция (диметрия)

Для этого варианта аксонометрии аксонометрическая ось  $Z$  располагается вертикально, ось  $X$  – под углом  $7^\circ 10'$ , а ось  $Y$  – под углом  $41^\circ 25'$  от горизонтали, проведенной через центр осей (рис. 71, а). Изображение предмета здесь искажается более других, особенно на профильной плоскости проекций.

Коэффициент искажения по оси  $Y$  равен 0,47, по осям  $X$  и  $Z$  – 0,94. Для упрощения расчетов используют округленные, так называемые приведенные коэффициенты. По осям  $X$  и  $Z$  применяют коэффициент равный 1,0, по оси  $Y$  – 0,5. В таком случае окружность, изображаемая для этой аксонометрии, превращается в эллипс, большая ось которого будет равна 1,06 ее диаметра. Малая ось будет иметь разные величины: для плоскости  $XOZ$  –  $0,95d$ , для плоскостей  $XOY$  и  $YOZ$  –  $0,35d$ . Расположение эллипсов на разных плоскостях проекций показано на рис. 71, б. Большая ось эллипса, строящегося в данной плоскости про-

екций, расположена под углом  $90^\circ$  к той оси проекций, которая в этой плоскости отсутствует. Так, в плоскости  $XOZ$  – это ось  $y$ , в плоскости  $XOY$  – ось  $z$ , в плоскости  $YOZ$  – ось  $x$ . Малые оси эллипсов перпендикулярны соответствующим большим осям эллипсов.

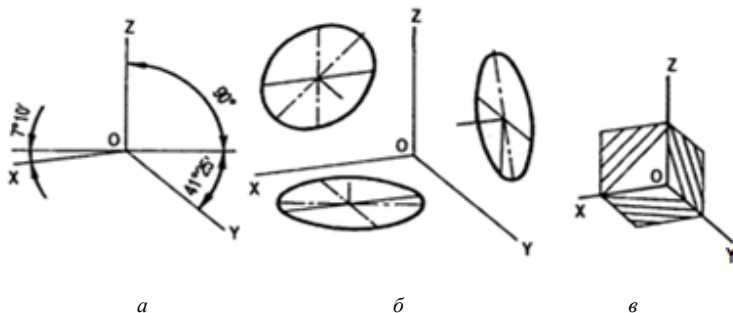


Рис. 71. Аксонометрические оси, эллипсы и направление штриховки:  
*a* – значения углов между осями в прямоугольной диметрии;  
*б* – проецирование окружности на три плоскости проекций;  
*в* – линии штриховки на трех разных плоскостях проекций

Эллипсы для прямоугольной диметрии, также как и для прямоугольной изометрии, можно заменить овалами. Изображения овалов для плоскости  $XOZ$  и для плоскостей  $XOY$  и  $YOZ$  показаны на рис. 72, *a*, *б*. Построение овалов понятно из чертежа.

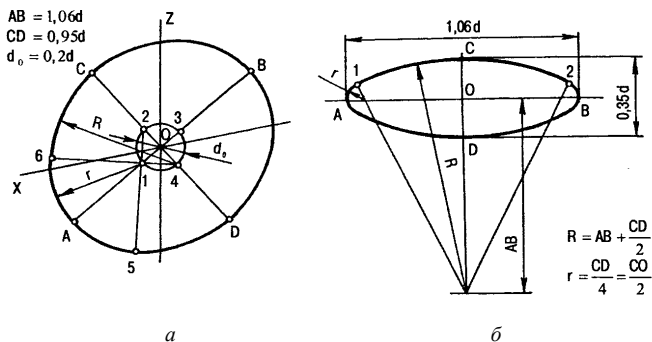


Рис. 72. Пример построения эллипса для прямоугольной диметрии:  
*a* – построение эллипса (овала) для плоскости  $XOZ$ ;  
*б* – построение эллипса (овала) для плоскостей  $XOY$  и  $YOZ$

Для построения углов между аксонометрическими осями в прямоугольной диметрии можно воспользоваться графическим способом. Для этого строят два прямоугольных треугольника, имеющих общий горизонтальный катет. Длина этого катета должна содержать восемь единичных отрезков. Высота другого катета для верхнего треугольника должна составить семь единичных отрезков, а для нижнего треугольника высота аналогичного катета – один отрезок. Гипотенузы этих двух треугольников и будут наклонены к горизонтали под нужными углами (рис. 73).

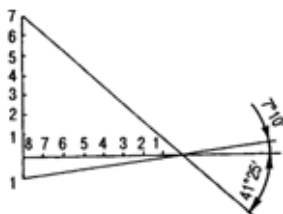


Рис. 73. Графический способ построения углов наклона осей

На рис. 74 приведен пример прямоугольной диметрической проекции корпусной детали с частичным вырезом.

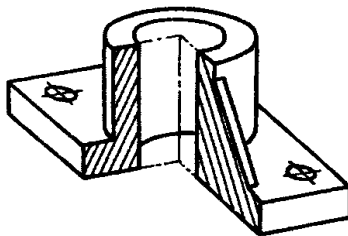


Рис. 74. Прямоугольная диметрия детали

### 2.2.3. Косоугольная фронтальная диметрическая проекция

Для этой аксонометрической проекции ось  $Z$  направлена вертикально, ось  $X$  – горизонтально, ось  $Y$  – под углом  $45^\circ$  к горизонтали (рис. 75, *a*). Допускается наклон оси  $Y$  под углом  $30^\circ$  и  $60^\circ$ .

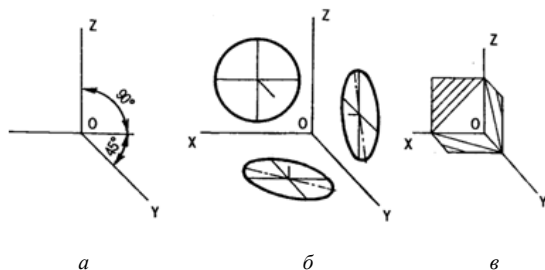


Рис. 75. Аксонометрические оси, эллипсы, направление штриховки:  
*a* – углы между осями; *б* – проекции окружности на плоскостях проекций;  
*в* – линии штриховки на трех плоскостях проекций

Изображения выполняются без искажения размеров по осям *X* и *Z* и с коэффициентом искажения равным 0,5 по оси *Y*.

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в окружности. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных и горизонтальной и профильной плоскостям проекций, проецируются в эллипсы (рис. 75, *б*).

Большие оси эллипсов равны 1,07, а малые – 0,33 диаметра окружности. Большая ось эллипса в плоскости *XOY* составляет с осью *X* угол  $7^{\circ} 14'$ . Такой же угол составляет большая ось эллипса, расположенного в плоскости *ZOY* с осью *Z*. Малые оси эллипсов здесь также расположены под углом  $90^{\circ}$  к большим осям эллипсов.

Пример изображения предмета, построенного в косоугольной фронтальной диметрической проекции, приведен на рис. 76.

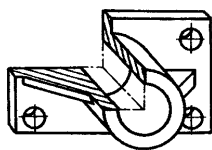


Рис. 76. Аксонометрия корпусной детали

Построение такой аксонометрии выгодно при наличии сравнительно большого количества цилиндрических или конических форм. Для подобной аксонометрии основания цилиндра или конуса изображают окружностью без какого-либо искажения, как и показано на рис. 76.

## Вопросы для самоконтроля

1. В чем сущность аксонометрического проецирования?
2. Какие виды аксонометрических проекций приняты за основные?
3. Какие аксонометрические проекции относят к прямоугольным, а какие к косоугольным?
4. Что такое коэффициент искажения? Чем отличается приведенный коэффициент искажения?
5. Как располагаются аксонометрические оси, и какие коэффициенты искажения по осям в прямоугольной изометрии?
6. Как располагаются аксонометрические оси, и какие коэффициенты искажения по осям в прямоугольной диметрии?
7. Под какими углами друг к другу строят оси в косоугольной фронтальной диметрии, какие коэффициенты искажений применяют?
8. Какие графические способы позволяют построить аксонометрические оси для прямоугольной изометрии и прямоугольной диметрии?
9. Перечислите последовательность действий для построения аксонометрии точки?
10. В какую фигуру превращается окружность в аксонометрии?
11. Как располагается эллипс в прямоугольной изометрии? Назовите размеры осей этого эллипса?
12. Как ориентируется эллипс на плоскостях проекций, когда он строится в прямоугольной диметрии? Как вычисляют размеры осей эллипсов?
13. Какой фигурой можно заменить эллипс при построении проекции окружности в прямоугольной изометрии? Опишите процесс геометрического построения.
14. Опишите процесс геометрического построения овала для прямоугольной диметрии.
15. Какое преимущество перед другими изображениями имеет фронтальная диметрическая проекция?
16. Для чего применяют разрезы предметов в аксонометрии? Как располагают секущие плоскости?
17. Как определяется угол наклона штриховки при разрезах предметов в аксонометрии?
18. Что представляет собой технический рисунок предмета?
19. Как следует при необходимости наносить размерные и выносные линии на аксонометрических проекциях?

### 3. МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

#### 3.1. Точность и качество детали. Допуски и посадки

Эксплуатационные показатели любой машины зависят от качества изготовления входящих в нее деталей и их сопряжений. Качество, в свою очередь, в значительной степени определяется геометрической точностью размеров деталей, формы и расположения поверхностей, а также параметрами их шероховатости. Для условий серийного и массового производства необходимо, чтобы одноименные детали были изготовлены в некотором приемлемом диапазоне геометрических параметров, так как абсолютная точность на практике недостижима. Избыточные требования к повышению геометрической точности деталей ведут к ее удорожанию, а занижение этой точности делает изделие нерботоспособным.

Форма любой детали ограничивается поверхностями различной конфигурации. Поверхности бывают плоские, цилиндрические, конические, сферические и др. Все они также подразделяются на свободные, привалочные и сопрягаемые. Такие поверхности позволяют собирать детали в узлы, а узлы в механизмы и машины.

Свободные – это конструктивно необходимые поверхности, не соединяющиеся с поверхностями других деталей. Требования в отношении точности изготовления размеров и качества наименьшие, т. е. поверхность кроме первичной обработки не подлежит никакой дополнительной.

Привалочными называют поверхности, соприкасающиеся с поверхностями других деталей, но не являющиеся охватывающими или охватываемыми. Требования к точности изготовления форм, размеров и шероховатости этих поверхностей более высокие, чем для свободных. Общие привалочные поверхности двух деталей контактируют друг с другом, но не имеют одинаковых номинальных размеров.

Сопрягаемые поверхности – это поверхности, имеющие одинаковый и по форме и по размерам профиль. Они могут быть или охватываемыми, или охватывающими. К ним предъявляются повышенные требования в отношении точности изготовления размеров и шероховатости. Общие соприкасающиеся поверхности двух деталей имеют один номинальный (расчетный) размер. На рис. 77 показаны примеры вышеперечисленных поверхностей.



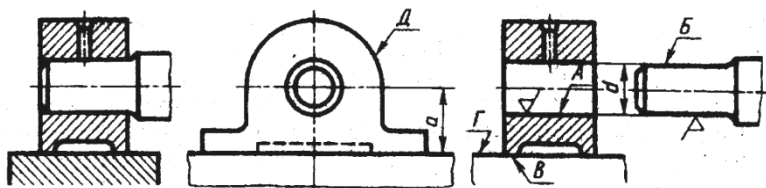


Рис. 77. Поверхности деталей: *A, B* – сопрягаемые (*d* – номинальный размер); *B, Г* – привалочные (*a* – координирующий размер); *Д* – свободная

Существующая в настоящее время система допусков и посадок обеспечивает геометрическую взаимозаменяемость деталей в условиях производства и эксплуатации. Система допусков и посадок оперирует соответствующими терминами и определениями, которые нужно знать.

Сопрягаемые охватывающие поверхности условно именуется отверстиями, а сопрягаемые охватываемые поверхности – валами (рис. 78).

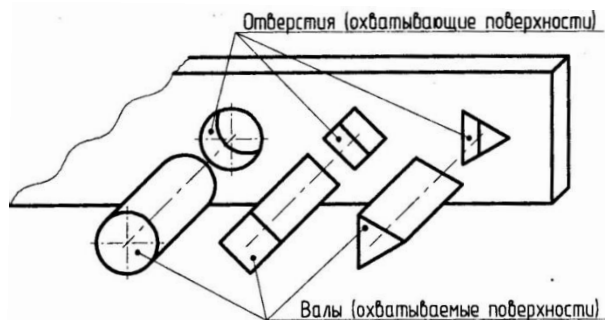


Рис. 78. Охватывающие и охватываемые поверхности

Размер условных отверстия и вала позволяет установить возможность сопряжения поверхностей. Размер – числовое значение линейной величины длины, высоты, диаметра и т. д. в выбранных единицах измерения. Различают действительный, предельный и номинальный размер.

Действительный размер – это размер элемента, установленный измерением. Предельные размеры – это два предельно допустимых размера (наибольший и наименьший), между которыми должен находиться

ся действительный размер элемента. Номинальный размер – это размер, относительно которого определяются наибольший предельный и наименьший предельный размер.

Отклонения размеров – алгебраическая разность между действительным или предельным размером и соответствующим номинальным размером. Предельное отклонение – алгебраическая разность между соответствующими предельными размерами. Различают верхнее и нижнее предельные отклонения. Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами, или алгебраическая разность между верхним и нижним предельными отклонениями, называется допуском размера.

Посадка – это вариант сопряжения вала и отверстия. Такое сопряжение может осуществляться с зазором, т. е. размер отверстия несколько больше размера вала. Сопряжение бывает с натягом, тогда размер вала чуть больше размера отверстия. Более подробно эти сведения будут излагаться и применяться в курсе учебной дисциплины «Метрология и технические измерения».

## **3.2. Размерные ряды и способы простановки размеров**

### **3.2.1. Нормальные линейные и угловые размеры**

При разработке изделий конструктор выбирает числовые значения его параметров, применяя нормальные, т. е. предпочтительные числа, согласованные с соответствующим стандартом. Линейные и угловые размеры составных частей изделий (деталей и узлов) разработчик согласовывает с ГОСТ 6.636–69 и ГОСТ 8.908–81, округляя при этом в допустимых пределах размеры, установленные предыдущими расчетами.

ГОСТ 6.636–69 устанавливает четыре ряда чисел для выбора линейных размеров в машиностроении в пределах 0,001...20000 мм, причем числа первого ряда следует предпочитать второму, второго – третьему и т. д. Ниже приводятся эти значения от 1 до 500 мм.

1-й: 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400.

2-й: 1,2; 2,0; 3,2; 5,0; 8,0; 12; 20; 32; 50; 80; 125; 200; 320; 500.

3-й: 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.

4-й: 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.

Размерные числа, определяемые обмерами деталей при выполнении учебных эскизов либо измеряемые при детализовании сборочного чертежа или чертежа общего вида, следует согласовывать с числами, указанными в стандарте.

ГОСТ 8.908–81 устанавливает три ряда нормальных (стандартных) углов и уклонов.

1-й:  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$ .

2-й:  $0^\circ 30'$ ,  $1^\circ$ ,  $2^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $4^\circ$ ,  $6^\circ$ ,  $7^\circ$ ,  $8^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $75^\circ$ .

3-й:  $0^\circ 15'$ ,  $0^\circ 45'$ ,  $1^\circ 30'$ ,  $2^\circ 30'$ ,  $9^\circ$ ,  $12^\circ$ ,  $18^\circ$ ,  $22^\circ$ ,  $25^\circ$ ,  $35^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $55^\circ$ ,  $65^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $85^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $110^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $150^\circ$ ,  $165^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ ,  $360^\circ$ .

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.

### 3.2.2. Понятия о базах в машиностроении

Проектируя какое-либо изделие, конструктор-разработчик выделяет вначале основную составную часть изделия, например, раму или станину. Он устанавливает для нее, как правило, прямоугольную систему координат, являющуюся основной для всего изделия в целом. Затем он устанавливает системы координат и для остальных составных частей изделия с размерами, координирующими их положение в основной системе. То же самое делается и для деталей, намечается «местная» система координат с размерами, определяющими их положение в сборочной единице.

Совокупность систем координат всех трех ступеней позволяет точно определить положение в изделии любой сборочной единицы или детали. Возникает первый вид базовых поверхностей – основные (базирующие) координатные плоскости. Эти плоскости называют конструкторскими базами. В подобном качестве могут использоваться и так называемые скрытые базы в виде воображаемой плоскости, оси или точки. Конструкторские и иные базы показаны на примере сборочной единицы (рис. 79).

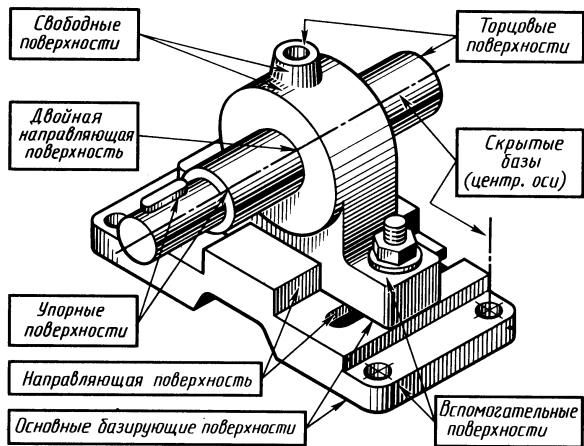


Рис. 79. Базы деталей сборочной единицы

Второй вид базы – технологическая база, которая определяет положение заготовки или изделия в целом при изготовлении или ремонте. Пример обеих баз показан для детали (кронштейн) на рис. 80.

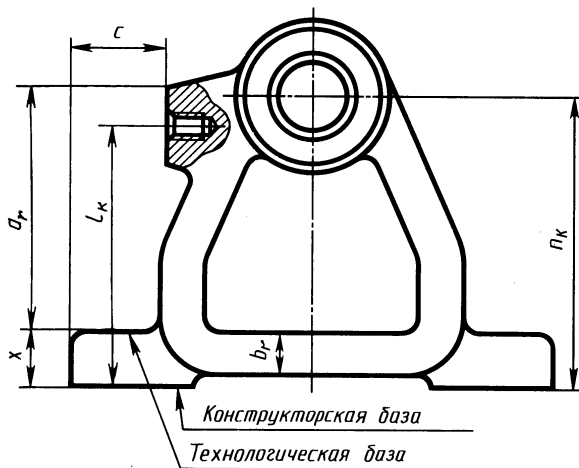


Рис. 80. Базы для детали

Конструкторскими базами являются поверхности, линии или точки на детали, по отношению к которым ориентируются другие детали изделия.

Технологические базы – базы, от которых в процессе обработки поверхностей удобнее и легче выполнять измерения размеров.

В качестве базовых поверхностей могут использоваться плоскость, от которой начинается обработка (опорная, а также направляющая или торцевая поверхности), прямые линии – оси симметрии, оси отверстий (скрытые базы) или какие-либо взаимно перпендикулярные прямые, например, кромки детали (рис. 80).

Вводится понятие и базы третьего вида – измерительной базы, т. е. поверхности, от которой выполняются измерения, а затем проставляются размеры.

В машиностроении в зависимости от выбора измерительных баз применяются три способа нанесения размеров элементов деталей: цепной, координатный и комбинированный (рис. 81).

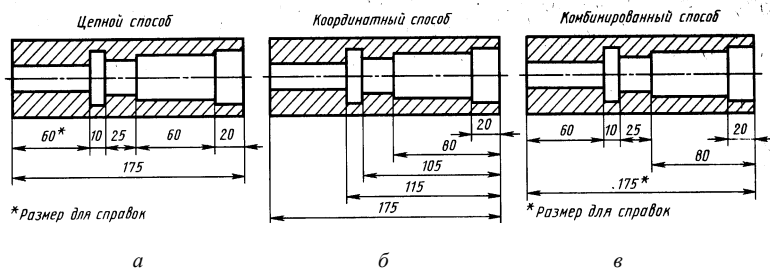


Рис. 81. Способы простановки линейных размеров:  
а – цепной; б – координатный; в – смешанный

При простановке размеров цепным способом (рис. 81, а) они наносятся последовательно друг за другом, как звенья цепи.

У второго способа (рис. 81, б) размеры являются координатами, указывающими положение элементов детали относительно какой-то одной поверхности (линии).

Комбинированный способ (рис. 81, в) представляет собой сочетание координатного и цепного способов. Он и используется в большинстве случаев для простановки размеров на чертежах. Этот способ предпочтителен, так как обеспечивает достаточную точность и удоб-

ство изготовления, измерения и контроля деталей без каких-либо дополнительных подсчетов размеров.

На машиностроительных чертежах размеры не должны наноситься в виде замкнутой цепи, за исключением случаев, когда один из размеров указан как справочный (рис. 81, *а*; размер 60\*). Справочными называются размеры, наносимые только для удобства пользования, но не подлежащие выполнению по данному чертежу. Справочные размеры обозначают на чертеже знаком \*, а в технических требованиях записывают – «\*Размер для справок» (рис. 81, *в*).

При большом количестве размеров, наносимых от общей базы, допускается наносить линейные и угловые размеры, как показано на рис. 82 *а, б*. При простановке размеров, определяющих расстояние между равномерно расположенными одинаковыми элементами (например, отверстиями), рекомендуется вместо размерной цепи наносить размер между соседними элементами и размер между крайними элементами. Он выполняется в виде произведения количества промежутков между элементами на размер промежутка (рис. 82, *в*). При размещении элементов предмета (отверстий, пазов, зубьев и т. п.) на одной оси или на одной окружности определяющие их расположение размеры наносят от общей базы (рис. 82, *а, з, д*).

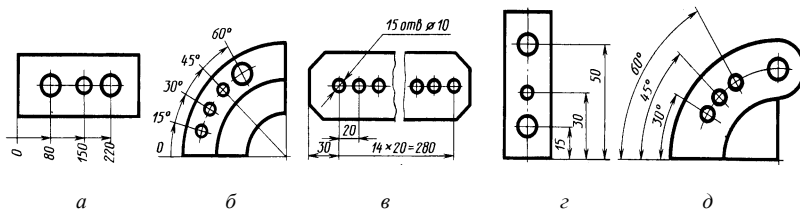


Рис. 82. Координатный способ простановки размеров

При наличии нескольких одинаковых элементов на однотипных поверхностях, например, фасок, размер указывается один раз (рис. 83, *а*). Если элемент повторяется на разных по форме либо размерам поверхностях, то простановка размерного числа дополняется количеством элементов (рис. 83, *б*). Размеры фасок с углами 45° и иными значениями наносят по-разному, так как представлено на примерах (рис. 83, *а, б* и рис. 83, *в, з*). При изображении детали только на одном виде ее толщина указывается здесь же «s 0,8» (рис. 83, *з*).

Угловые размеры указывают целыми числами в градусах, минутах и секундах с обязательным указанием единицы измерения. Размерные числа размещают и со стороны выпуклости размерной линии (рис. 82, *д*), и со стороны вогнутости (рис. 83, *в*).

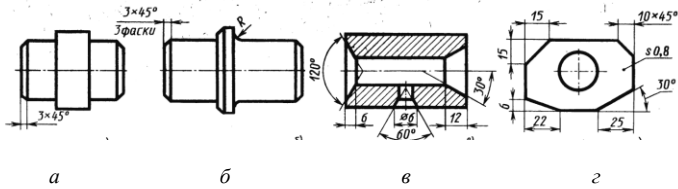


Рис. 83. Размеры элементов (фасок) детали

Размеры радиусов или диаметров окружностей сопровождаются соответствующими знаками. Для простановки радиуса используется латинская буква *R*, для простановки диаметра применяется знак  $\varnothing$ . Пример нанесения этих размеров показан на рис. 84, *а*. При указании диаметра окружности размерные линии, независимо от того, полностью изображена эта окружность или частично, допускается проводить с обрывом. Обрыв размерной линии делают чуть дальше центра окружности (рис. 84, *в*, *з*).

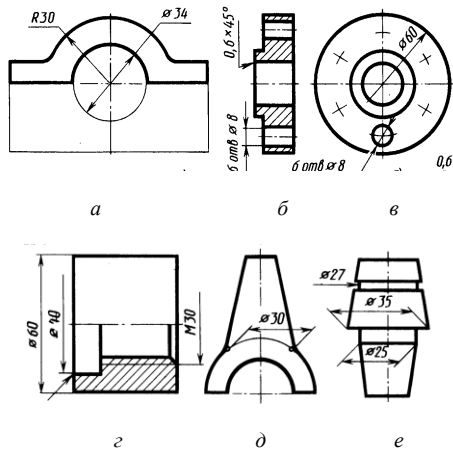


Рис. 84. Размеры радиусов и диаметров

Размеры нескольких одинаковых элементов изделия, как правило, наносят на разрезе один раз с указанием количества элементов (рис. 84, б, в). Если разрез отсутствует, то такой размер указывают на виде.

В некоторых случаях размеры на элементы детали указывают параллелограммным способом, т. е. выносные линии проводят под углом к осевой линии (рис. 84, д, е). Иногда диаметры проточек могут указываться размерной линией с одной стрелкой, как показано на рис. 84, е (размер  $\varnothing 27$ ).

Размеры, относящиеся к одному элементу изделия, например к пазу (рис. 85, а) или к отверстию (рис. 85, б), рекомендуется группировать в одном месте и наносить их там, где форма элементов показана наиболее полно.

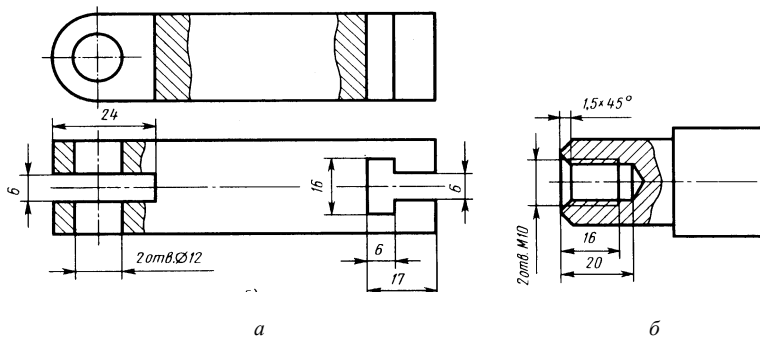


Рис. 85. Группировка размеров: а – для паза; б – для отверстия

В учебной практике по эскизированию деталей приходится иметь дело с литыми деталями. Литые детали имеют признаки, отличающие способ их изготовления:

- плавный переход от одних элементов к другим;
- равномерность толщины стенок;
- наличие приливов, ребер, бобышек и т. п.;
- поверхности, имеющие литейные уклоны.

Литейные уклоны на чертеже обычно не изображают, а задают их в технических требованиях. Размеры на чертежах литых деталей наносят в нескольких вариантах, в зависимости от выбранных баз: технологических или конструкторских.



### 3.3. Погрешность обработки и формы детали

#### 3.3.1. Отклонения форм

Конструкция любой детали определяется совокупностью различных поверхностей (плоских, цилиндрических и др.). Идеальную геометрическую форму поверхности в принципе изготовить невозможно, так как в процессе изготовления деталей появляются погрешности и размеров, и форм, и расположения поверхностей. Обрабатывающие поверхность инструменты оставляют на ней следы в виде чередующихся микровыступов и микровпадин. Эти неровности создают шероховатость и волнистость поверхности, а погрешности размеров и формы нарушают геометрию.

На чертежах форму деталей задают идеально точными, т. е. номинальными поверхностями (профилями). Реальные детали имеют поверхности, отличающиеся от номинальных. Отклонением формы поверхности или профиля называется отклонение формы реальной поверхности (реального профиля) от номинальной поверхности (номинального профиля). Помимо отклонения формы могут наблюдаться отклонения расположения поверхностей, осей, профилей. Номинальное расположение поверхности, оси или профиля определяется номинальными линейными или угловыми размерами между рассматриваемой поверхностью и базой.

Базой называют поверхность (ось, точку), по отношению к которой задан допуск расположения. Когда база не задана, то номинальное расположение рассматриваемых поверхностей, осей, профилей, определяется номинальными размерами между ними. Реальное расположение тех же элементов определяется действительными линейными и угловыми размерами. Отклонением расположения называют отклонение реального расположения поверхности, оси или профиля от номинального.

Для указания на чертежах допусков формы и расположения предусмотрены условные обозначения, приведенные в табл. 8.

Допуск имеет условное обозначение, числовое значение и, в случае необходимости, обозначение базы измерения (латинская буква). Эти данные записывают в рамку, разделенную на две или три части. Рамку соединяют с контурной или выносной линией чертежа изделия (рис. 86). Базы обозначают черным треугольником и соединяют с рам-

кой, в которой буквой проставлено обозначение базы. Около рамок в необходимых случаях пишут дополнительные данные.

Таблица 8. Обозначения допусков формы и расположения

Группа допусков	Допуск	Знак
Допуски формы	Прямолинейности	—
	Плоскости	
	Круглости	
	Цилиндричности	
	Профиля продольного сечения	
Допуски расположения	Параллельности	
	Перпендикулярности	
	Наклона	
	Соосности	
	Симметричности	
	Позиционный	
	Пересечения осей	

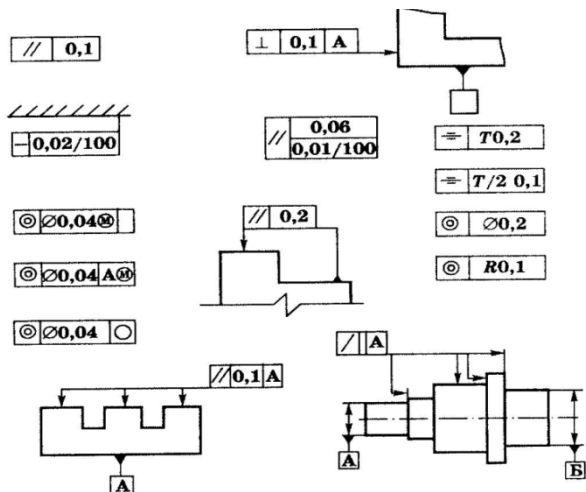


Рис. 86. Проставка баз и допусков формы и расположения

Высоту букв, цифр и знаков, записываемых в рамки, выбирают по размеру шрифта размерных чисел. Рамки выполняют тонкими линиями. Линия соединения рамки с элементом изделия, к которому отно-

сится допуск, должна заканчиваться стрелкой (рис. 87), при этом варианты такого соединения могут быть разными.

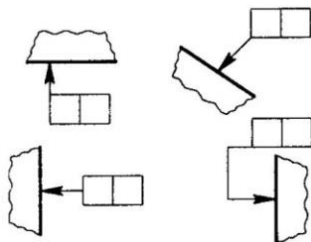


Рис. 87. Расположение рамок

Пересечение рамки другими линиями не допускается. Предпочтительным является горизонтальное расположение рамки допуска. Если поверхность нужно выделить как базу, стрелку заменяют равнобедренным зачерненным треугольником, высота которого примерно равна стрелке. Основание треугольника располагают на контурной линии элемента изделия или на выносной линии, продолжающей контурную линию. Треугольник соединяют прямой линией с рамкой допуска так, как показано ниже (рис. 88).

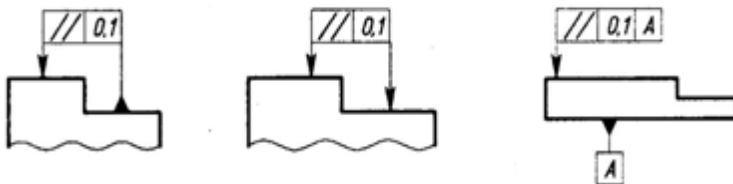


Рис. 88. Выделение базовой поверхности

### 3.3.2. Шероховатость поверхностей

Шероховатость поверхностей – это совокупность неровностей, измеряемых по отношению к уровню условной средней линии профиля поверхности, показанного в увеличенном масштабе на рис. 89. Базовой длиной  $L$  называют линию, на которой и определяют численные значения параметров шероховатости поверхности.

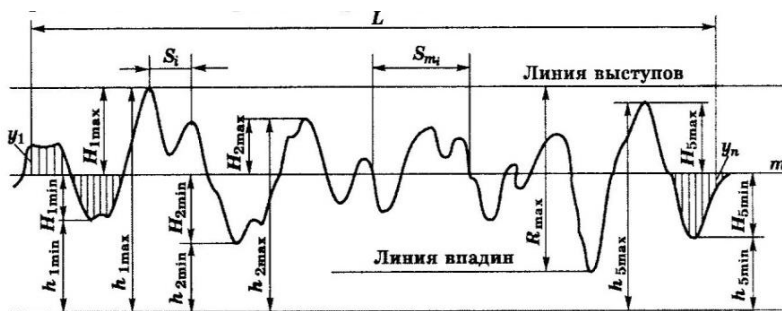


Рис. 89. Профиль условной поверхности:  $y_i$  – текущее измерение;  
 $S_i$  – шаг неровностей;  $R_{max}$  – наибольшая высота неровностей;  
 $H_{i\max}, H_{i\min}$  – высота и глубина выступов;  $L$  – базовая длина

Для обозначения уровня шероховатости поверхности обычно используют следующие показатели:

$R_a$  – среднее арифметическое отклонение профиля. Оно определяется как среднее арифметическое абсолютных оценок  $y_i$  отклонений профиля от средней линии в пределах базовой длины,

$$R_a = (1/n) \sum y_i;$$

$R_z$  – высота неровностей профиля по десяти точкам. Эта высота определяется как сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов  $H_{i\max}$  профиля и глубин пяти наибольших впадин  $H_{i\min}$  профиля в пределах базовой длины,

$$R_z = (1/5)(\sum h_{i\max} + \sum h_{i\min}),$$

где  $h_{i\max}$  и  $h_{i\min}$  – расстояния до указанных точек профиля от прямой, параллельной средней линии и не пересекающей профиль;

$R_{max}$  – наибольшая высота неровностей профиля;

$S_m$  – средний шаг неровностей.

Параметры  $R_{max}$  и  $S_m$  применяются значительно реже.

В особых случаях указывают направление неровностей. Оно представляет собой условный рисунок, сделанный инструментом на поверхности детали при ее обработке (рис. 90).

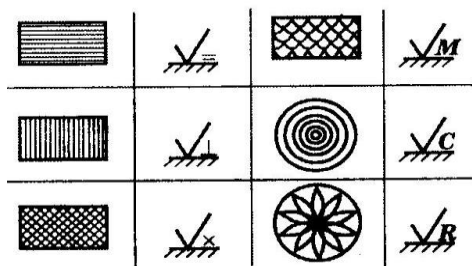


Рис. 90. Направление неровностей: — — параллельное;  
 ⊥ — перпендикулярное; × — пересекающееся;  
 M — безразличное; C — круговое; R — радиальное

Форму и размеры символов, принятых для простановки шероховатости, устанавливает ГОСТ 2.309–73.

В обозначении шероховатости поверхности применяют три варианта знака, изображенные на рис. 91.

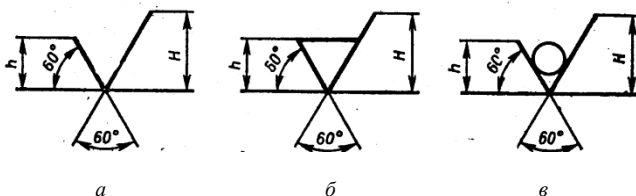


Рис. 91. Знаки шероховатости:  $h$  — высота размерных чисел;  
 $H = (1,5 \dots 3)h$

Знак на рис. 91, *a* применяется, если конструктор или разработчик не указывает способ обработки поверхности детали. Знак на рис. 91, *б* применяется в тех случаях, когда поверхность получается при снятии слоя материала резанием (расточка, сверление, фрезерование, шлифование и т. д.). Знак на рис. 91, *в* используется для указания шероховатости поверхностей, которые созданы операциями без удаления слоя материала (литье, штамповка, ковка, прокат и т. д.). Он применяется также и для указания поверхностей детали, которые не обрабатываются по данному чертежу.

Структура обозначения шероховатости поверхности включает в себя указания вида обработки, направление неровностей и базовую дли-

ну, а также выбранный параметр шероховатости и его числовое значение. Пример обозначения показан на рис. 92.

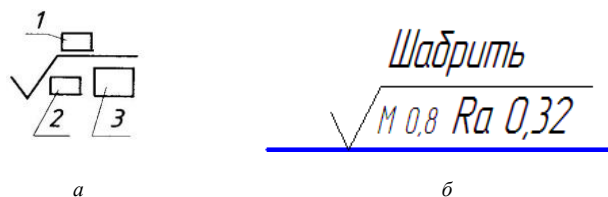


Рис. 92. Обозначение шероховатости: *a* – структура (*1* – способ обработки; *2* – условное обозначение направления неровностей и базовая длина; *3* – буквенный параметр шероховатости и его величина в мкм); *б* – пример простановки шероховатости поверхности на чертеже

В учебных чертежах редко применяется полная структура. Как правило, ограничиваются указанием параметров  $R_a$  или  $R_z$  с числовым значением, измеренным в миллионных долях метра – микронах.

Знаки шероховатости поверхности располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на рис. 93, *a*, *б*, причем в заштрихованной зоне знак наносится только на полке линии-выноски.

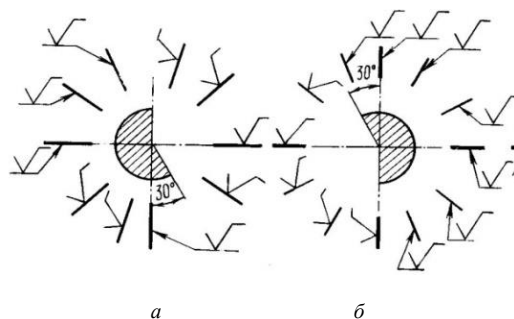


Рис. 93. Простановка знака шероховатости:  
*a* – неудобная зона слева; *б* – неудобная зона справа

Числовые значения вышеуказанных параметров шероховатости на визуально оцениваемых поверхностях с учетом примерного способа изготовления поверхности указаны в табл. 9.

Таблица 9. **Шероховатость поверхностей деталей**

Параметр $R_a$	Параметр $R_z$	Внешний вид поверхности	Примерный способ получения поверхности	Примеры поверхностей
–	1000	Черновая – в состоянии поставки	Прокатная, отливка, ковка, штамповка, волочение и т. п.	Поверхности профилей проката. Несоприкасающиеся поверхности деталей
100	400	Грубая, совершенно необработанная	Отливка, ковка, штамповка, прокатка, обрезка. Зачистка напильником, зубилом, кругом, пескоструйная очистка	Очищенные поверхности изделий. Поверхности жидкостных каналов, кованых и штампованных деталей
50 25 12,5	200 100 50	Обдирочная, грубая, но без перекосов с весьма заметными следами обработки	Обдирочное точение, строгание, фрезерование. Грубое сверление, опилование напильником либо абразивным кругом	Поверхность отверстий на проход или под нарезку резьбы. Соприкасающиеся поверхности кронштейнов, крышек и фланцев резервуаров
6,3 3,2 1,6	25 12,5 6,3	Получистовая – с малозаметными следами обработки	Чистовое точение, расточка, строгание, фрезерование, зенкерование. Опиливание личным напильником, шабрение, аккуратное сверление	Наружные поверхности шкивов, зубчатых колес, звездочек, втулок подшипников скольжения, подготовка поверхностей под шлифование, шабрение
0,8 0,4 0,2	3,2 1,6 0,8	Чистовая, без видимых глазом следов обработки	Отделочное точение и растачивание. Чистовое и тонкое развертывание или шлифование. Чистовое и отделочное протягивание и шабрение. Полирование	Поверхности цилиндров ДВС. Опорные поверхности клапанов и их седел, шейки и цапфы валов и шпинделей, поверхности под подшипники качения
0,1 0,05 0,025 0,012 –	0,4 0,2 0,1 0,05 0,025	Высшая степень чистоты обработки – зеркальная поверхность	Тонкое шлифование с полированием. Доводочные процессы: чистовой, тонкий суперфиниш, хонингование, тонкая притирка	Вращающиеся и скользящие поверхности деталей двигателей, насосов, распределителей, рабочие поверхности калибров и измерителей

Знак, указывающий шероховатость поверхности, проставляют на линиях видимого контура, выносных линиях или на полках линий-выносок по возможности ближе к размерным линиям. При недостатке места их допускается размещать на размерных линиях или на их продолжении, а также разрывать выносную линию (рис. 94).

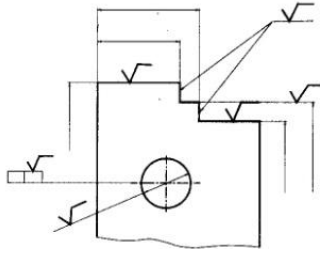


Рис. 94. Простановка знака для участка поверхности

Числовые значения параметров  $R_a$  или  $R_z$  выбирают из соответствующих таблиц стандарта ГОСТ 2.789–73. Параметр  $R_a$  выбирается в пределах 100...0,008 мкм. Предпочтительные отклонения этого параметра – 100; 50; 25; 12,5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,8; 0,40; 0,20; 0,10; 0,05; 0,025; 0,012 мкм.

Параметр  $R_z$  выбирается в пределах 160...0,025 мкм. Предпочтительные значения для него 400; 200; 100; 50; 25; 12,5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,8; 0,4; 0,2; 0,10; 0,05; 0,025 мкм.

Если поверхности детали имеют одинаковую шероховатость, то ее обозначение выносится в верхний правый угол чертежа и записывается на расстоянии 5...10 мм от внутренней рамки (рис. 95).

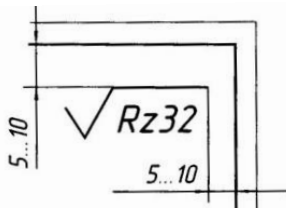


Рис. 95. Размещение знака

При обозначении шероховатости поверхностей детали, имеющих неодинаковые значения, прибегают к комбинированной простановке знаков и параметров. Для обозначения шероховатости большинства поверхностей в правом верхнем углу чертежа к ранее указанному знаку добавляется знак  $\sqrt{\quad}$ , заключенный в скобки. Размеры этого знака одинаковы с размерами цифр используемого шрифта. Шероховатость



же поверхностей, имеющих иное числовое значение, указывается знаками непосредственно на этих поверхностях (рис. 96).

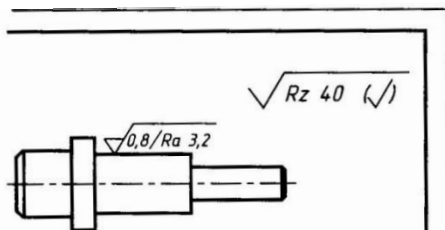


Рис. 96. Простановка шероховатости поверхностей с разными значениями

Обозначение шероховатости повторяющихся элементов детали, как-то: отверстия, пазы, зубья и др., количество которых указано на чертеже, а также обозначение одной и той же поверхности проставляют один раз независимо от числа изображений.

Если некоторые поверхности по шероховатости не регламентируются данным чертежом, то в правом верхнем углу, перед знаком ( $\checkmark$ ), будет проставлен знак  $\checkmark$  (рис. 97).

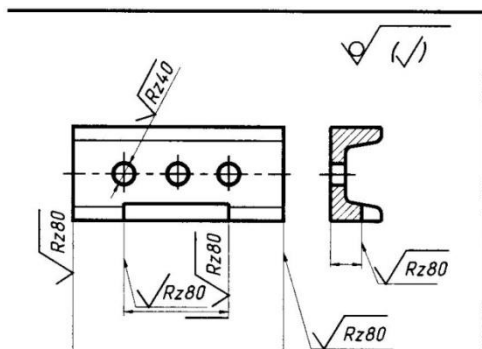


Рис. 97. Деталь с необрабатываемыми поверхностями

Шероховатость поверхностей таких элементов деталей, как зубья шестерен или шлицов вала, может указываться как на профиле этого элемента, так и на линии делительной окружности зуба или шлица (рис. 98).

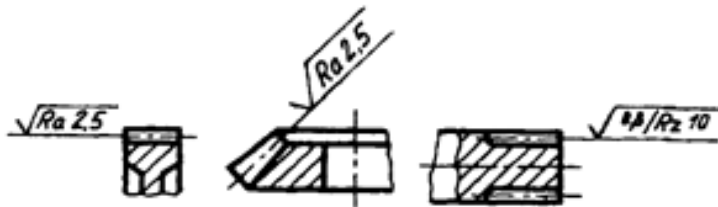


Рис. 98. Простановка шероховатости для зубьев зубчатых колес и эвольвентных шлицов

Обозначение шероховатости профиля резьбы выполняют или по общим правилам (рис. 99, *a*), или на выносной либо размерной линии, указывающей размер этой резьбы (рис. 99, *б, в, з, д, е*).

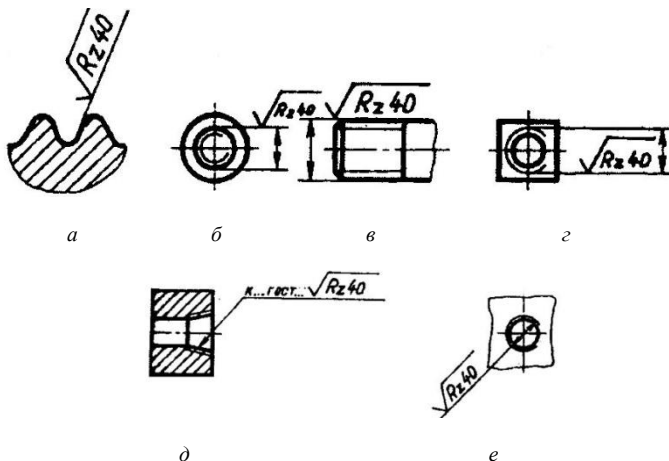


Рис. 99. Простановка шероховатости для поверхностей с резьбой:  
*a* – на профиле резьбы; *б, в* – на выносной линии номинального диаметра наружной резьбы; *з* – то же, для внутренней резьбы;  
*д, е* – на размерной линии для внутренней резьбы

Если требуется указать одинаковую шероховатость поверхности для всего контура детали, то применяют вариант знака шероховатости с кружком в начале полки этого знака (рис. 100, *a*). Если контур не имеет резких переходов поверхностей, а, напротив, имеет скругления, применяется обычный знак шероховатости (рис. 100, *б*) без кружка.

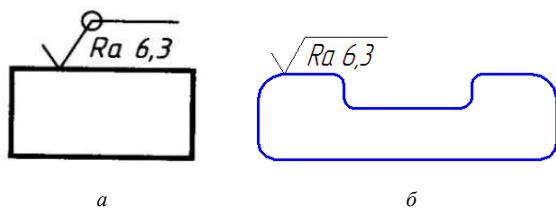


Рис. 100. Указание шероховатости по контуру:  
*a* – гранная поверхность без переходов;  
*б* – контур с плавными переходами поверхности

Параметры шероховатости поверхностей и их числовые значения зависят от функционального назначения поверхности, вида механической обработки поверхностей и характера соединения деталей.

### Вопросы для самоконтроля

1. На какие типы по своему назначению можно разделить все поверхности детали?
2. К каким поверхностям предъявляются наиболее жесткие требования в отношении точности их изготовления? Как условно называются эти поверхности?
3. Что понимают под предельным, действительным и номинальным размерами?
4. Что такое отклонение и допуск размера?
5. Что такое посадка?
6. Какие линейные и угловые размеры относят к нормальным?
7. Как поступают при указании размеров нескольких одинаковых элементов на однотипных поверхностях и при их повторении?
8. Что понимается под базовой поверхностью? Что такое конструкторская, технологическая и измерительная базы?
9. Какие существуют варианты простановки размеров в зависимости от выбранной базы? Какими достоинствами и недостатками они обладают?
10. Что такое отклонение формы или профиля поверхности?
11. Какие существуют допуски формы и расположения поверхностей?
12. Какое графическое обозначение имеют допуски формы и расположения поверхностей деталей?

13. Как указывают на чертежах эти допуски?
14. Что такое шероховатость поверхности?
15. Какие показатели используются для оценки шероховатости поверхностей? Какие из них применяются наиболее часто?
16. Как подсчитывается среднеарифметическое отклонение профиля, и как определяется высота неровностей по десяти точкам?
17. Как выглядит общий знак шероховатости поверхности? Как он видоизменяется, если применяется для поверхностей, выполненных с удалением либо без удаления слоя материала?
18. Что входит в структуру обозначения шероховатости любой поверхности?
19. Как располагают знак шероховатости поверхности на изображениях деталей? На каких линиях его можно проставлять?
20. Каким образом проставляют разные значения шероховатости поверхностей при наличии значительного количества одинаково обработанных участков?
21. Каким образом указывают степень обработки, если все поверхности детали имеют одинаковую шероховатость?

### **3.4. Соединения изделий резьбой.**

#### **Изображения и обозначения резьбовых соединений**

Объединение нескольких составных частей в одно целое происходит вследствие операций соединения. Соединения подразделяют на разъемные и неразъемные. Разъемные соединения предполагают сборку и разборку составных частей без их повреждения. К этим соединениям относят прежде всего резьбовые соединения, которые выполнены за счет особой формы поверхности, именуемой резьбой. Сюда же относят шпоночные, шлицевые, штифтовые, клиновые соединения. Для последующего изучения резьбовых соединений необходимо уяснить, что такое резьба и как она образуется.

#### **3.4.1. Понятие резьбы. Элементы, параметры и виды резьбы.**

##### **Винтовые линии и поверхности**

В первой части курса лекций по инженерной графике уже рассматривался процесс проецирования и отображения кривых линий и, в частности, образование винтовой линии. Она образуется, если точка выполняет одновременно два перемещения, одно из которых – враще-

ние вокруг некоторой оси, а другое – перемещение вдоль нее. Это движение точки называется винтовым. При винтовом перемещении точка описывает винтовую линию, а при винтовом движении отрезка прямой образуется винтовая поверхность.

В машиностроении широко применяются изделия с винтовыми поверхностями.

Во-первых, это крепежные детали, употребляемые для осуществления разъемных неподвижных соединений изделий: болты, винты, шпильки, гайки (рис. 101).

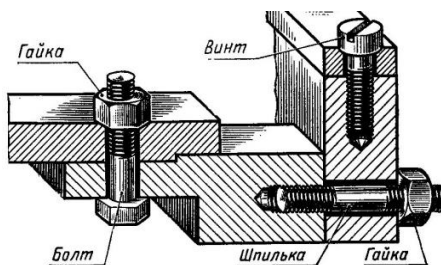


Рис. 101. Крепежные детали

Во-вторых, это изделия, предназначенные для преобразования движения: вращательное первое – во вращательное второе, вращательное первое – в поступательное второе (рис. 102, а).

В-третьих, изделия специального назначения, как то: резьбонарезная плашка, фреза, сверло, винт транспортера и т. д. (рис 102, б).

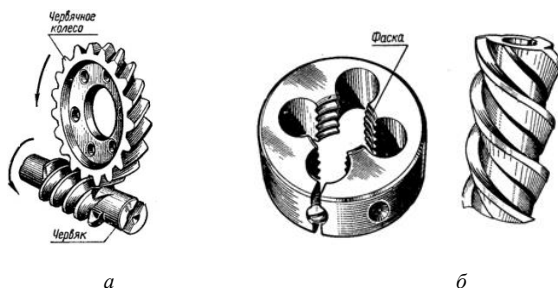


Рис. 102. Изделия с винтовыми поверхностями:  
а – для преобразования движения;  
б – специального назначения (плашка и фреза)

Воссоздание цилиндрической винтовой линии на поверхности прямого кругового цилиндра можно представить следующим образом: точка  $A$  равномерно движется по образующей цилиндра снизу вверх, а сама образующая вращается вокруг оси цилиндра по ходу или против хода часовой стрелки (рис. 103).

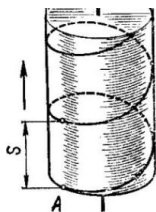


Рис. 103. Винтовая линия

Расстояние  $S$  (или  $P$ ) между ближайшими точками винтовой линии, на которое переместится точка, совершив один оборот вокруг оси цилиндра (измеренное вдоль оси), называется шагом винтовой линии. Часть винтовой линии, соответствующая одному шагу, называется витком линии. Если заданы: диаметр цилиндра  $d$ , шаг винтовой линии  $S$ , направление вращения точки (по или против часовой стрелки), а также направление перемещения точки по образующей (вверх или вниз), то может быть выполнено построение винтовой линии на чертеже (рис. 104).

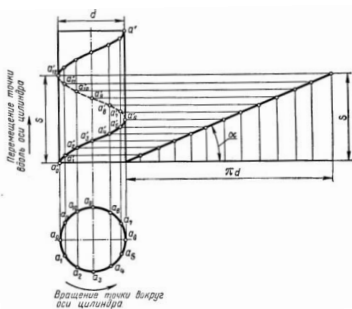


Рис. 104. Проекция и развертка винтовой линии

Горизонтальная проекция цилиндрической винтовой линии – это окружность. Для построения фронтальной проекции линии вдоль оси цилиндра откладывается отрезок, равный шагу винтовой линии. Далее

и окружность, и отложенный отрезок делят на одинаковое число частей, например на 12. Повернувшись на одно деление по окружности, точка переходит из положения  $a_0$  в положение  $a_1$ , а на фронтальной проекции – из положения  $a'_0$  в положение  $a'_1$ , т. е. поднимается на  $1/12$  часть шага. Так происходит пока точка не совершит полный оборот вокруг оси и не займет положение  $a_{12}$ . Практически построение фронтальных проекций точек винтовой линии сводится к выявлению точек пересечения вертикальных линий связи, проведенных через точки деления окружности основания цилиндра с соответствующими горизонтальными прямыми, проведенными через точки деления шага. Фронтальная проекция винтовой линии представляет собой синусоиду.

На рис. 104 также выполнена развертка части цилиндрической поверхности, ограниченной винтовой линией на длине одного шага. Развертка имеет форму прямоугольного треугольника, один катет которого равен развернутой длине окружности основания цилиндра, другой – шагу винтовой линии. Гипотенуза этого треугольника представляет собой длину одного витка винтовой линии.

Представленная выше винтовая линия получена при подъеме точки вверх и при вращении ее против часовой стрелки. Такая линия называется правой винтовой линией. Если при всех прочих условиях точка описывает винтовую линию, вращаясь по часовой стрелке, то такая линия называется левой винтовой. Она представлена на рис. 105, где имеется также и пространственное отображение цилиндрического стержня с левосторонней резьбой.

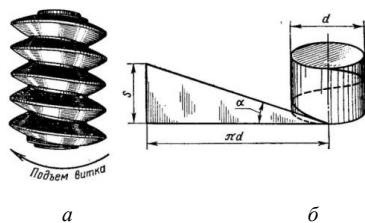


Рис. 105. Левосторонние винтовые линии:  
 $a$  – пространственное отображение стержня;  
 $b$  – развертка левостороннего витка

Винтовые линии могут быть получены не только на цилиндрической, но и на других поверхностях вращения (конической, торовой, сферической).

### 3.4.1.1. Основные сведения о резьбе

Представим, что в нормальной к поверхности цилиндра плоскости размещена произвольная плоская фигура, примыкающая к поверхности цилиндра. Если заставить эту фигуру совершать винтовое движение, не меняя свое положение относительно поверхности цилиндра, то фигура образует винтовой выступ (рис. 106).

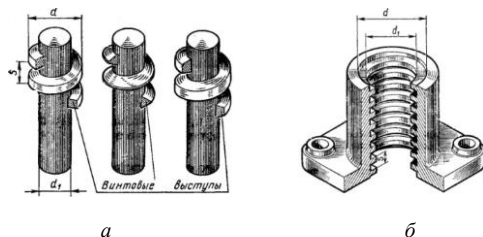


Рис. 106. Цилиндрические винты: *a* – наружная резьба; *б* – внутренняя резьба; *d* – внешний диаметр резьбы; *d*<sub>1</sub> – внутренний диаметр резьбы; *S* – шаг резьбы

Цилиндр с винтовым выступом называют цилиндрическим винтом, а винтовой выступ – резьбой винта. Фигура, образующая винтовой выступ, называется профилем резьбы. В зависимости от профиля цилиндрический винт может быть с прямоугольной, треугольной, трапецидальной, круглой и иной внешней и внутренней резьбой. Помимо формы профиля резьба характеризуется наружным диаметром *d*, внутренним диаметром *d*<sub>1</sub>, а также шагом (обозначается *S* или *P*). Соединение двух или более деталей, имеющих резьбу, называют резьбовым соединением.

При резьбовом соединении двух деталей одна из них имеет резьбу, выполненную на наружной поверхности первой детали, а другая – на внутренней поверхности второй детали. Резьбы применяются для разъемного соединения деталей.

Термины, определения и основные параметры резьбы регламентирует ГОСТ 11708–82. Основными параметрами любой резьбы являются: профиль, диаметр, шаг, направление и число заходов. Если профиль резьбы образуется посредством снятия слоя материала с помощью режущих инструментов, то процесс называют нарезкой резьбы. Если профиль резьбы образуется при пластическом деформировании поверхности детали, то процесс называют накаткой резьбы.



В зависимости от назначения и условий работы резьбовых соединений применяются различные резьбы. Они подразделяются:

- по назначению: крепежные, кинематические, специальные;
- по виду поверхности: цилиндрические и конические;
- по расположению: наружные или внутренние;
- по профилю: треугольные, прямоугольные, трапецидальные, круглые;
- по числу заходов: однозаходные и многозаходные;
- по направлению винтовой линии: правые и левые.

Профили и иные параметры наиболее употребимых резьб представлены на рис. 107.

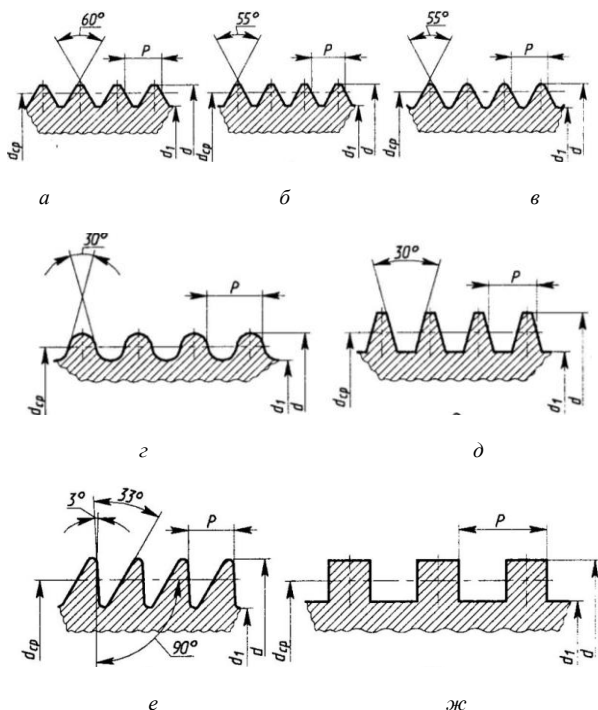


Рис. 107. Форма профиля резьбы и иные параметры:

*а, б, в* – треугольный; *г* – треугольно-закругленный;

*д, е* – трапецидальный; *ж* – квадратный;

$d, d_1, d_{cp}$  – наружный, внутренний и средний диаметры;  $P$  – шаг резьбы

При изготовлении резьбы следует учитывать, что размеры диаметров выступов и впадин наружной резьбы несколько отличаются от размеров диаметров впадин и выступов внутренней резьбы. При изучении курса учебной дисциплины «Инженерная графика» за наружный  $d$  и внутренний диаметр  $d_1$  резьбы принимаются соответствующие диаметры выступов и впадин наружной резьбы (см. рис. 106). Условно считают, что наружная и соответствующая ей внутренняя резьбы имеют одинаковые наружные и внутренние диаметры.

Под размером как наружной, так и внутренней резьбы понимается численное значение наружного (большого) ее диаметра, который также называют номинальным диаметром резьбы.

В машиностроении широко распространены стандартные резьбы. У таких резьб профиль конкретной формы, а цифровые параметры выбираются из определенного ряда чисел и соответствуют действующим стандартам. В обоснованных случаях могут применяться специальные резьбы, имеющие стандартный профиль, но отличающиеся нестандартными размерами диаметра или шага либо заходностью.

### **3.4.1.2. Стандартные крепежные резьбы**

Резьбы треугольного профиля относятся к крепежным резьбам. Они используются для неподвижных соединений деталей.

Основной крепежной резьбой является метрическая цилиндрическая резьба. Теоретический профиль этой резьбы – равносторонний треугольник с углом при вершине  $60^\circ$  (см. рис. 107, *a*). Вершины выступов и впадин профиля (на величине в  $\frac{1}{8}$  высоты профиля) срезаны по прямой линии или дуге окружности, что облегчает изготовление резьбы и предохраняет резьбу от повреждений при эксплуатации. Этот профиль определен ГОСТ 9150–81, значения диаметров – ГОСТ 24705–81, шаги – ГОСТ 8724–81, степень точности изготовления резьбы – ГОСТ 16093–81.

Метрическая резьба выполняется с крупным (единственным для данного диаметра шагом) и с мелким шагом, который для этого диаметра может иметь несколько значений. Поэтому в обозначении резьбы крупный шаг не указывают, а мелкий шаг проставляют. Резьбы с крупным шагом применяются для обеспечения высокой прочности

резбового соединения, а с мелким шагом – в соединениях, где необходимо исключить возможное самоотвинчивание деталей.

Обозначение резьбы состоит из соответствующей данной резьбе буквы, цифры, указывающей номинальный диаметр, очередной цифры, указывающей значение шага, и буквенноцифрового поля допуска резьбы. Дополнительно указывается аббревиатурой *LH* левое направление резьбы (правое не указывается). Таким образом пример обозначения метрической наружной резьбы с номинальным диаметром 20 мм, с крупным шагом правостороннего направления и полем допуска – *6g*, будет выглядеть так: *M20–6g*. Если же это будет внутренняя метрическая резьба с номинальным диаметром 16 мм, с мелким шагом 1,5 мм, левостороннего направления и полем допуска *6H*, то обозначение будет таким: *M16×1,5LH–6H*.

В учебных чертежах разрешается не указывать поля допусков.

Величины некоторых диаметров и соответствующих им шагов для метрических резьб указаны в табл. 10.

Таблица 10. Значения диаметров и шагов метрической резьбы

Шаги, мм	Номинальный диаметр резьбы, мм											
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Крупный	1	1,25	1,50	1,75	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0	3,5
Мелкие	0,75	1,0	1,25	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,25	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0
	–	0,5	0,75	1,0	1,0	0,75	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5
	–	–	0,5	0,75	0,75	0,5	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1,0
	–	–	–	0,5	0,5	–	0,5	0,5	0,5	–	–	0,75

Обозначение поля допуска диаметров резьбы состоит из цифры, обозначающей степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение, например *4h*, *6g*, *8H*. Эти обозначения даны в табл. 11.

Таблица 11. Степени точности и основные отклонения резьбы

Вид резьбы	Диаметр резьбы	Степень точности	Основное отклонение
Наружная	Номинальный	4, 6, 8	<i>d, e, f, g, h</i>
	Средний	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	<i>d, e, f, g, h</i>
Внутренняя	Номинальный	4, 5, 6, 7, 8, 9	<i>E, F, G, H</i>
	Средний	4, 5, 6, 7, 8	<i>E, F, G, H</i>

Метрическая коническая резьба (ГОСТ 25229–82) также относится к крепежным резьбам. Она нарезается на конической поверхности,

конусность которой 1:16, и имеет такой же треугольный профиль. Так как у этой резьбы диаметр неодинаковый, то ее размер относят к сечению в основной плоскости, которая расположена примерно посередине длины нарезанной наружной резьбы. В этом сечении диаметр конической резьбы равен диаметру аналогичной цилиндрической резьбы. Это дает возможность их взаимного соединения. Метрическая коническая резьба применяется в соединениях трубопроводов, для пробок-заглушек, масленок. Обозначение этой резьбы включает буквы *МК* и величины диаметра и шага, например *МК20×1,5*; *МК20×1,5LH* и т. п.

Крепежной резьбой является резьба дюймовая, профиль которой – равнобедренный треугольник (см. рис. 107, б) с вершинным углом 55°. Дюймовую резьбу применяют только для изготовления запасных частей. При проектировании новых изделий использование такой резьбы не разрешается. Крепежной резьбой является и трубная резьба, которая может быть либо цилиндрической (ГОСТ 6357–81), либо конической (ГОСТ 6311–81). Профиль этой резьбы – равнобедренный треугольник с углом при вершине 55° и закруглением этой вершины (см. рис. 107, в), что обеспечивает повышенную герметичность соединений. Эту резьбу применяют на водогазопроводных трубах, деталях для их соединения и на трубопроводной арматуре.

Диаметры трубной резьбы измеряются не в миллиметрах, а в дюймах (целым или дробным значением), и она характеризуется не шагом, а числом витков на длине один дюйм. Один дюйм (1") равен 25,4 мм.

В условное обозначение трубной цилиндрической резьбы входит буква *G*, размер резьбы в дюймах, класс точности среднего диаметра (*A* или *B*) и длина свинчивания (в мм), если она превосходит нормальную (стандартную). Примеры обозначения:  $G^{1/4}-A$ ;  $G^{1/2} LH-A$ ;  $G1-B$ ;  $G^{1/2} LH-B$ ;  $G^{3/8}-A-25$ ;  $G1 LH-B-40$ , где 25 и 40 длины свинчивания. Следует учитывать, что цифра, указывающая размер резьбы, не представляет ее номинальный (внешний) диаметр. Эта цифра показывает так называемый условный проход, т. е. внутренний диаметр (переведенный в дюймы) трубы, на которой нарезана эта резьба. На самом деле наружный диаметр трубной резьбы будет существенно больше указанной в обозначении цифры. Например, *G1* обозначает размер трубной цилиндрической резьбы, нарезанной на внешней поверхности трубы, имеющей условный проход (внутренний диаметр) в 25 мм, т. е. 1 дюйм. Фактический наружный диаметр

резьбы равен 33,249 мм. Он больше внутреннего диаметра на две толщины стенки трубы.

Справочные данные о трубной цилиндрической резьбе, наиболее часто встречающиеся в учебных заданиях, приведены в табл. 12.

Таблица 12. Параметры трубной цилиндрической резьбы

Размер резьбы, дюйм	Условный проход, мм	Число ниток на дюйм	Шаг резьбы, мм	Наружный диаметр резьбы, мм	Наружный диаметр трубы, мм
1/4	9	19	1,337	13,157	13,5
3/8	10	19	1,337	16,667	17,0
1/2	15	14	1,814	20,955	21,3
3/4	20	14	1,814	26,442	26,8
1	25	11	2,309	33,249	33,5
1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	32	11	2,309	41,912	42,3
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	40	11	2,309	47,805	48,0
2	50	11	2,309	59,616	60,0
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	70	11	2,309	75,187	75,5

Трубная коническая резьба применяется в соединениях труб или других деталей, когда требуется повышенная герметичность при больших давлениях и температуре. Форма профиля аналогична трубной цилиндрической, а поверхность имеет конусность 1:16. Цифровые параметры замеряются в основной плоскости резьбы. В ней диаметр трубной конической резьбы равен диаметру трубной цилиндрической резьбы. Положение основной плоскости указывается на чертеже.

Наружная коническая резьба обозначается буквой  $R$ , внутренняя –  $R_c$ . Примеры:  $R^{1/2}$ ,  $R1^{1/2}LH$ ,  $R_c^{3/4}LH$ . Совпадение в основной плоскости размеров трубной конической и трубной цилиндрической резьб позволяет соединять детали с такими резьбами. Пример обозначения такого соединения:  $\frac{G}{R}1^{1/2}-A$  или  $\frac{G}{R}1^{1/2}LH-A$ .

Крепежные резьбы могут иметь профиль треугольно-закругленный (см. рис. 107, в) или скругленный дугами одинакового радиуса (см. рис. 107, г). Резьбы изготавливаются для изделий определенного назначения. Это резьба круглая (ГОСТ 13536–68) для санитарно-технической арматуры (только для диаметра 12 мм), резьба круглая (ГОСТ 13556–68) для корпусов электроосветительной арматуры и тонкостенных деталей. Примеры обозначения:  $Kp\ 12 \times 2,54$  ГОСТ 13536–68, где 12 мм – номинальный диаметр, 2,54 мм – шаг; или  $Rd20$ ,  $Rd16LH$ .

### 3.4.1.3. Стандартные кинематические резьбы

Кинематические резьбы предназначены для преобразования движения: вращательного в поступательное или наоборот. Другое название подобных резьб – ходовые резьбы. Из них наиболее применимы трапециевидные и упорные резьбы.

Трапециевидная резьба имеет профиль равнобочной трапеции с углом  $30^\circ$  (см. рис. 107, д). Профиль, диаметры, и шаги резьбы регламентированы ГОСТ 24737–81, ГОСТ 24738–81, ГОСТ 24739–81. Резьба выполняется как однозаходная, так и многозаходная. Резьба, образованная движением одного профиля по поверхности цилиндра либо конуса, именуется однозаходной. Если же резьба образуется одновременным движением двух, трех или более профилей, то она именуется многозаходной.

В связи с этим для многозаходных резьб добавляется еще один параметр – ход резьбы. Ход – это перемещение винта вдоль своей оси при его повороте на  $360^\circ$ . Для однозаходной резьбы ход и шаг одинаковы, для многозаходной – это разные величины (рис. 108). Шаг  $P$  измеряется как величина между двумя вершинами либо впадинами двух смежных витков. Тогда как ход  $P_h$  – это расстояние между двумя соответствующими точками одного и того же витка. Поэтому ход определяется произведением двух величин: шага  $P$  и числа заходов  $n$ ,  $P_h = nP$ .

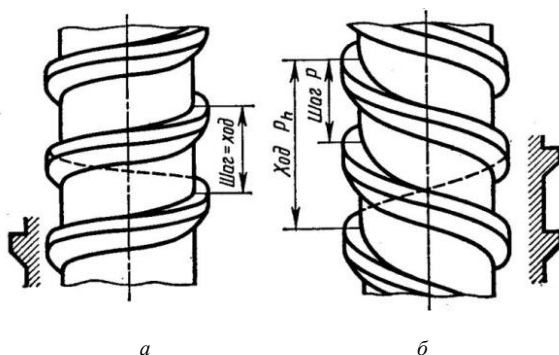


Рис. 108. Шаг и ход резьбы:  
а – однозаходная; б – двухзаходная

Пример обозначений однозаходной резьбы:  $Tr40 \times 6 - 8e$ , где 40 – номинальный диаметр, 6 – шаг, 8e – поле допуска. Для многозаходной резьбы:  $Tr40 \times 9(P3)LH - 6e$ , где 40 – номинальный диаметр, 9 – ход, 3 – шаг резьбы, LH – левое направление, 6e – поле допуска. Диаметр, ход и шаг измеряются в миллиметрах. По соотношению хода и шага понятно, что резьба трехзаходная.

Упорная резьба имеет профиль неравнобочной трапеции с углами наклона сторон относительно вертикали  $30^\circ$  и  $3^\circ$  (см. рис. 107, e). Профиль и основные размеры резьбы устанавливает ГОСТ 10177–82. Резьба изготавливается на винтах, подверженных односторонним усилиям, например в домкратах. Примеры обозначений:  $S60 \times 8 - 7h$ ;  $S60 \times 12LH - 7H$ ;  $S60 \times 12(P3) - 7h$ ;  $S80 \times 20(P5)LH - 7h$ . Указываются диаметр, шаг, ход, левое направление, поле допуска.

#### 3.4.1.4. Специальные и нестандартные резьбы

Специальные резьбы применяются значительно реже, чем резьбы стандартные. Они отличаются от стандартных значениями диаметра, шага или заходностью. Специальными могут быть метрические трапецидальные, упорные и другие резьбы. В обозначении специальных резьб со стандартным профилем пишут обозначение Sp и букву обозначающую профиль. Указывают также значения диаметра и шага. Примеры: Sp  $M21 \times 1,5$  (нестандартный диаметр), Sp  $M20 \times 3,4$  (нестандартный шаг), Sp  $Tr33 \times 2$  (нестандартное соотношение диаметра и шага), Sp  $S37 \times 19,5(P6,5)LH$  (нестандартные и диаметр, и шаг).

Нестандартной резьбой является прямоугольная резьба, ее профиль представлен прямоугольником или квадратом (см. рис. 107, ж). Прямоугольная резьба применяется в соединениях, где не должно быть самоотвинчивания под воздействием приложенной осевой нагрузки. Выполняют такую резьбу в основном на винтах домкратов и прессов.

Все размеры подобной резьбы назначает конструктор. Для прямоугольной резьбы указывают наружный и внутренний диаметры, проставляют ширину впадины или выступа резьбы, а также ее шаг (рис. 109, а). Если резьба многозаходная или является левосторонней, то приводят текстовые указания об этих параметрах (рис. 109, б).

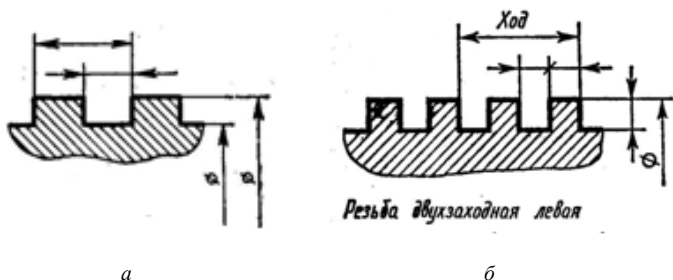


Рис. 109. Прямоугольная резьба:  
 а – однозаходная правая; б – двухзаходная левая

### 3.4.1.5. Технологические элементы и изображение резьбы

Чаще всего для изготовления резьб применяется соответствующий резьбонарезной инструмент, как то: резцы, метчики, плашки. Из-за конструктивных особенностей инструмента (метчика, рис. 110, а; плашки, рис. 110, б) или при отводе резца от поверхности, между участком с резьбой полного профиля (участки  $l$ ) и гладкой поверхностью (без резьбы) образуется такой участок, на котором резьба, постепенно уменьшаясь, исчезает полностью (участок  $l_1$ ). Образуется так называемый сбег резьбы (рис. 110; 111, а).

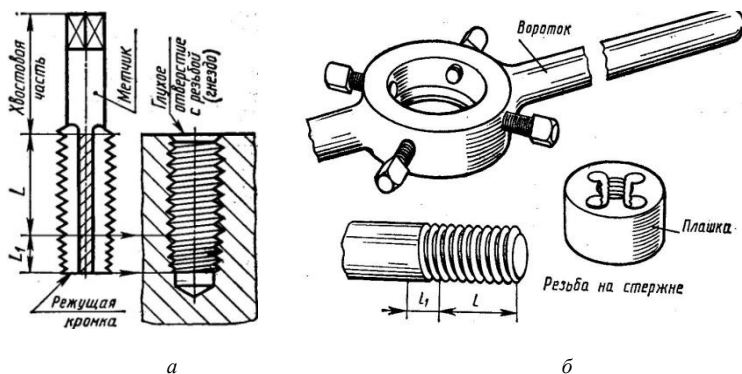


Рис. 110. Выполненная резьба в отверстии и на стержне:  
 а – метчиком; б – плашкой;  
 $l$  – полнопрофильная резьба;  $l_1$  – сбег резьбы



Если резьба выполняется до некоторой поверхности, не позволяющей довести инструмент до упора в нее, то образуется недовод резьбы. Суммарно сбеги и недовод образуют недорез резьбы (рис. 111, б, в). Если все витки нарезанной резьбы должны иметь полный профиль, то нужно обеспечить вывод резьбонарезного инструмента. Для этого предусматривают проточку, диаметр которой для наружной резьбы несколько меньше внутреннего диаметра исполняемой резьбы. Когда выполняется внутренняя резьба, диаметр проточки выбирается несколько больше, чем наружный диаметр резьбы (рис. 111, г).

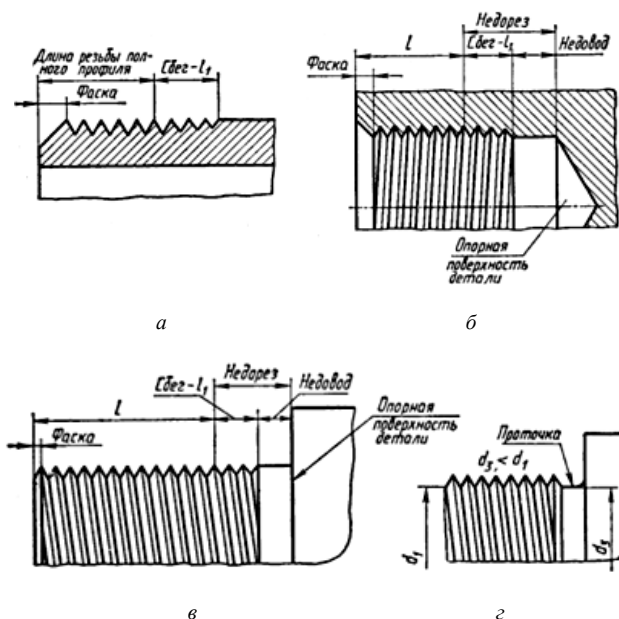


Рис. 111. Элементы резьбы: а – фаска и сбеги; б, в – фаска, сбеги, недорез, недорез; г – проточка

Построение точного изображения резьбы требует существенных временных затрат, поэтому его применяют в очень редких случаях. В соответствии с ГОСТ 2.311–68 на чертежах резьбу изображают условно, независимо от того, какая это резьба. Различие сказывается только на расположении резьбы (наружная или внутренняя).

На стержне изображение резьбы состоит из сплошных основных линий, проводимых по наружному диаметру резьбы, и сплошных тонких линий по внутреннему диаметру на всю длину полнопрофильной резьбы (рис. 112). На границе последнего полнопрофильного витка проводят сплошную основную линию. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу сплошной тонкой линией, равной  $\frac{3}{4}$  окружности и разомкнутой в любом ее месте, причем фаска не показывается.

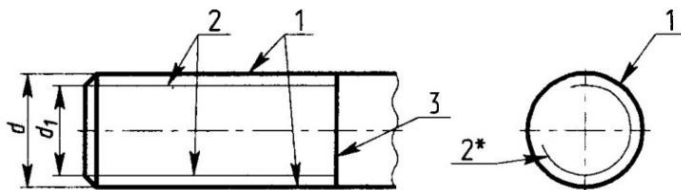


Рис. 112. Наружная резьба: 1 – линия внешнего диаметра;  
2 – линия внутреннего диаметра; 3 – линия окончания резьбы;  
2\* – линия внутреннего диаметра на торцевом изображении

Внутренняя резьба изображается иначе. Так, на разрезе сквозного или глухого отверстия резьба изображается по наружному диаметру тонкими сплошными линиями, а по внутреннему – сплошными основными (рис. 113). На торцевом изображении сплошная основная линия соответствует внутреннему диаметру резьбы, а тонкая линия – внешнему.

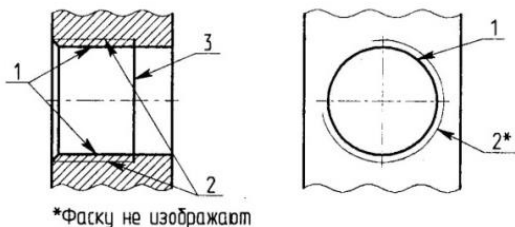


Рис. 113. Внутренняя резьба: 1 – линия внутреннего диаметра;  
2 – линия наружного диаметра; 3 – линия окончания резьбы;  
2\* – линия наружного диаметра на торцевом виде

На чертеже всегда точно откладывается наружный (большой) диаметр, второй диаметр должен быть меньше примерно на 1,5 мм, но не более чем на величину двойного шага резьбы.

Длиной резьбы называют длину участка детали, на котором образована резьба, включая фаску и сбеги. Обычно на чертежах указывают длину участка только с полным профилем витков. Если присутствует проточка, то ее ширину также включают в длину резьбы. При необходимости указания сбега резьбы или ее длины со сбегом поступают, как показано на рис. 114. Сбег изображают тонкими линиями, проводимыми примерно под углом  $30^\circ$  по отношению к оси.

В просверленном глухом отверстии образуется коническое углубление, которое вычерчивается всегда с углом  $120^\circ$  при вершине конуса. Размеры этого углубления на чертеже не проставляют.

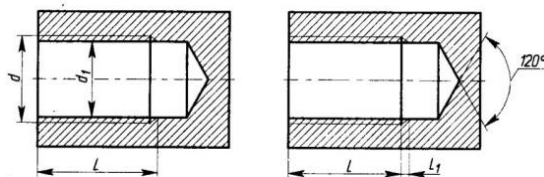


Рис. 114. Длина резьбы:  $d$  – наружный диаметр;  $d_1$  – внутренний диаметр;  $L$  – длина резьбы;  $l_1$  – сбег

Необходимо особенно четко уяснить правильный вариант изображения резьбового соединения деталей. В подобном соединении происходит взаимное перекрытие некоторых линий контура. Это хорошо заметно на примере чертежей соединения упора с корпусом и винта с корпусом (рис. 115).

Четко отслеживается, что линия внешнего наружного диаметра вворачиваемой детали строго соответствует тонкой линии наружного диаметра резьбы в отверстии корпусной детали. Линия внутреннего диаметра резьбы (тонкая) упора и винта строго соответствует аналогичной линии внутреннего диаметра резьбы в отверстии, которая изображается сплошной основной линией, так как она является видимой. Линия 2 в месте соединения перекрывает часть тонкой линии 4 и на основном, и на профильном разрезе  $A-A$ . На этих разрезах должна быть показана и тонкая линия внутреннего диаметра резьбы стержня, которая перекрывает линию внутреннего диаметра отверстия.

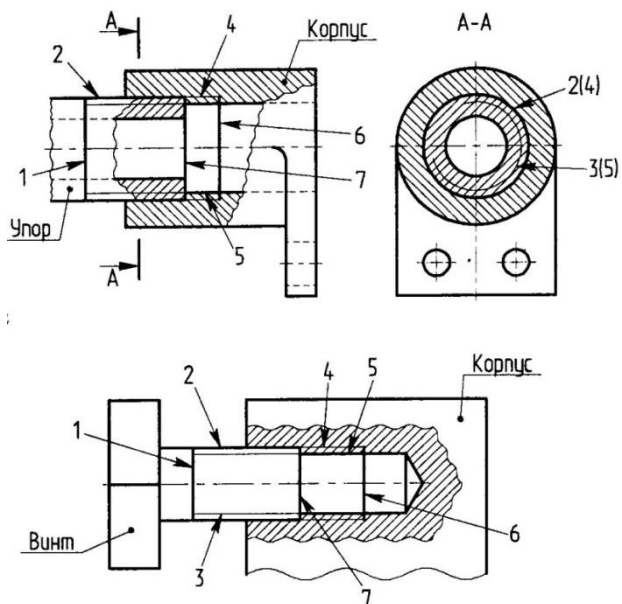


Рис. 115. Резбовое соединение: 1 – граница резьбы на упоре (винте);  
 2 – линия наружного диаметра резьбы на вворачиваемой детали;  
 3 – линия внутреннего диаметра резьбы вворачиваемой детали;  
 4 – линия наружного диаметра резьбы корпусной (внешней) детали;  
 5 – линия внутреннего диаметра резьбы корпусной детали;  
 6 – граница (линия окончания) внутренней резьбы в отверстии;  
 7 – линия контура вворачиваемой детали (упора, винта)

Резьба на закрытой поверхности (невидимая) изображается штриховыми линиями и по внешнему, и по внутреннему диаметрам, и по границе, т. е. по линии окончания резьбы (рис. 116).

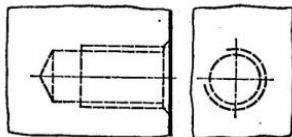


Рис. 116. Невидимая резьба

### 3.4.1.6. Простановка размеров резьб

Размер на конкретную резьбу указывается по аналогии с простановкой обычных размеров. Буквенно-цифровое обозначение проставляется, как правило, на размерной линии или на полке (рис. 117).

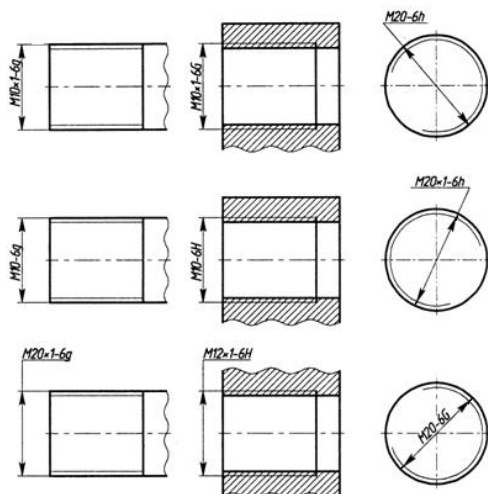
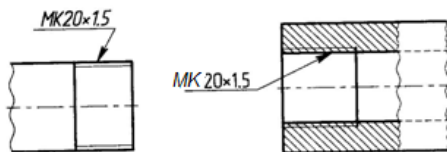


Рис. 117. Размеры метрической резьбы

Размер содержит букву  $M$ , номинальный диаметр, шаг резьбы (при необходимости) и поле допуска. Аналогичным образом проставляются размеры для других стандартных резьб, например, метрической конической (рис. 118, *a*), трапецеидальной (рис. 118, *б*) или упорной (рис. 118, *в*), за исключением трубной резьбы.



*a*

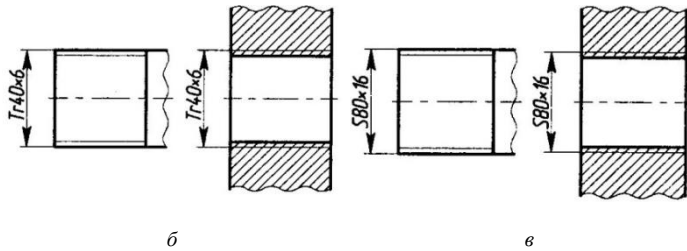


Рис. 118. Простановка размеров резьб: *а* – метрической конической; *б* – трапецидальной; *в* – упорной

Размер для трубной цилиндрической (рис. 119, *а*) или трубной конической (рис. 119, *б*) резьбы проставляется на полке линии-выноски, проводимой от линии видимого контура трубной резьбы.

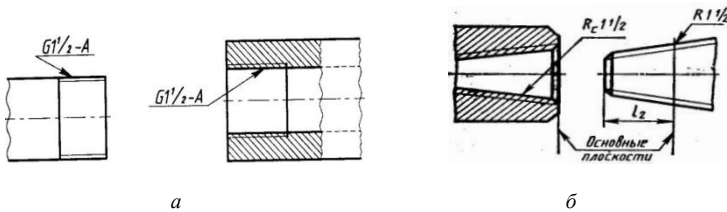


Рис. 119. Простановка размеров трубной резьбы: *а* – цилиндрической; *б* – конической

Обозначение проставляется таким образом потому, что показывает не номинальный диаметр резьбы, а условный проход, т. е. внутренний диаметр трубы (в дюймах), на которой может быть нарезана эта резьба.

### 3.4.2. Крепежные детали

Механизмы, машины, приборы состоят из некоторого количества отдельных деталей, объединенных в сборочные единицы (узлы). В общем количестве применяемых деталей 55...65 % имеет резьбу. Большая часть этих деталей (болты, винты, гайки, шпильки) стандартизована. Детали, с помощью которых выполняют разъемные резьбовые соединения, называют крепежными. К стандартным деталям относят также и такие, которые не имеют резьбы, но

участвуют в соединениях. Это – шайбы и шплинты. Стандартные детали изготавливают на специализированных заводах для всех отраслей промышленности, что снижает затраты на новые разработки и упрощает ремонт находящихся в эксплуатации старых машин.

### 3.4.2.1. Болты

Болтом называют стандартную деталь, состоящую из двух частей: головки определенной формы и цилиндрического стержня с резьбой. Наиболее распространена шестигранная форма головки (рис. 120).

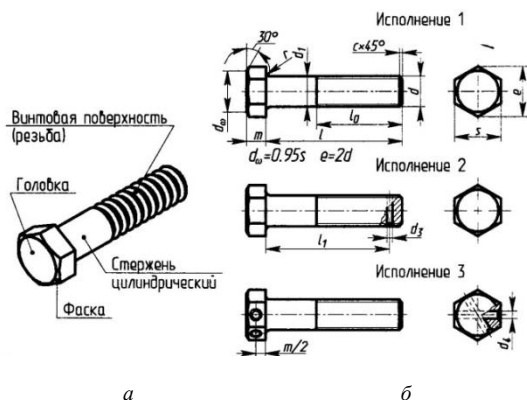


Рис. 120. Болт: а – технический рисунок; б – чертеж (три исполнения)

Болты с такой головкой могут изготавливаться в трех исполнениях (рис. 120, б): 1 – головка и стержень не имеют отверстий, 2 – с отверстием  $d_3$  на конце стержня, 3 – с двумя отверстиями  $d_4$  в головке стержня. Отверстия предназначены для установки шплинтов, которые предотвращают самоотвинчивание гаек либо болтов в болтовых соединениях.

Главный (определяющий) размер для болта – номинальный диаметр  $d$  резьбы. Важен также и размер  $l$  – конструктивная длина болта. Остальные размеры рассчитываются по соотношениям или выбираются из справочных данных. Так,  $e = 2d$ ,  $m = 0,7d$ . Для фаски  $S = 0,95d$ ,  $c = 0,15d$ . Длины  $l$  и  $l_0$  (длина резьбы) выбираются из установленного стандартом размерного ряда для каждого диаметра.

Точные размеры болтов выбираются из соответствующих справочников. Основные размеры наиболее употребимых болтов по ГОСТ 7798–70 приведены в табл. 13.

Таблица 13. Размеры болтов нормальной точности

Номинальный диаметр $d$	Размер под ключ $S$	Высота головки $H$	Диаметр $e$ описанной окружности	Радиус перехода $\leq r$	Длина болта $l$	Длина резьбы $l_0$
6	10	4	10,9	0,6	22...90	18
8	13	5,5	14,2	1,1	28...100	22
10	17	7,0	18,7	1,6	32...200	26...32
12	19	8,0	20,9	1,6	35...260	30...36
14	22	9,0	24,3	1,6	40...300	34...40
16	24	10,0	26,5	1,6	45...300	38...44
18	27	12,0	29,9	1,6	50...300	42...48
20	30	13,0	33,3	2,2	55...300	46...52
22	32	14,0	35,0	2,2	60...300	50...56
24	36	15,0	39,6	2,2	65...300	54...60
27	41	17,0	45,2	2,7	70...300	60...66
30	46	19,0	50,9	2,7	75...300	66...72
36	55	23,0	60,8	3,2	90...300	78...84
42	65	26,0	72,1	3,3	105...300	90...96

Процесс построения конструктивного изображения двух видов болта (главного и торцевого) подробно описан в учебной литературе. Поскольку это достаточно трудоемкая работа, которая и востребована далеко не всегда, применяется упрощенное изображение болта (рис. 121, *a*). В этом случае не строят фаски на головке и стержня болта, размеры головки высчитывают по соответствующим коэффициентам от номинального диаметра  $d$ . Если же диаметр стержня болта менее 2 мм применяют вообще условное его изображение (рис. 121, *б*). Условное изображение зачастую используется в архитектурно-строительных чертежах.

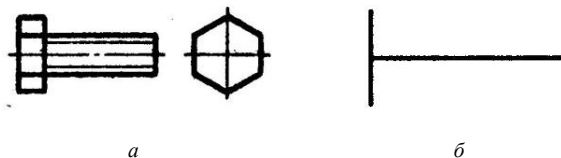


Рис. 121. Варианты чертежа болта: *a* – упрощенный; *б* – условный



Может применяться, но значительно реже, и иная форма головки болта: полукруглая с усом (рис. 122, а), полукруглая (рис. 122, б) с подголовком, потайная (рис. 122, в) с усом.

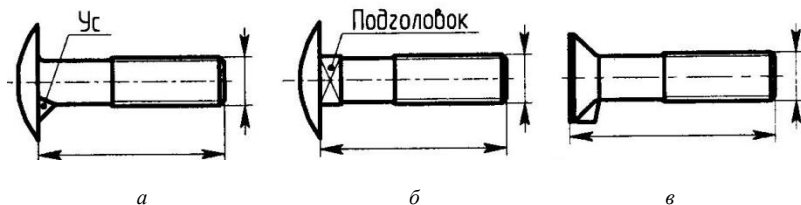


Рис. 122. Болты с полукруглой и потайной головкой

Условное обозначение крепежных деталей содержит в себе достаточно много сведений: и наименование, и геометрические, и прочностные параметры. Так, в обозначении болта присутствует следующее: слово «болт», вид его исполнения, диаметр резьбы, шаг (мелкий) резьбы, обозначение поля допуска резьбы, длина детали, класс прочности материала (иногда марка), обозначение вида покрытия, ее толщины и номер размерного стандарта (ГОСТ).

Рассмотрим конкретное обозначение «Болт 2М24×1,5–6h–70.109.30Х.016 ГОСТ 7798–70». Читается запись так: болт, исполнение 2, с метрической резьбой номинального диаметра 24 мм, с мелким шагом 1,5 мм. Поле допуска  $h$  в шестом квалитете, длина стержня болта 70 мм, класс прочности 10.9, он изготовлен из легированной стали марки 30Х, покрытие (01) цинковое с хромированием, толщина покрытия 6 мкм, размеры по ГОСТ 7798–70. Для болтов, изготовленных из углеродистой или легированной стали, установлено 12 классов прочности: 3.6, 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.6, 6.8, 6.9, 8.8, 10.9, 12.9, 14.9. Каждый класс прочности обозначен двумя числами. Первое из них, умноженное на 10, определяет минимальное временное сопротивление в кгс/мм<sup>2</sup>, второе число, умноженное на 10, определяет отношение предела текучести стали к временному сопротивлению в процентах. Произведение указанных чисел определяет величину предела текучести в кгс/мм<sup>2</sup>. Так, класс прочности 10.9 означает, что временное сопротивление равно 100 кгс/мм<sup>2</sup>, отношение предела текучести к временному сопротивлению 90 %, а предел текучести –  $100 \cdot 0,9 = 90$  кг/мм<sup>2</sup>.

В текстовой записи цифры класса прочности материала разделяются точкой, в самом обозначении в указании класса прочности точку, отделяющую первое число от второго, не ставят (например, 88, 109 и т. д.). В обозначении болта не указывают вариант исполнения 1, вид покрытия 00 (т. е. без покрытия), крупный шаг резьбы и ее поле допуска (если это 8g или 7H). Поэтому зачастую обозначение болта имеет более короткую запись: «Болт  $M12 \times 60.58$  ГОСТ 7805–70». Это обозначение читается так: болт, исполнение 1, с метрической резьбой диаметром 12 мм и крупным шагом резьбы, поле допуска которой 8g. Он имеет длину 60 мм, класс прочности 5.8, без покрытия. Размеры болта (помимо длины, которая определяется конструктивно) устанавливает ГОСТ 7805–70.

В соответствии с правилами, установленными стандартом, для деталей, класс прочности которых находится в пределах 8.8–14.9, следует указывать марку материала, например: 35X, 40XГ, 50, 20ХФ.

### 3.4.2.2. Винты

Цилиндрический стержень с резьбой на одном своем конце и головкой (цилиндрической, конической либо сферической формы) на другом называется винтом. Головка винта и его хвостовик могут иметь разные варианты исполнения, что определяется соответствующим стандартом.

Винты по назначению подразделяются на крепежные и установочные. Крепежные используются для неподвижных разъемных соединений деталей, установочные применяются для регулировки зазоров и фиксации деталей при сборке. Наибольшее распространение в технике получили крепежные винты нормальной точности с цилиндрической головкой по ГОСТ 1491–80. Чертеж такого винта показан ниже (рис. 123).

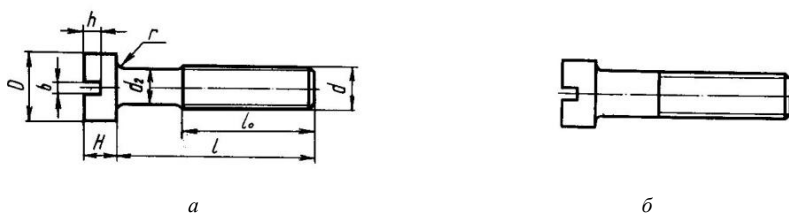


Рис. 123. Винты крепежные: а – исполнение 1; б – исполнение 2

На чертеже показываются: диаметр резьбы  $d$ , конструктивная длина  $l$ , диаметр головки  $D$  с размерами шлица  $b$  и  $h$ , высота головки  $H$  и длина резьбы  $l_0$ .

В обозначение винта входят те же самые параметры, которые присутствуют в обозначении болта. Обозначение «Винт  $M8 \times 1-6g-50.48.086$  ГОСТ 1488–84» читается так: винт, исполнение 1, с метрической резьбой диаметром 8 мм, с мелким шагом 1 мм и полем допуска резьбы 6g. Длина винта 50 мм, класс прочности 4.8, винт имеет покрытие (медное) с толщиной 6 мкм. Размеры и форму винта определяет ГОСТ 1488–84.

Для соединений деталей из более мягких чем металл материалов применяют специальные винты с резьбой большего шага. Они называются шурупами (рис. 124).

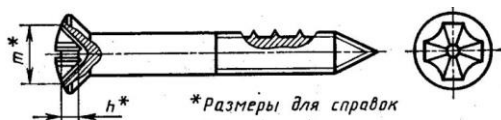


Рис. 124. Шуруп с потайной головкой

Запись «Шуруп  $1-3 \times 20$  ГОСТ 1146–80» означает, что это шуруп, исполнение 1, диаметр резьбы 3 мм, длина шурупа 20 мм, изготовлен из углеродистой стали, покрытие отсутствует.

### 3.4.2.3. Шпильки

Шпилька представляет собой цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах стержня (рис. 125). Один из концов шпильки вворачивается в резьбовое отверстие первой скрепляемой детали, второй – проходит через сквозное отверстие в другой скрепляемой детали, и на него наворачивается гайка.

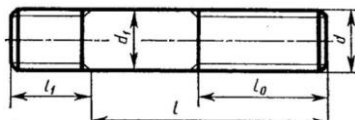


Рис. 125. Чертеж шпильки:  $d$  – диаметр резьбы;  $d_1$  – диаметр средней части;  $l$  – длина шпильки;  $l_1$  – длина ввинчиваемого конца;  $l_0$  – длина резьбы внешнего конца

В условном обозначении шпильки также присутствуют все вышеуказанные для болтов или винтов параметры. Номер размерного стандарта будет помимо всего прочего указывать длину вворачиваемого конца шпильки, который в зависимости от твердости материала деталей может быть:  $1d$ ;  $1,25d$ ;  $1,6d$ ;  $2d$ ;  $2,5d$ . Условное обозначение «Шпилька  $M20 \times 1,5-6g-100.58.035$  ГОСТ 22032-76» означает, что наружный диаметр шпильки 20 мм, шаг резьбы мелкий 1,5 мм, поле допуска резьбы  $6g$ , длина шпильки 100 мм, класс прочности 5.8, имеется медно-никелевое покрытие толщиной 5 мкм.

### 3.4.2.4. Гайки

Гайка – это крепежная деталь, имеющая отверстие с резьбой и гранную либо иную внешнюю поверхность, дающую возможность наворачивания (отворачивания) этой детали на болт или шпильку.

Пространственное изображение пяти вариантов гаек показано на рис. 126. Здесь представлены обычная шестигранная гайка, прорезная и корончатая гайка, барашковая и круглая шлицевая гайка.

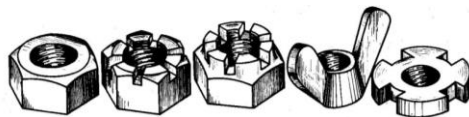


Рис. 126. Гайки

Чертеж наиболее распространенной обычной шестигранной гайки в двух исполнениях показан на рис. 127.

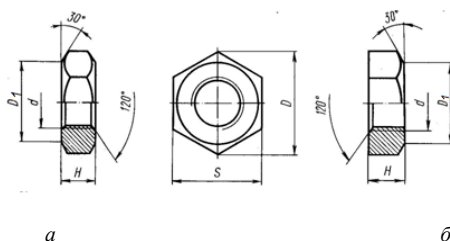


Рис. 127. Чертеж гайки: *a* – исполнение 1; *б* – исполнение 2;  
*d* – диаметр резьбы; *D* – диаметр описанной окружности; *H* – высота;  
*S* – размер под ключ;  $D_1 = 0,95S$

Такие гайки выпускают в двух основных исполнениях: исполнение 1 повышенной точности с двумя фасками и исполнение 2 нормальной точности с одной фаской. Предпочтение отдается гайкам нормальной точности с полями допуска резьбы  $7H$  и  $6H$ .

На рис. 127 показано конструктивное изображение гайки, однако зачастую пользуются упрощенным и даже в ряде случаев условным изображением (рис. 128).



Рис. 128. Изображение гайки:  
*a* – упрощенное; *б* – условное

Гайки могут выпускаться разной высоты: низкие –  $H = 0,6d$ ; нормальные –  $H = 0,8d$ ; высокие  $H = 1,2d$ ; особо высокие –  $H = 1,5d$ . Эти варианты отражаются соответствующими номерами стандартов. В условных обозначениях гаек указывают: наименование, исполнение (первое не указывают), тип резьбы, ее наружный диаметр и шаг (мелкий), поле допуска резьбы, класс прочности и марку материала, вид и толщину слоя покрытия (00 не указывают) и номер стандарта. В отличие от болтов для гаек из углеродистых и легированных сталей установлено семь классов прочности: 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14. Величина допустимого напряжения получается при умножении числа класса прочности на 10 (например,  $4 \cdot 10 = 40 \text{ кгс/мм}^2$ ). Таким образом, обозначение «Гайка  $2M12 \times 1,5-6 \ H.12.40X.098 \ \text{ГОСТ 5915-70}$ » читается как гайка шестигранная нормальной точности исполнения 2. Гайка имеет метрическую резьбу с номинальным диаметром 12 мм и мелким шагом 1,5 мм, поле допуска резьбы  $6H$ , класс прочности 12, из легированной хромистой стали 40X, с цинковым покрытием толщиной 9 мкм. Размеры гайки устанавливает ГОСТ 5915-70. Более короткое обозначение «Гайка  $M10-6H.6 \ \text{ГОСТ 5927-70}$ » читается так: гайка, исполнение 1, с метрической резьбой диаметром 10 мм и крупным шагом, полем допуска  $6H$ , с классом прочности 6, без покрытия и по ГОСТ 5927-70, что означает повышенную точность.

В табл. 14 указаны размеры гаек, изображенных на рис. 127.

Таблица 14. Гайки шестигранные

Номинальный диаметр $d$	Нормальная точность ГОСТ 5915–70			Повышенная точность ГОСТ 5927–70		
	$S$	$H$	$D$	$S$	$H$	$D$
6	10,0	5,0	10,9	10,0	5,0	11,0
8	13	6,5	14,2	13	6,5	14,4
10	17	8,0	18,7	17	8,0	18,9
12	19	10	20,9	19	10	21,1
14	22	11	24,3	22	11	24,5
16	24	13	26,5	24	13	26,8
18	27	15	29,9	27	15	30,2
20	30	16	33,3	30	16	33,6
22	32	18	35,0	32	18	35,8
24	36	19	39,6	36	19	40,3
27	41	22	45,2	41	22	45,9
30	46	24	50,9	46	24	51,6
36	55	29	60,8	55	29	61,7
42	65	34	72,1	65	34	73,0

### 3.4.2.5. Шайбы

Шайба – это деталь в виде диска (кольца), с гладким отверстием посередине. Шайбу подкладывают под гайку или головку болта с целью предохранения поверхности соединяемой детали от задиrow и износа при заворачивании гайки. Шайбы имеют различные разновидности, но наиболее распространены круглые (ГОСТ 11371–78) и пружинные (ГОСТ 6402–70) шайбы (рис. 129). Пружинные шайбы предотвращают самоотвинчивание гаек при возникающих вибрациях.

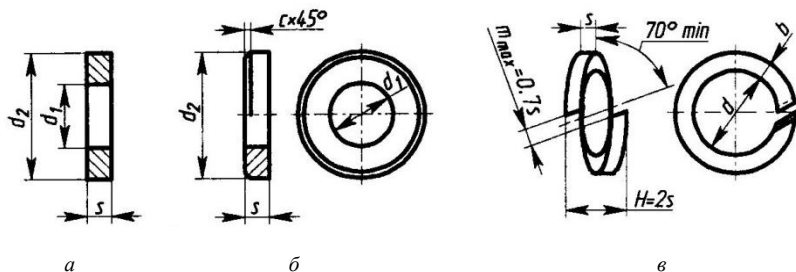


Рис. 129. Шайбы:

$a$  – круглая (исполнение 1);  $b$  – круглая (исполнение 2);  $v$  – пружинная;  
 $d_1$  и  $d_2$  – внутренний и внешний диаметры;  $s$  – толщина;  $b$  – ширина кольца

Шайбы также могут изображаться упрощенно либо условно, как показано ниже (рис. 130).

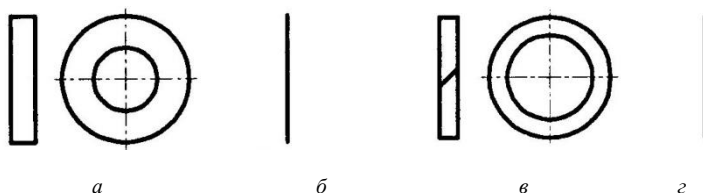


Рис. 130. Изображение шайб: *а* – круглой (упрощенное); *б* – круглой (условное); *в* – пружинной (упрощенное); *г* – пружинной (условное)

Размеры шайб, как и других крепежных деталей, берут из справочной литературы. Некоторые из них даны в табл. 15.

Таблица 15. Шайбы

Диаметр резьбы крепежной детали	ГОСТ 11371–78				ГОСТ 6402–70	
	Диаметр $d_1$	Диаметр $d_2$	Высота $s$	Катет фаски $c$	Диаметр $d$	Ширина $b$
6	6,4	12,0	1,0	0,3	6,1	2,0
8	8,4	15,5	1,6	0,4	8,1	2,5
10	10,5	18,0	1,6	0,4	10,1	3,0
12	13	21	2,0	0,5	12,1	3,5
14	15	24	2,0	0,5	14,2	4,0
16	17	28	2,0	0,5	16,3	4,5
18	19	30	2,5	0,6	18,3	5,0
20	21	34	2,5	0,6	20,5	5,5
22	23	37	2,5	0,6	22,5	6,0
24	25	39	2,5	0,6	24,5	7,0
27	28	44	2,5	0,6	27,5	8,0
30	31	50	3,0	0,8	30,5	9,0
36	37	60	3,0	0,8	36,5	9,0
42	43	72	4,0	1,0	42,5	10,0

Стандартом установлена следующая последовательность условного обозначения шайбы: наименование, вид исполнения (первое не указывают), диаметр стержня (болта, винта, шпильки), обозначение группы материала (01, 02, 11, 32), условное обозначение покрытия, толщина покрытия и номер стандарта. Например, «Шайба 2.14.01.099 ГОСТ 11371–78». Это обозначение читается так: шайба круглая,

исполнение 2, для крепежной детали диаметром 14 мм, из материала группы 01 (углеродистая сталь), с покрытием 09 (цинковое) толщиной 9 мкм, размеры по ГОСТ 11371–78.

Для пружинных шайб, помимо диаметра детали, на которую одевается шайба, обозначение предусматривает указание не группы материала, а его марку. Предусматривается также указание типа, каковых может быть четыре: легкий (Л), нормальный (Н), тяжелый (Т), особо тяжелый (ОТ). Обозначение такой шайбы может быть записано так: «Шайба 12 65Г.039 ГОСТ 6402–70» или «Шайба 12Т 65Г.026 ГОСТ 6402–70». Первое обозначение читается: шайба пружинная, диаметр стержня для нее 12 мм, тип нормальный (так как «Н» не проставляют), из стали 65Г, покрытие 03 (медь-никель) с толщиной 9 мкм, размеры по ГОСТ 6402–70. Второе обозначение отличается тем, что у этой шайбы тип «тяжелый», покрытие кадмиевое (02) с толщиной 6 мкм.

#### 3.4.2.6. Шплинты

В резьбовых соединениях для предотвращения самопроизвольного отвинчивания деталей применяется стержень особой формы, который называется шплинт. Его изготавливают из мягкой стальной проволоки полукруглого сечения. Установка шплинта показана на рис. 131.

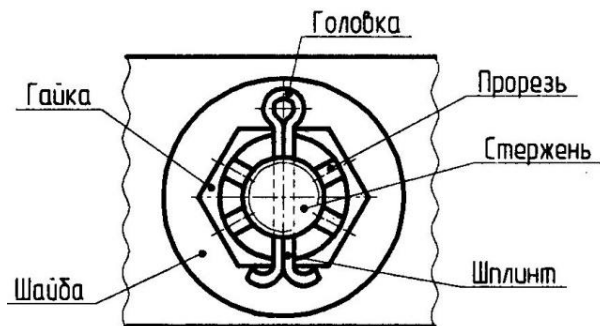


Рис. 131. Установка шплинта в соединении

Петля шплинта служит головкой, его стержень продевается в отверстие, и оставшаяся часть загибается. Чертеж шплинта показан на рис. 132, а размеры шплинтов приведены в табл. 16.



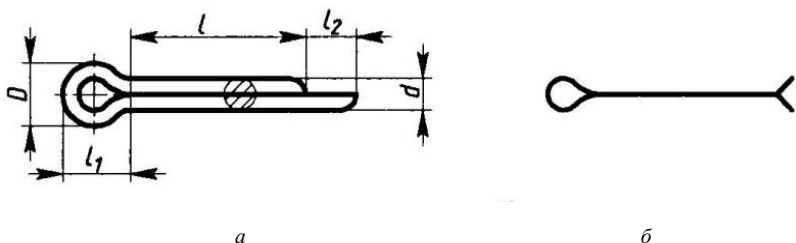


Рис. 132. Шплинт: *a* – чертеж; *б* – условное изображение

Таблица 16. Шплинты

Параметры	Условный диаметр шплинта						
	2	2,5	4	5	6,3	8	10
<i>d</i>	1,8...1,7	2,3...2,2	3,7...3,5	4,6	5,9...5,7	7,5...7,3	9,5...9,8
<i>l</i>	40...10	50...10	80...18	22	125...32	160...40	200...40
<i>l</i> <sub>1</sub>	4	5	8	10	12,6	16	20
<i>l</i> <sub>2</sub>	2,5...1,3	2,5...1,3	2,0...4,0	4...2	4...2	4...2	6,3...3,2
<i>D</i>	3,6...3,2	4,6...4,0	7,4	9,1	11,8...10	15	19...16

Примечание. Длина *l* выбирается конструктивно из стандартного ряда чисел: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40 и т. д.

Условное обозначение состоит из наименования, условного диаметра (диаметр отверстия) шплинта, его длины (*l*) и номера стандарта. Например, «Шплинт 5×40 ГОСТ 397–79». Это обозначение читается так: шплинт с условным диаметром 5 мм, длиной 40 мм из малоуглеродистой стали.

### 3.4.3. Крепежные соединения

#### 3.4.3.1. Болтовое соединение

При сборке машин болты применяют для соединения двух (или более) деталей, которые зажимаются между гайкой и головкой болта. Как правило, в соединении присутствует шайба (рис. 133).

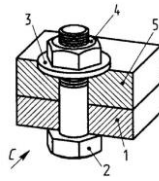


Рис. 133. Болтовое соединение:  
 1, 5 – соединяемые детали;  
 2 – болт; 3 – шайба; 4 – гайка;  
 C – направление обзора

Чертеж болтового соединения может изображаться как в конструктивном, так и в упрощенном варианте. Конструктивный вариант предусматривает построение изображений соединений по размерам крепежных деталей, взятым из соответствующих стандартов, отображая также все особенности форм деталей, как то: зазоры, фаски, проточки, линии перехода и пр. Этот вариант изображения крепежных деталей применяется для выполнения рабочих чертежей, по которым болты изготавливать и соединять.

На учебных чертежах изображение болтового соединения обычно строят по относительным размерам, являющимся функциями диаметра резьбы. Получающиеся цифры округляются до целых значений. Эти относительные размеры используют только для построения изображений, на чертежах их не проставляют. Положение размеров и функциональные формулы для подсчета численных значений показаны на рис. 134.

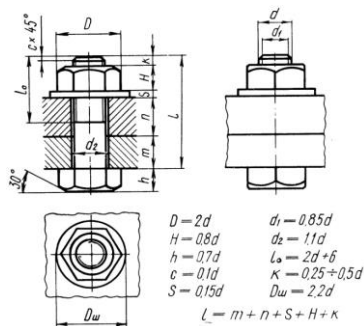


Рис. 134. Чертеж болтового соединения:  $d$  – диаметр резьбы;  
 $l$  – длина болта;  $m$  и  $n$  – толщина деталей

На сборочных чертежах применяют еще большие упрощения (рис. 135).

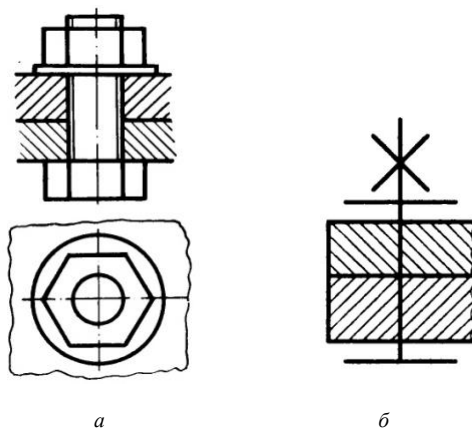


Рис. 135. Изображения соединения:  
*a* – упрощенное; *б* – условное

Применяемые упрощения позволяют не показывать линии перехода между разнотипными поверхностями на головке болта и на гайке, не показывать зазор между стенками отверстия и стержнем болта, линии внутреннего диаметра резьбы доводить до самой головки и не показывать на виде сверху линию внутреннего диаметра резьбы. Болтовое соединение вычерчивают условно, если размер стержня болта на чертеже не более 2 мм.

На чертеже болтового соединения проставляют не более четырех размеров: диаметр резьбы  $d$ , две толщины соединяемых деталей и длину болта  $l$  – как сумму нескольких составляющих, которая округляется до ближайшего числа из стандартного ряда чисел.

### 3.4.3.2. Шпильчное соединение

Для неподвижного соединения двух (верхней и нижней) деталей применяется шпильчное соединение (рис. 136). Размеры гайки и шайбы рассчитываются аналогично подобным же размерам в болтовом соединении. Соотношения для размеров  $l_0$  и  $l_2$  указаны на рис. 136, *a*.

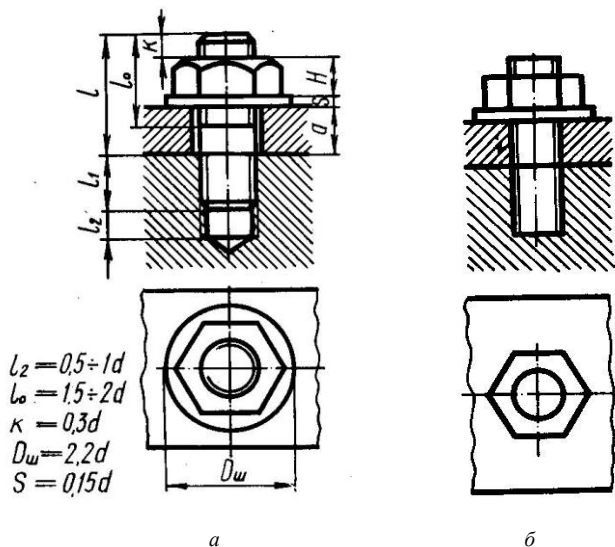


Рис. 136. Шпильчное соединение:

*a* – полноформатное изображение; *б* – упрощенное изображение

Напомним, что глубина заворачивания шпильки  $l_1$  зависит от материала нижележащей детали и находится в диапазоне  $1,0 \dots 2,5d$ . Упрощенный вариант изображения соединения (рис. 136, б) также позволяет не показывать линии перехода на гайке, не показывать линии окончания резьбы на обоих концах шпильки, тонкие линии внутреннего диаметра резьбы проводятся от верхнего торца шпильки до нижнего.

### 3.4.3.3. Фитинговое соединение

Для соединения стальных водо- и газопроводных труб применяют соединительные детали, называемые фитингами. Фитингами являются прямые и переходные муфты (короткие и длинные), угольники, прямые и переходные тройники и кресты. Размеры этих соединительных деталей определяются величиной условного прохода соединяемых труб. Вычерчивая соединение труб выбранным фитингом, чертеж выполняют как конструктивный, без упрощений. Буртики, ребра и остальные элементы изображают по размерам,

установленным соответствующими стандартами. При выполнении разрезов резьбового соединения в плоскости, параллельной его оси, отслеживают правильное чередование линий наружного и внутреннего диаметров резьбы. В отверстии показывается только тот участок резьбы, который не закрывается трубой (рис. 137, а, б).

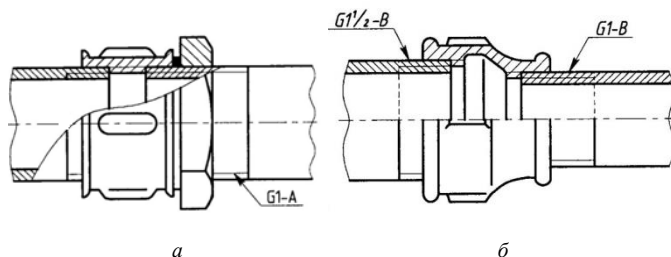


Рис. 137. Фитинговое соединение: а – прямой муфтой; б – переходной муфтой

На чертеже проставляется обозначение резьб, дополнительно могут указываться диаметры труб.

Размеры фитингов и труб выбирают, пользуясь справочными данными из соответствующих литературных источников [3, 6, 8], в которых также рассматриваются примеры соединений труб с помощью угольника, тройника и креста (крестовины), т. е. других фитингов.

### Вопросы для самоконтроля

1. Что представляет собой резьбовое соединение двух деталей?
2. Как образуется винтовая линия и винтовая поверхность?
3. Назовите три группы изделий разного назначения, имеющие винтовые поверхности.
4. Что такое резьба? Что такое резьбовое соединение? Как подразделяются разные резьбы?
5. Что понимается под термином «профиль» резьбы? Какие профили резьбы применяются?
6. Какими параметрами характеризуется любая резьба? Каким параметром определяется назначение резьбы?
7. Как изображают на чертежах резьбу на внешней и на внутренней поверхности детали?

8. Что такое сбег, недовод и недорез резьбы? Где проводят линию окончания (границу) резьбы?
9. Перечислите стандартные крепежные резьбы и укажите обязательные параметры для их обозначения.
10. В чем состоит характерное отличие обозначения трубной резьбы?
11. Перечислите стандартные ходовые резьбы. Что указывается в обозначении таких резьб?
12. Чем отличаются специальные резьбы? Что нужно указывать при изображении нестандартной резьбы?
13. В чем заключаются особенности изображения резьбового соединения двух деталей с наружной и внутренней резьбой?
14. Назовите все крепежные детали. Комплект каких деталей образует болтовое, шпилечное и фитинговое соединения?
15. Какие параметры указывают в обозначении болта или винта?
16. Какие параметры указывают в обозначении шпильки?
17. Какие параметры указывают в обозначении гайки?
18. Для чего используется шайба, и какие параметры должны присутствовать в ее обозначении?
19. Как и по каким размерам выполняют конструктивное изображение болтового и шпилечного соединений деталей?
20. В чем состоит отличие в упрощенном и условном изображении таких соединений?
21. Что такое фитинг? Какие разновидности фитингов существуют? Чем определяется и как маркируется размер фитинга?
22. Какие размеры указывают на чертежах резьбовых соединений?

### **3.5. Разъемные соединения**

Детали, являющиеся составными частями любого изделия, взаимодействуют друг с другом, выполняя определенные функции. Существует определенная группа деталей, с помощью которых выполняют соединение отдельных частей изделия, их установку в требуемом положении, передачу определенного вида движения от одной детали к другой либо фиксацию частей изделия. К таким деталям относят крепежные резьбовые детали, а также штифты, шпонки, шлицы. С помощью этих деталей можно осуществлять разъемные соединения. Эти соединения позволяют многократно разъединять и соединять детали механизмов без их повреждений.

### 3.5.1. Шпоночные соединения

Шпоночное соединение представляет собой соединение двух деталей третьей деталью, именуемой шпонкой, которая исключает проворачивание одной детали относительно другой, но в большинстве случаев не препятствует их продольному перемещению. Такие детали показаны на рис. 138.

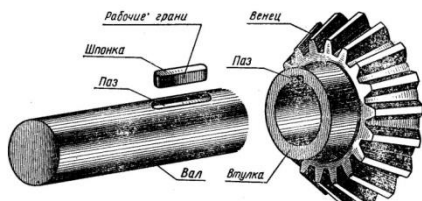


Рис. 138. Детали шпоночного соединения

Шпонка устанавливается в специальный паз вала таким образом, что часть ее выступает над поверхностью вала и входит в паз другой детали (шестерни, шкива, муфты). Рабочие грани шпонки передают вращение от одной детали к другой.

По форме шпонки подразделяют на призматические (ГОСТ 23360–78), сегментные (ГОСТ 24071–80) и клиновые (ГОСТ 24068–80).

Наибольшее применение получили призматические шпонки. Они представляют собой четырехгранную призму, торцы которой или скруглены, или перпендикулярно срезаны. Рабочими поверхностями призматической шпонки являются боковые грани, которыми шпонка передает вращающий момент. Этими гранями шпонка плотно контактирует с поверхностями пазов в вале и во втулке. В радиальном направлении предусмотрен зазор  $0,2 \dots 0,3$  мм (рис. 139).

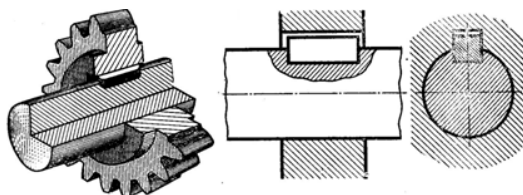


Рис. 139. Шпоночное соединение

По характеру работы призматические шпонки подразделяют на обыкновенные и направляющие. Направляющие шпонки применяются в соединениях, где в процессе работы происходит многократное перемещение втулки вдоль вала. Такие шпонки прикрепляются к валу винтами. Обыкновенные шпонки изготавливают по ГОСТ 23360–78, направляющие – по ГОСТ 8790–79.

Шпоночное соединение изображают в двух проекциях (рис. 140).

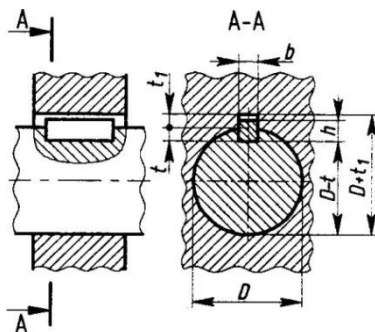


Рис. 140. Чертеж шпоночного соединения:  
 $D$  – диаметр вала;  $b, h$  – ширина и высота шпонки;  
 $t$  – глубина паза вала;  $t_1$  – глубина паза втулки

На главном изображении помещают продольный разрез с частичным разрезом вала (шпонка считается нерассеченной), а на втором – поперечный разрез  $A-A$ . Наносить размеры шпоночного соединения предпочтительнее на поперечном разрезе. Размеры обыкновенных призматических шпонок и пазов для них выбирают исходя из диаметра вала (табл. 17).

Таблица 17. Размеры шпонок и пазов по ГОСТ 23360–78

Диаметр вала $d$ , мм	Сечение шпонки $b \times h$	Глубина паза, мм		Длина шпонки, мм
		Вал $t$	Втулка $t_1$	
10...12	4×4	2,5	1,5	8...45
12...17	5×5	3,0	2,3	10...56
17...22	6×6	3,5	2,8	14...70
22...30	8×7	4,0	3,3	18...90
30...38	10×8	5,0	3,3	22...110
38...44	12×8	5,0	3,3	28...140
44...50	14×9	5,0	3,3	36...160



Обыкновенные призматические шпонки бывают трех исполнений. Исполнение 1 – торцы шпонок закруглены радиусом, равным половине ширины, т. е.  $b/2$ . Исполнение 2 – оба торца шпонки имеют перпендикулярный плоский срез. Исполнение 3 – один торец скруглен, второй – плоско срезан. Главным размером шпонки является ее ширина. Длина шпонки часто принимается равной  $1,5d$ , потом это число округляется до ближайшего большего из стандартного ряда чисел. Длина паза вала строго соответствует длине шпонки, длина паза втулки на  $5...6$  мм больше. Условное обозначение призматической шпонки включает наименование детали, исполнение, цифры поперечного сечения ( $b \times h$ ), длину шпонки и номер стандарта. Например, условное обозначение «Шпонка  $8 \times 7 \times 40$  ГОСТ 23360–78» читается так: шпонка призматическая, исполнение 1 (не указывается), ширина 8 мм, высота 7 мм, длина 40 мм, размеры по ГОСТ 23360–78.

Меньшее распространение получили сегментные и клиновые шпонки. Сегментная шпонка представляет собой часть цилиндра, полученную рассечением его тремя плоскостями: две из них перпендикулярны оси цилиндра и определяют толщину  $b$  шпонки, а третья параллельна оси цилиндра и определяет высоту  $h$  шпонки. Размеры сегментных шпонок регламентированы ГОСТ 24071–80. Применяют сегментную шпонку для тех же целей, что и призматическую. Соединение деталей сегментной шпонкой показано на рис. 141.

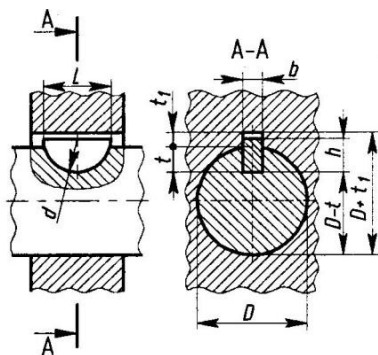


Рис. 141. Чертеж соединения (шпонка сегментная)

Клиновая шпонка представляет собой стальной клин, выполненный в форме односторонне скошенной четырехгранной призмы. Верхняя

скошенная грань этой призмы имеет уклон 1:100. Аналогичный уклон получает дно паза втулки. Рабочими поверхностями таких шпонок являются не боковые грани, а верхняя скошенная грань и противоположная ей нижняя. Клиновые шпонки относят к группе напряженных шпонок, способных передавать большие крутящие моменты и осевые нагрузки за счет силы трения между соприкасающимися поверхностями деталей. Размеры этих шпонок устанавливает ГОСТ 24068–80. Чертеж такого шпоночного соединения показан на рис. 142.

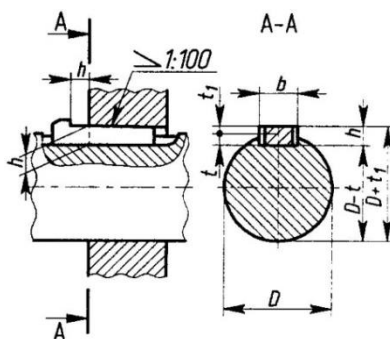


Рис. 142. Чертеж соединения (шпонка клиновая)

Клиновые шпонки применяют реже призматических, так как после сборки соединения получается небольшой перекосяк и радиальный сдвиг в пределах зазоров в сопряжении втулки относительно вала, возникающих при забивке клиновой шпонки в совмещенный вал. По этой же причине клиновые шпонки не применяют в соединениях с большими угловыми скоростями. Недостающие сведения о шпоночных клиновых и сегментных соединениях можно получить из учебной и справочной литературы [1, 2, 4, 5, 6].

### 3.5.2. Шлицевые соединения

Шлицевое (зубчатое) соединение какой-либо детали с валом может осуществляться за счет выступов определенной формы, выполненных на валу, и впадин, выполненных во втулке – ступице (рис. 143).

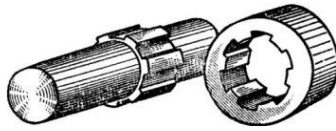


Рис. 143. Шлицевой вал и втулка

Такое соединение аналогично шпоночному, но благодаря нескольким выступам, исполняющим роль шпонок, оно способно передавать большие крутящие моменты, лучше осуществлять центрирование втулки и вала и обеспечивать их осевое перемещение.

В зависимости от формы поперечного сечения выступов шлицевые соединения делятся на соединения прямоугольного профиля, эвольвентного профиля, треугольного профиля (рис. 144).

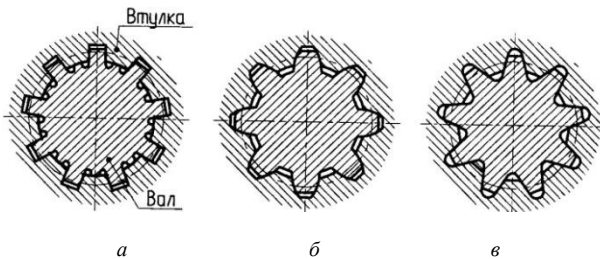


Рис. 144. Профиль шлицев: *а* – прямоугольный; *б* – эвольвентный; *в* – треугольный

Наибольшее распространение имеет прямоугольная форма шлицев (ГОСТ 1139–80). Эвольвентный профиль шлицев (ГОСТ 6033–80) отличается лучшим центрированием и повышенной прочностью. Центрирование шлицевых деталей может происходить по наружному диаметру, внутреннему диаметру и боковым поверхностям шлицев. Варианты центрирования указываются в условном обозначении. Треугольный профиль шлица нестандартизован и применяется в неподвижных соединениях, например для установки лапок или рычагов.

Правила изображений шлицевых валов и отверстий, их соединений установлены ГОСТ 2.409–74.

Окружности и образующие поверхности выступов валов и отверстий показывают сплошными основными линиями, а такие же

контуры, относящиеся к поверхностям впадин, – сплошными тонкими линиями. Линии границ шлицевой части вала и сбеги шлицев показывают тонкой сплошной линией. Если шлицы попадают в зону продольного разреза или на валу, или во втулке, они должны изображаться сплошными основными линиями (рис. 145, *a*, *б*).

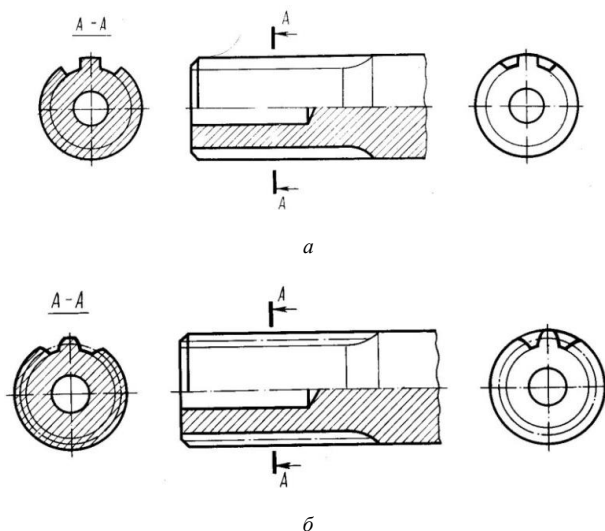


Рис. 145. Шлицевой вал: *a* – прямобочный; *б* – эвольвентный

На изображениях валов и втулок, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную продольной оси детали, показывают профиль одного зуба (выступа) и двух соседних впадин. Фаски, канавки и закругления допускается не показывать (рис. 146).

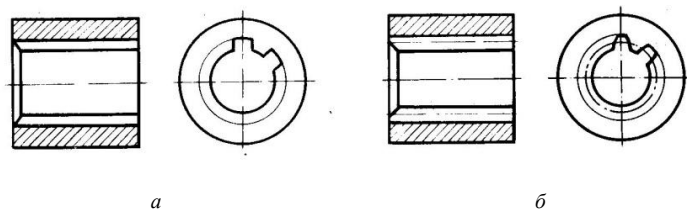


Рис. 146. Шлицевые втулки: *a* – прямобочная; *б* – эвольвентная

Показывая соединение шлицевого вала и втулки, считают, что выступы вала попадают в продольную плоскость, и их, даже в разрезах, показывают нерассеченными. Радиальные зазоры между выступами и впадинами не показывают. В разрезах вал перекрывает своим изображением часть шлицевой втулки (рис. 147).

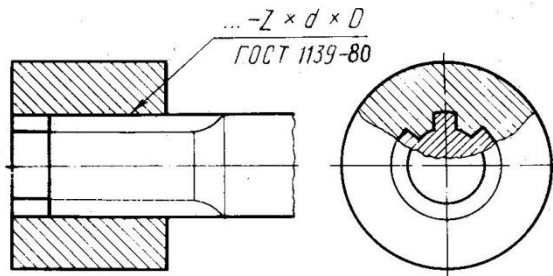


Рис. 147. Шлицевое прямобочное соединение с обозначением

В условном обозначении шлицевого соединения с прямобочным профилем зубьев указывают: способ центрирования втулки относительно вала, число зубьев  $z$ , внутренний диаметр  $d$ , наружный диаметр  $D$ , ширину зуба  $b$  и предельные отклонения для рекомендуемых полей допусков. Например, обозначение « $D - 8 \times 36e8 \times 40a11 \times 7f8$ » (для вала) и « $D - 8 \times 36H7 \times 40H12 \times 7D9$ » (для втулки) читается так: шлицевой вал (втулка) с центрированием по наружному диаметру, число зубьев – 8, внутренний диаметр 36 мм с полем допуска  $e8$  ( $H7$ ), наружный диаметр 40 мм с полем допуска  $a11$  ( $H12$ ), ширина зуба 7 мм с полем допуска  $f8$  ( $D9$ ).

Для шлицевых деталей с эвольвентным профилем зубьев обозначение содержит указание номинального диаметра  $D$ , модуля  $m$  (длины участка окружности делительного диаметра, приходящейся на один зуб) и номера стандарта. Так, для соединения обозначение будет записано следующим образом:  $50 \times 2 \times 9H/9g$  ГОСТ 6033–80, где 50 – номинальный диаметр, 2 – модуль,  $9H$  и  $9g$  – поля допуска. Число зубьев не указывают, так как они определены значениями диаметра и модуля.

На учебных чертежах обычно не указывают поля допуска и варианты центрирования ( $D$ ,  $d$ ,  $b$ ) и ограничиваются цифрами количества зубьев, диаметров и ширины зуба.

### 3.5.3. Штифтовые соединения

В практике в основном применяются штифты, представляющие собой гладкий стержень цилиндрической или конической формы (рис. 148).

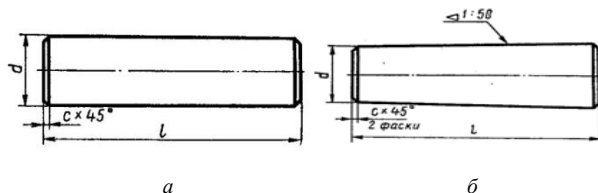


Рис. 148. Штифты: *a* – цилиндрический; *б* – конический

В условном обозначении штифта находит отражение его диаметр  $d$  и длина  $l$ . Размеры и параметры цилиндрических штифтов определяются по ГОСТ 3128–70, конических штифтов – по ГОСТ 3129 –70. Обозначение: «Штифт 6×25 ГОСТ 3129–70» показывает, что это штифт конический с начальным диаметром 6 мм и длиной 25 мм.

Штифты достаточно часто используют для точной установки и фиксации одной детали относительно другой. Они же применяются для соединения деталей, соприкасающихся между собой по цилиндрической или конической поверхности, чтобы обеспечить передачу усилия от одной детали к другой (рис. 149).

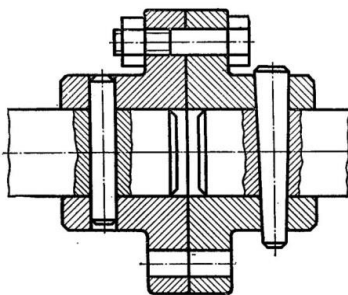


Рис. 149. Штифтовое соединение

Штифты могут выполнять роль предохранителей, разрушаясь (срезаясь) при недопустимом увеличении действующих нагрузок.

### Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите разъемные соединения деталей.
2. Какую функцию в шпоночном соединении выполняет шпонка? Какие существуют основные типы шпонок?
3. Какие разновидности изображений выполняют для шпоночного соединения? Какое количество изображений считается достаточным?
4. Какие параметры указывают в обозначениях шпонки? Какой из них главный?
5. Какую особенность следует учитывать при использовании клиновых шпонок?
6. Что представляет собой шлицевое соединение? Каким преимуществом перед шпоночным соединением оно обладает?
7. Какие профили шлицев существуют? Какие из них наиболее распространены? Какие шлицы применяют для подвижных и неподвижных соединений?
8. Как вычерчивают шлицы при продольном и поперечном расположении шлицевого вала? Чем отличается изображение шлицев на внутренней поверхности (для втулки)?
9. Какие имеются варианты центрирования шлицевого вала и шлицевой втулки?
10. Какие параметры указывают в обозначении прямобочного шлицевого и эвольвентного шлицевого соединения?
11. Что представляет собой штифт, и для чего он используется?
12. Какие параметры присутствуют в обозначении штифта?

### 3.6. Неразъемные соединения

Неразъемные соединения невозможно разъединить без повреждения либо самих составных частей, либо соединительных элементов. К неразъемным соединениям относятся клепаные, сварные, полученные пайкой, склеиванием, сшиванием, а также соединения, полученные запрессовкой деталей с натягом. Наибольшее распространение из перечисленных соединений получили сварные соединения. Сваркой называется процесс получения соединений посредством приобретения межатомных связей между частицами соединяемых элементов при их плавлении и (или) пластическом деформировании. Сварка – один из наиболее прогрессивных способов соединения частей изделий, так как обладает значительным

преимуществом перед литьем и соединением заклепками. Соединения, полученные способами шивки и опрессовки, а также заклепочные, в этом курсе не рассматриваются. Они представлены в соответствующей учебной и справочной литературе [1, 2, 4, 5, 6, 8].

### 3.6.1. Сварные соединения

В сварных соединениях появляются сварные швы. На чертежах они, как правило, изображаются условно, здесь же даются и соответствующие обозначения. Независимо от способа сварки в соответствии с ГОСТ 2.312–82 видимый шов изображается сплошной основной линией, а невидимый – штриховой линией (рис. 150). От изображения шва проводят линию-выноску, начинающуюся с односторонней стрелки, а на полке записывают обозначение.

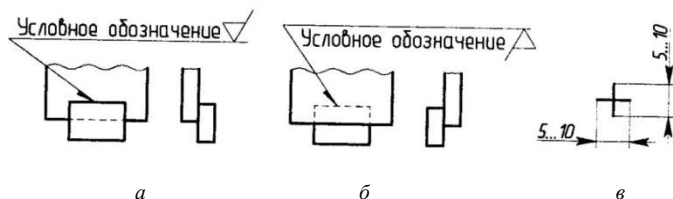


Рис. 150. Сварные швы и точки на чертеже:  
*a* – видимый шов; *б* – невидимый шов; *в* – сварная точка

При необходимости показать реальную форму и размеры сварного шва поперечное сечение шва выполняется, как показано на рис. 151.

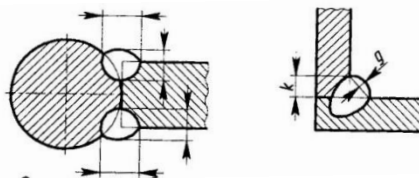


Рис. 151. Конструктивный чертеж шва:  
*k* – катет шва; *g* – усиление шва

Границы шва выполняют сплошными основными линиями, а конструктивные элементы кромок в границах шва – сплошными тонкими



линиями. Штриховка свариваемых деталей выполняется в разные стороны. При необходимости указываются размеры конструктивных элементов швов, как показано на рис. 151.

Почти все сварные швы, за исключением малой их части, стандартизованы, поэтому параметры швов определяются соответствующими стандартами. В курсе «Черчение» рассматривается сварка деталей из малоуглеродистых сталей с применением швов, выполненных ручной электродуговой сваркой, типы которых определяет ГОСТ 5264–80. Применение такой же сварки, но при расположении соединяемых частей под острыми или тупыми углами определяет ГОСТ 11534–75. Швы сварки под флюсом определяет ГОСТ 8713–79, в среде защитного газа – ГОСТ 14806–80. Дуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов в инертных газах регламентирована ГОСТ 14806–80, а контактная сварка – ГОСТ 15878–79. Наконец, швы, предназначенные для сварки полиэтилена, полипропилена и винилпласта, определяет ГОСТ 16310–80.

Кроме различия в стандартах исполнения сварного шва, они различаются взаимным расположением свариваемых деталей, характером сварного шва, формой поперечного сечения. Учитывается и толщина свариваемых деталей, которая влияет на формы разделки кромок деталей.

Все эти особенности учитываются и отражаются в условных обозначениях изображаемых сварных швов.

Различают несколько видов сварных соединений (рис. 152): стыковые, угловые, тавровые, нахлесточные.

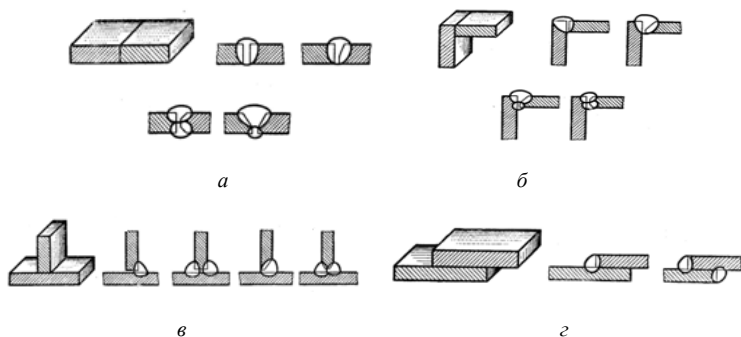


Рис. 152. Виды сварных соединений: *a* – стыковые; *б* – угловые; *в* – тавровые; *г* – нахлесточные

Стыковое соединение (С) – свариваемые детали соединяются по своим торцевым поверхностям.

Угловое соединение (У) – свариваемые детали расположены под углом и соединяются по кромкам.

Тавровое соединение (Т) – торец одной из свариваемых деталей соединяется с боковой поверхностью второй детали.

Соединение внахлестку, или нахлесточное, (Н) – боковые поверхности частично перекрывают друг друга, сварка происходит по кромкам.

Между кромками деталей предусматривается зазор 0...5 мм. В зависимости от требований, предъявляемых к сварному соединению, форма кромок свариваемых деталей может исполняться по-разному: без скоса кромок, со скосом одной кромки, с двумя скосами одной или двух кромок и т. д. Скосы могут быть симметричными и асимметричными, прямолинейными и криволинейными. Варианты разной разделки кромок указываются цифрами (С1, ..., С25; У1, ..., У10; и т. д.).

По характеру положения сварные швы подразделяются на односторонние и двусторонние, по технологии выполнения – на сплошные, прерывистые и точечные, на замкнутые и незамкнутые (рис. 153).

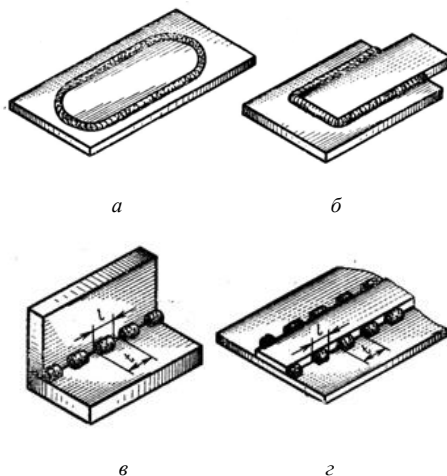


Рис. 153. Сварные швы: а – сплошной замкнутый; б – сплошной разомкнутый; в – прерывистый цепной; з – с шахматным расположением участков

Двусторонние прерывистые швы выполняются с цепным или шахматным расположением провариваемых участков. Они характеризуются длиной провариваемого участка  $l$  и шагом проварки  $t$ .

Швы сварных соединений могут выполняться с выпуклостью, т. е. с усилением. Усиление определяется величиной  $g$  (см. рис. 151). Отдельные типы нахлесточных, тавровых и угловых швов дополняются величиной  $k$ , называемой катетом шва (см. рис. 151).

Совокупность всех конструктивных особенностей стандартного шва обозначается цифрой, которая совместно с буквенным обозначением вида соединяемых деталей составляет буквенно-цифровое обозначение типа шва по соответствующему стандарту, например: С1, С2, С3, ..., или У1, ..., Т1, ..., Н1, ... и т. п. Дополнением служат вспомогательные знаки для сварных швов.

На изображении сварного шва различают его лицевую и оборотную стороны. Лицевой стороной одностороннего шва считают ту сторону, с которой производится сварка (рис. 154, а).

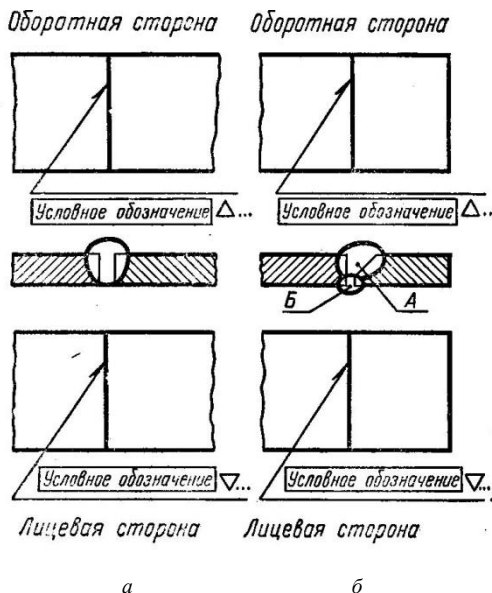


Рис. 154. Простановка условного обозначения шва: а – односторонний шов; б – двусторонний шов; (А – шов основной; В – шов вспомогательный)

Лицевой стороной двустороннего шва с несимметричной подготовкой кромок деталей считают сторону, с которой производят сварку основного шва А (рис. 154, б). При симметричной подготовке кромок двустороннего шва за лицевую сторону можно принять любую сторону шва. Обозначение шва прописывают над полкой линии-выноски, если шов виден с лицевой стороны, и под полкой линии-выноски, если шов показан с оборотной стороны.

### 3.6.1.1. Графическое обозначение сварного соединения

На чертеже каждый стандартный шов имеет определенное условное обозначение. Если предполагается механическая обработка сварного шва, в конце условного обозначения шва указывается шероховатость поверхности. При наличии нескольких одинаковых сварных швов им присваивают один и тот же номер. Его указывают на линии-выноске с полным обозначением сварного шва. Вместе с номером представляют и количество таких швов (рис. 155). Одинаковыми сварными швами считаются швы, выполненные по одному стандарту и имеющие идентичные поперечные сечения.

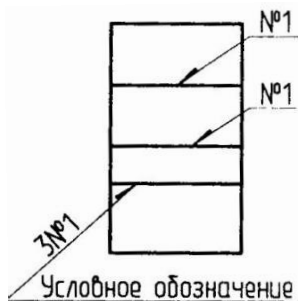


Рис. 155. Нумерация швов

Допускается не присваивать порядковый номер одинаковым сварным швам, если они расположены с одной стороны (лицевой или оборотной). При этом один сварной шов обозначают полностью, а остальные отмечают линиями-выносками без полочек.

Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов приведены в табл. 18. Знаки выполняются сплошными тонкими линиями и должны быть одинаковой высоты с буквами и цифрами.

Таблица 18. **Вспомогательные знаки для сварных швов**

Знак	Значение знака
Ω или ♂	Усиление шва снять
∩ или ∪	Напльвы и неровности обработать с плавным переходом к основному металлу
∟	Шов выполнять при монтаже изделия, т. е. на месте применения
/	Шов прерывистый или точечный с цепным расположением
Z	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением
○	Шов по замкнутому контуру (диаметр кружка 3...5 мм)
△(цифра)	Знак и размер катета шва (для всех швов, кроме стыковых)
□	Шов по незамкнутой линии

Для обозначений на чертежах приняты сокращенные условные обозначения видов и методов сварки: электродуговая сварка – Э, электро-сварка дуговая под флюсом – Ф, электросварка дуговая в среде защитного газа – З, электрошлаковая сварка – Ш, контактная сварка – Кт, ультразвуковая сварка – Уз, сварка трением – Тр, холодная сварка – Х, плазменно-дуговая сварка – Пз, электронно-лучевая сварка – Эл, газовая сварка – Г, лазерная сварка – Л.

Условные обозначения способов сварки учитывают технологические особенности процесса сварки и содержат заглавные (прописные), а зачастую и строчные буквы алфавита (кириллицы) по названию способа сварки.

Автоматическая сварка под флюсом без применения подкладок, подушек и подварочных швов обозначается буквой А: на флюсовой подушке – Аф, на стальной подкладке – Ас и т. д.

Полуавтоматическая сварка под флюсом без применения подкладок, подушек и подварочного шва – П: на стальной подкладке – Пс, с ручной подваркой – Пр и т. д.

Ручная электродуговая сварка – Р: неплавящимся электродом в защитных газах – Рн-З, плавящимся электродом – Рн-П.

Контактная электросварка – К: точечная – Кт, роликовая – Кр, рельефная – Кв, стыковая – Кс, стыковая плавлением – Ксо.

Электрошлаковая сварка: проволочным электродом – Шэ, плавящимся мундштуком – Шм, электродом большого сечения – Шп.

Электрозаклепочная сварка: под флюсом – Эфа, в углекислом газе – ЭУФ, в аргоне плавящимся электродом – ЭПлЗ.

Электросварка в инертных газах: неплавящимся электродом без присадочного материала – ИН, с присадочным материалом – ИНп, в углекислом газе плавящимся электродом – УП и т. д.

Сварные швы, выполненные газовой сваркой, следует изображать и обозначать как нестандартные швы.

### 3.6.1.2. Структура обозначения сварного шва

Структура обозначения стандартного сварного шва может содержать до шести блоков и до двух условных знаков в начале полки линии-выноски. Она показана на рис. 156, а, б.

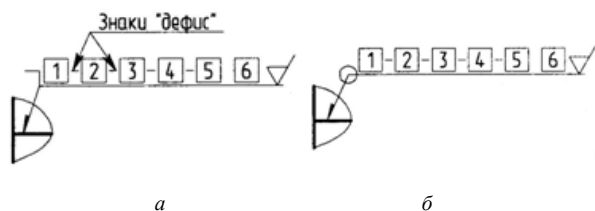


Рис. 156. Схема обозначения стандартного сварного шва:  
а – монтажный шов; б – замкнутый шов

На местах прямоугольников через дефис наносят:

1 – обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы шва;

2 – буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту на типы и конструктивные элементы шва;

3 – условное обозначение способа сварки по стандарту (допускается не проставлять);

4 – знак и размер катета шва;

5 – указание прерывистого шва, наносят знак / или Z, записывают длину провариваемого участка и шаг проварки (для одиночной сварной точки – размер расчетного диаметра точки и размер шага);

6 – вспомогательные знаки, указывающие на дополнительную обработку и на незамкнутую форму сварного шва.

На рис. 156, а в начале полки присутствует знак ], который означает, что этот шов выполняется при монтаже изделия, а на рис. 156, б – знак о, означающий, что шов выполнен по замкнутому контуру.

Запись завершает знак шероховатости поверхности сварного шва, если его поверхность подвергалась дополнительной механической обработке.

Условное обозначение нестандартного шва или одиночной сварной точки выполняют по иным структурным схемам (рис. 157, а, б).

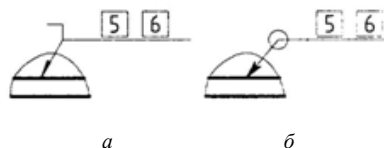


Рис. 157. Обозначения нестандартного шва:  
а – шов для монтажа; б – замкнутый шов

На местах квадратов 5 и 6 наносят те же знаки, что и в предыдущих вариантах. Остальные сведения (способ сварки, вид сварного соединения, катет шва и т. д.) указывают в технических требованиях для выполняемого чертежа соединения.

На нижеследующих рисунках приведены примеры обозначений некоторых стандартных сварных швов (рис. 158).

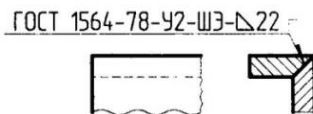


Рис. 158. Угловой сварной шов

Обозначение сварного шва на рис. 158 показывает, что этот сварной шов выполнен электрошлаковой сваркой по ГОСТ 1564–78 проволочным электродом. Соединение угловое, катет шва 22 мм. Шов подлежит выполнению при монтаже изделия.

На рис. 159 изображено тавровое сварное соединение.



Рис. 159. Сварное соединение тавровое

Обозначение сварного шва показывает, что сварной шов выполнен ручной дуговой электросваркой в защитных газах по замкнутому контуру. ГОСТ 14806–80 устанавливает форму и размеры шва при сварке алюминия. Запись Т5-Рн-3 означает тавровое соединение без скоса свариваемых кромок, сварка ручная неплавящимся электродом – катет шва 6 мм. Запись 50Z100 означает, что сварной шов прерывистый с шахматным расположением провариваемых участков, длина участка 50 мм, шаг 100 мм.

На рис. 160, *а*, показаны обозначения двух тавровых и двух нахлесточных сварных швов. Все швы выполнены ручной дуговой сваркой по ГОСТ 5264–80. Вариант скоса кромок для таврового шва не указан, катет 5 мм, для нахлесточных швов (Н1) кромки не разделаны. И тавровых и нахлесточных швов по два, причем полное обозначение имеет только один, а второй шов указан только номером: № 1 и № 2.

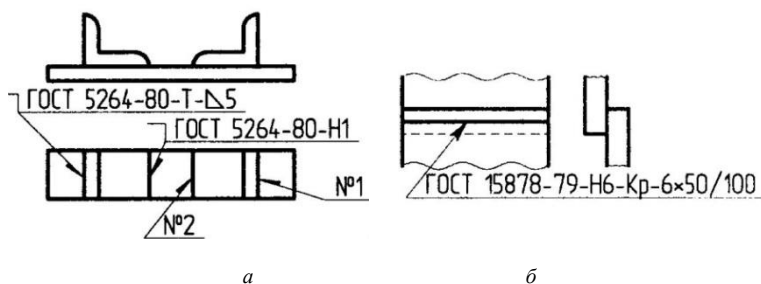


Рис. 160. Обозначения сварных швов: *а* – сварка электродуговая сплошным швом; *б* – сварка контактная прерывистым швом

На рис. 160, *б* обозначение показывает, что сварной шов нахлесточного соединения выполнен по ГОСТ 15878–79 и осуществлен контактной роликовой электросваркой (Кр) с шириной роликового шва 6 мм. Шов прерывистый (Z) с цепным расположением участков проварки. Длина провариваемого участка 50 мм, шаг 100 мм.

### 3.6.2. Соединения деталей пайкой и склеиванием

Соединения, полученные пайкой, также, как и сварные, являются неразъемными соединениями. Швы таких соединений изображают на чертежах по ГОСТ 2.313–82. Видимые паяные швы соединений в раз-



резах и на видах изображают сплошной линией (2S) двойной толщины (рис. 161, *a*). Существует большое количество способов пайки: паяльником, погружением в расплавленный припой, газопламенный, лазерный, электронно-лучевой и др. (ГОСТ 17349–79).

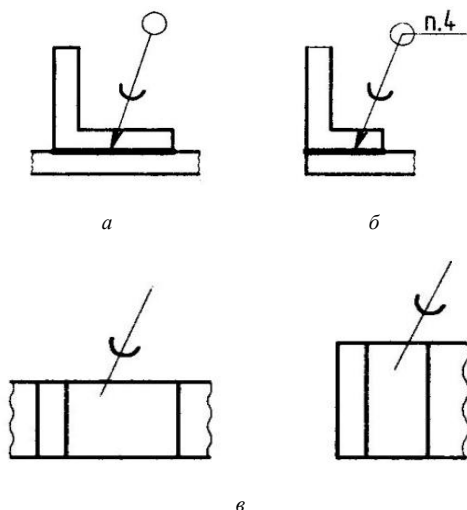


Рис. 161. Изображение и обозначение паяного шва: *a* – общее изображение; *б* – с указанием № пункта технических требований; *в* – для невидимого шва

Швы, выполненные пайкой, обозначают условным знаком  $\cup$ , который проводится основной линией выпуклостью в сторону шва. Знак наносят на наклонном участке линии-выноски. При выполнении пайки по замкнутому контуру к обозначению добавляют знак  $\bigcirc$  диаметром 3...5 мм, который размещают на конце линии-выноски (рис. 161, *a*). При простановке обозначения паяного шва линия-выноска начинается в отличие от сварного шва обычной двусторонней стрелкой. Она заканчивается полкой, если нужно указать соответствующий номер пункта технических требований к качеству шва (рис. 1601, *б*). При наличии невидимых поверхностей, соединяемых пайкой (вид сверху на рис. 161, *в*), стрелку на линии-выноске не показывают.

Если на чертеже присутствует несколько паяных швов, они нумеруются. Номер шва записывают на линии-выноске этого шва. Когда швы выполняются припоем одной и той же марки, им присваивается

один и тот же номер. При выполнении швов припоями разных марок каждому из них присваивается другой порядковый номер в соответствии с примененным припоем (рис. 162). Расшифровка материалов припоев выполняется в пунктах технических требований.

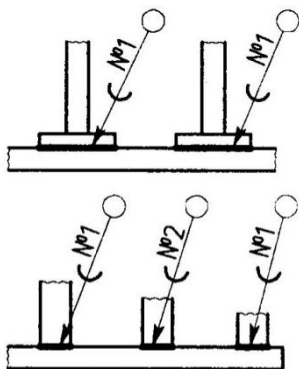


Рис. 162. Обозначение нескольких паяных швов

В таком случае в технических требованиях делают записи, например: ПМЦ 36 ГОСТ... (№ 1), ПОС 40 ГОСТ... (№ 2) и т. д.

При необходимости на изображении паяного соединения могут указываться размеры шва и шероховатость (рис. 163).

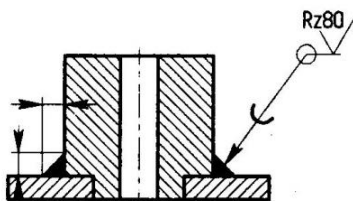


Рис. 163. Параметры шва

Для пайки применяются нижеследующие марки припоев: оловяно-свинцовые – ПОС-90; ПОС-30; ПОС-18; ПОС 4-6; ПОССу 25-2; ПОССу 61-05; медно-цинковые – ПМЦ 36; ПМЦ 48; ПМЦ 54; серебряные – ПСр 25; ПСр 45 и др.

Параметры и типы паяных соединений регламентирует ГОСТ 19249–73.

Следующим способом получения неразъемных соединений является склеивание деталей. Этот способ соединения разнородных деталей и конструкций также получил широкое применение в промышленности. Правила изображения клееных и паяных швов полностью совпадают, а обозначения различаются. Знак склеивания, наносимый на наклонную часть линии-выноски, напоминает букву К (рис. 164, а, б).

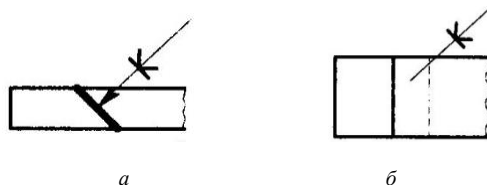


Рис. 164. Клееный шов

При обозначении невидимых поверхностей, соединенных склеиванием, линию-выноску, как и в предыдущем случае, проводят без стрелки (рис. 164, б). При наличии нескольких одинаковых клееных швов им также присваивается единый порядковый номер, например, клей БФ-2 ГОСТ... (№ 1). Соответствующая запись должна выполняться в технических требованиях на чертеже изделия, а в простейших случаях – на полке линии-выноски.

### Вопросы для самоконтроля

1. Что понимается под неразъемным соединением? Какие соединения являются неразъемными?
2. Что такое сварка?
3. Как изображаются на чертежах видимые и невидимые сварные швы?
4. Как поступают, если нужно показать реальную форму и конструктивные размеры сварного шва?
5. Где размещается запись условного обозначения сварного шва, и какое отличие в обозначении видимого и невидимого шва?
6. На что влияет номер стандарта в обозначении сварного шва?
7. Какие факторы, кроме номера стандарта, принимают во внимание для условного обозначения сварных швов?

8. Укажите несколько видов разных сварных соединений. Какими буквами они сопровождаются?

9. Как различаются сварные швы по характеру положения и по технологии выполнения?

10. Какие существуют варианты прерывистых сварных швов? Какие геометрические размеры для таких швов указывают?

11. Какие сварные швы считаются одинаковыми? Как поступают, если на чертеже имеется несколько одинаковых сварных швов?

12. Из чего складывается структура обозначения сварного шва? В каком порядке указываются структурные блоки?

13. Как в условном обозначении отражают виды и методы сварки?

14. Сколько вспомогательных знаков используется в обозначениях сварных швов, и что указывает каждый из них?

15. В каком месте обозначения сварного шва располагают знак исполнения шва при монтаже изделий, знак замкнутости или разомкнутости контура шва?

16. Как изображают на чертежах видимые швы, полученные пайкой?

17. Как изображаются видимые швы, полученные склеиванием деталей?

18. С какого элемента начинается линия-выноска для швов, полученных пайкой или склеиванием?

19. Что может указываться на полке линии-выноски?

20. Как изображаются закрытые (невидимые) паяные и клееные швы?

21. Что следует указывать, если на чертеже присутствуют несколько одинаковых паяных или клееных швов?

### **3.7. Механические передачи.**

#### **Изображение и обозначение передач**

Передачами называют устройства, передающие усилия от двигателя к исполнительным (рабочим) механизмам. Передачи бывают электрические, пневматические, гидравлические и механические. Сведения о них приведены в учебной литературе [1, 2, 4, 5]. В излагаемом курсе лекций будут рассмотрены только механические передачи.

Механические передачи подразделяют на передачи, использующие трение и зацепление. К передачам трением относятся фрикционные и ременные, к передачам зацеплением – зубчатые, червячные, винтовые, реечные, храповые и цепные. Преимущественное распространение в

механизмах имеют передачи зацеплением. Составными частями этих передач являются шкивы, зубчатые колеса, червяки, рейки, валы, муфты, цепи, подшипники и др.

Для передачи вращения между параллельными валами применяют цилиндрические зубчатые колеса: прямозубые, косозубые, шевронные (с внешним или внутренним зацеплением). Для передачи вращения между пересекающимися (под прямым или иным углом) валами применяются конические зубчатые колеса, а между перекрещивающимися валами используются червячные и винтовые передачи. Все они показаны на рис. 165.

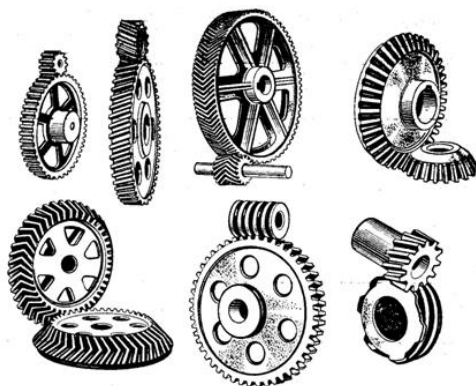


Рис. 165. Передачи – зубчатые колеса

Частные виды зубчатых передач – это реечные, цепные и храповые передачи. Они представлены на рис. 166.

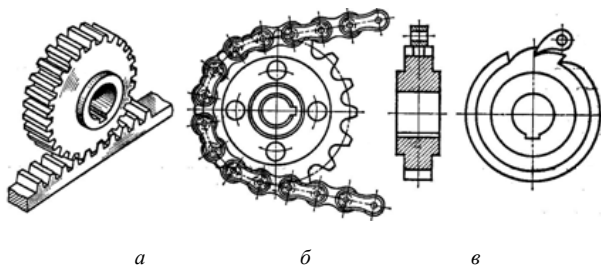


Рис. 166. Передачи: *а* – реечная; *б* – цепная; *в* – храповая

Зубчатые передачи надежны, обладают высоким КПД, но требуют повышенной точности изготовления. Колесо с меньшим числом зубьев именуют шестерней (червяком – в червячных передачах), с большим – колесом. При одинаковом числе зубьев шестерней называют ведущее зубчатое колесо, а ведомое – колесом.

### 3.7.1. Зубчатые цилиндрические передачи

Цилиндрические передачи с внешним (см. рис. 165) либо внутренним зацеплением применяют для передачи вращения между параллельными валами и могут исполняться с прямыми или наклонными зубьями. В передачах внешнего зацепления зубчатые колеса вращаются в разные стороны, внутреннего зацепления – в одну сторону.

#### 3.7.1.1. Элементы зубчатых колес. Параметры передачи

Основными параметрами зубчатой цилиндрической передачи являются:  $m$  – модуль,  $z_1$  и  $z_2$  – числа зубьев обоих колес,  $i$  – передаточное число. Выполнение чертежа зубчатого колеса (рис. 167) связано с построением трех окружностей: делительной окружности диаметром  $d$ , окружности выступов  $d_a$  и окружности впадин  $d_f$ .

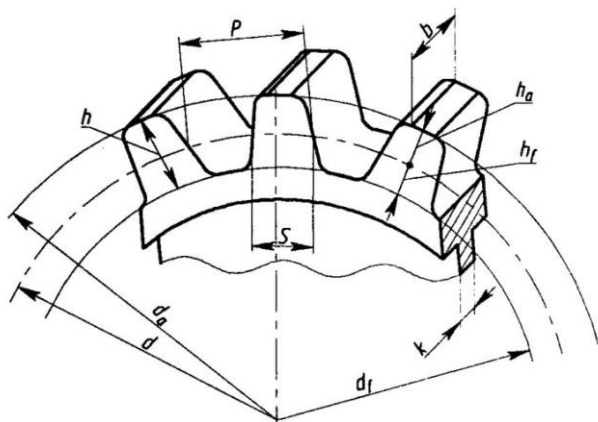


Рис. 167. Параметры зубчатого колеса:  $P$  – шаг зубьев;  
 $S$  – толщина;  $b$  – ширина;  $h$  – высота зуба;  
 $h_a$  – высота головки;  $h_f$  – высота ножки зуба

Модуль – это универсальная характеристика любого зубчатого колеса, связывающая воедино его важнейшие параметры (шаг, число зубьев, диаметры выступов и впадин). Модуль может быть определен, если разделить окружной шаг  $P$  на число  $\pi$ . С другой точки зрения, модуль показывает число миллиметров диаметра делительной окружности, приходящееся на один зуб колеса:

$$m = d / z,$$

где  $d$  – диаметр делительной окружности;

$z$  – число зубьев.

Модуль можно определить исходя из длины делительной окружности  $L = \pi d = Pz$ . Отсюда  $d = Pz / \pi$ , где  $P$  – шаг зубьев колеса, мм. Шагом зубьев считается расстояние между одноименными точками смежных зубьев по делительной окружности. Так как  $P / \pi = m$ , то модуль находится как частное от деления диаметра делительной окружности на число зубьев.

Модуль является стандартной величиной и выражается всегда в миллиметрах. Модули цилиндрических, конических и реечных передач представлены в табл. 19.

Таблица 19. Модули зубчатых передач

1-й ряд													
0,5	0,6	0,8	1,0	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
2-й ряд													
0,45	0,7	0,9	1,125	1,375	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7	9	11

Делительная окружность отделяет головку  $h_a$  зуба от ножки  $h_f$ . Полная высота  $h$  зуба – это сумма высот головки  $h_a$  и ножки  $h_f$ .

Расчетные зависимости и необходимые формулы будут излагаться в курсе других учебных дисциплин. Курс инженерной графики ставит своей целью правильное и грамотное изображение зубчатых колес и передач.

При необходимости выполнения чертежа уже изготовленного (натурного образца) прямозубого цилиндрического зубчатого колеса нужно определить его модуль. Для этого измеряется диаметр окружности  $d_a$  выступов и подсчитывается число зубьев  $z$ . Величину модуля определяют по формуле

$$m = d_a / (z + 2),$$

как частное от деления измеренного диаметра на число зубьев, увеличенного на две единицы. Полученное значение модуля является приближенным. Далее оно сравнивается с табличными данными и округляется до ближайшего стандартного значения. По величине модуля определяют остальные диаметры зубьев колеса. Термины, понятия и обозначения, относящиеся к геометрии и кинематике цилиндрических зубчатых передач, устанавливает ГОСТ 16531–83. Термины, понятия и обозначения, являющиеся общими для передач, – ГОСТ 16530–83.

### 3.7.1.2. Изображение цилиндрических зубчатых колес

Зубчатые цилиндрические колеса изображают условно, применяя, как правило, две проекции: фронтальную и профильную (рис. 168). На фронтальной проекции может исполняться разрез. На профильной – показывают вид сбоку, очерчивая сплошной основной линией окружность выступов зубьев и штрихпунктирной – делительную окружность.

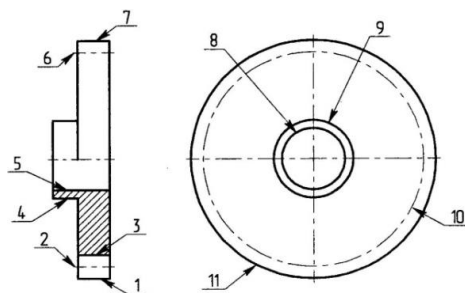


Рис. 168. Чертеж зубчатого колеса:  
 1, 2, 4, 11 – линии наружного контура;  
 1, 7, 3 – внешние и внутренние границы зуба;  
 4, 5, 8, 9 – контуры ступицы колеса;  
 6, 10 – линии делительной окружности

На чертежах цилиндрическое зубчатое колесо чаще всего показывают в одной проекции (главный вид), располагая ось колеса горизонтально. Зубья на виде не показывают. В разрезе считают, что секущая плоскость проходит посередине зуба, и очерчивают его верхнюю и нижнюю границы. Зона зуба не заштриховывается. На профильной



проекция допускается изображать лишь контур отверстия ступицы колеса.

Профиль зуба стандартизован и наиболее часто выполняется по эвольвенте. При необходимости профиль зуба показывают на выносном элементе или на местном разрезе. В ряде случаев профиль зуба может вычерчиваться на профильной проекции, и показываются все окружности зубчатого колеса, в том числе и окружность впадин (рис. 169). В представленном варианте отсутствует разрез колеса.

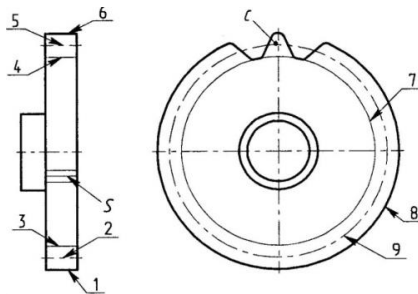


Рис. 169. Прямозубое зубчатое колесо:

- 1, 6, 8 – линии выступов зубьев;
- 2, 5 – линии делительной окружности;
- 3, 4, 7 – линии впадин зубьев;

*C* – делительная окружность; *S* – направление зуба

Если необходимо показать направление зубьев колеса, то на изображении поверхности зубьев наносят (вблизи оси) три сплошные тонкие линии без наклона (для прямозубого колеса) или с наклоном (для косозубого колеса).

### 3.7.1.3. Изображение цилиндрических зубчатых передач

Взаимное положение двух цилиндрических зубчатых колес в прямозубой цилиндрической передаче (рис. 170) определяет межосевое расстояние *A*. Проекция окружностей выступов на главном виде изображают основной линией, линии окружностей впадин показывают также отрезками сплошной основной линии, но только в общей зоне зацепления. Делительные окружности изображают тонкими штрихпунктирными линиями. На виде сбоку они должны касаться друг друга в одной точке *K*, которая называется точкой касания или полюсом зацепления.

Окружности впадин на этом виде изображают сплошными тонкими линиями. Между зубьями двух колес в зацеплении должен присутствовать радиальный зазор, который определяется расстоянием между поверхностью выступов одного колеса и поверхностью впадин другого колеса. Величина этого зазора равна числу  $0,25m$ .

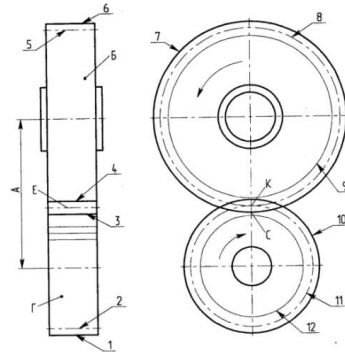


Рис. 170. Зубчатая цилиндрическая передача:  
*A* – межосевое расстояние; *B* – колесо; *Г* – шестерня;  
*E* – зона зацепления; *K* – точка касания; *C* – зазор;  
 1, 6, 7, 10 – линии выступов и 3, 4, 9, 12 – впадин зубьев;  
 2, 5, 8, 11 – линии делительной окружности

На рис. 171 показана цилиндрическая зубчатая передача с применением разреза, плоскость *A–A* проходит по осям обоих зубчатых колес.

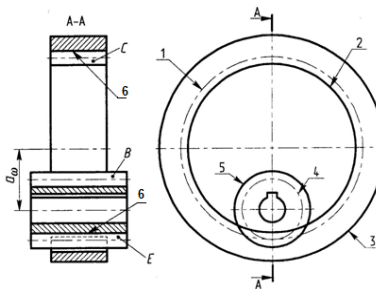


Рис. 171. Передача с внутренним зацеплением:  
*B* – шестерня; *C* – колесо; *E* – зона зацепления;  
 $a_w$  – межосевое расстояние; 3, 5 – линии выступов;  
 1, 4 – делительные окружности; 2, 6 – линии впадин

В разрезе в зоне зацепления показываются как видимые, так и закрытые (штриховые) контуры зубчатых колес.

Условные изображения цилиндрических зубчатых передач с разным направлением зубьев выполняются практически одинаково, указывается только направление зубьев и форма наклона (рис. 172). Угол  $\alpha$  выбирается в пределах  $30 \dots 45^\circ$ .

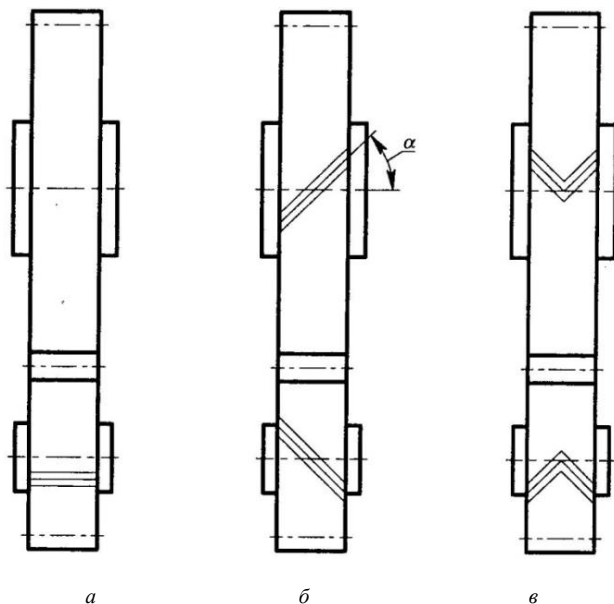


Рис. 172. Зубчатая передача: *a* – прямозубая;  
*б* – косозубая; *в* – шевронная

К основным параметрам зубчатой передачи, наряду с межцентровым расстоянием, относится передаточное число  $u$ . Передаточное число – это отношение числа зубьев  $z_2$  ведомого зубчатого колеса к числу зубьев  $z_1$  ведущего колеса. Передаточное отношение можно определять и как отношение частоты вращения  $n_1$  вала ведущего колеса к частоте вращения  $n_2$  вала ведомого зубчатого колеса, т. е.  $u = z_2 / z_1 = n_1 / n_2$ . Зубчатая передача с передаточным числом больше единицы называется повышающей.

### 3.7.1.4. Чертеж цилиндрического зубчатого колеса

На рабочих чертежах цилиндрических зубчатых колес указывают: диаметр окружности выступов  $d_a$ , ширину зубчатого венца  $b$ , размеры фасок, шероховатость боковой (рабочей) поверхности зубьев и поверхностей выступов и впадин. При необходимости указывают предельные значения радиального биения поверхности выступов и поверхности базового торца. Проставляют соответственно все остальные конструктивные размеры, определяющие геометрию детали.

На рабочем чертеже любого зубчатого колеса справа сверху на расстоянии 20 мм от верхней линии рамки помещают таблицу параметров установленной формы и размеров в соответствии с ГОСТ 2.403–75. В таблице указывают модуль  $m$ , число зубьев  $z$ , исходный контур по соответствующему стандарту, диаметр делительной окружности  $d$ , степень точности по ГОСТ 1643–81 и по ГОСТ 9178–81. Допускаются указания данных для контроля и справок. Пример оформления рабочего чертежа цилиндрического зубчатого колеса эвольвентного профиля с прямым зубом представлен на рис. 173.

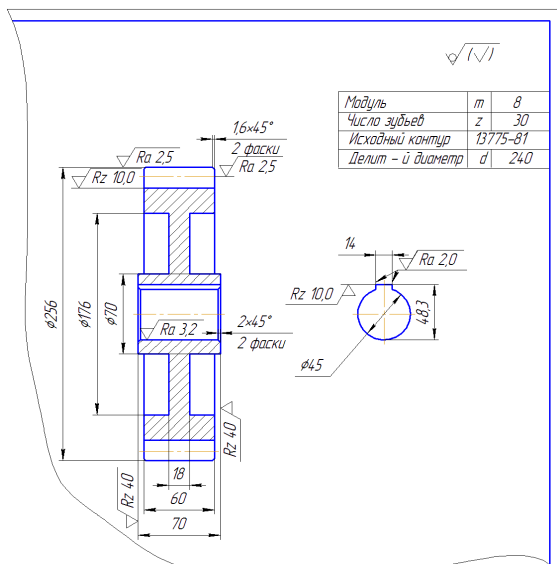


Рис. 173. Чертеж зубчатого колеса

Чертеж содержит фронтальную проекцию детали, представленной вертикальным разрезом зубчатого колеса. В проекционной связи на профильной плоскости показан контур внутреннего отверстия со шпоночным пазом в ступице этого колеса. Проставлены все необходимые размеры, определяющие формы и размерности представленной детали. В верхнем правом углу чертежа приведена таблица параметров. В учебных чертежах можно ограничиваться указаниями модуля, числа зубьев и диаметром делительной окружности.

Зубчатые передачи конические, реечные и червячные в этом курсе не рассматриваются. Они представлены в учебной и справочной литературе по курсу машиностроительного черчения и инженерной графики других авторов.

### 3.7.2. Цепные передачи

В системах привода исполнительных механизмов многих изделий применяют цепные передачи.

В состав такой передачи входят пара зубчатых цепных колес (звездочки) и связывающая их бесконечная втулочно-роликовая или зубчатая цепь. Условное изображение подобной цепной передачи показано на рис. 174.

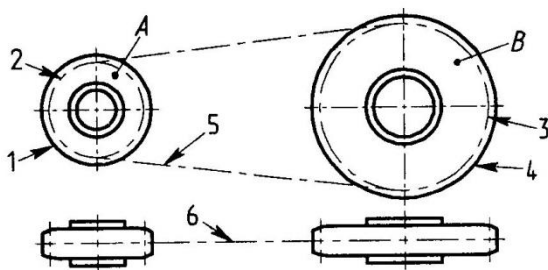


Рис. 174. Цепная передача:

*A* и *B* – звездочки; *1*, *4* – окружности выступов зубьев;  
*2*, *3* – делительные окружности; *5*, *6* – изображение цепи

Цепные колеса устанавливаются на параллельных валах. Между ними в отличие от зубчатых передач может выдерживаться значительное межосевое расстояние. По ГОСТ 2.402–68 цепное колесо изображается сплошной основной линией по контуру выступов зубьев и тон-

кой штрихпунктирной линией по делительной окружности. На сборочных чертежах цепь, как правило, изображается условно при помощи тонкой штрихпунктирной линии. При необходимости несколько звеньев цепи могут изображаться конструктивно.

По условиям и характеру работы цепи подразделяют на приводные, грузовые и тяговые. Приводные цепи используются в приводах машин и механизмов, грузовые применяются для подъема или опускания груза, а тяговые – для перемещения изделий, материалов и грузов на транспортерах, конвейерах и т. п. По конструктивному исполнению цепи подразделяют на зубчатые, роликовые, втулочно-роликовые и втулочные. В приводах машин наибольшее распространение получили втулочно-роликовые цепи.

В технической литературе цепное колесо часто называют звездочкой. Звездочки выполняются цельными, реже составными, из углеродистых или легированных сталей либо серого чугуна. Для повышения твердости и износостойкости поверхностей их подвергают химико-термической обработке.

Цепное колесо является разновидностью зубчатого цилиндрического колеса с параметрами шага, числа зубьев и диаметрами делительной окружности, а также выступов и впадин (рис. 175).

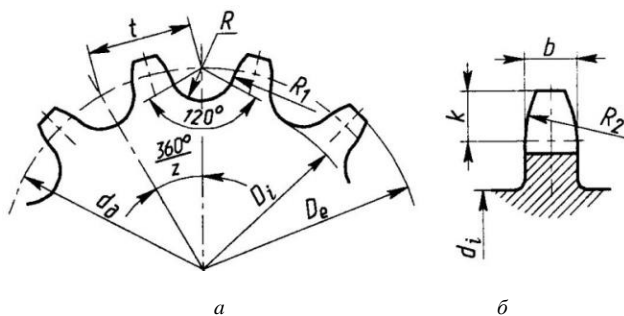


Рис. 175. Конструктивное изображение звездочки:

*a* – на плоскости, перпендикулярной оси вала;

*б* – разрез зуба на профильной плоскости;

*t* – шаг цепи; *z* – число зубьев; *d<sub>d</sub>* – делительный диаметр;

*D<sub>e</sub>* и *D<sub>i</sub>* – диаметры окружностей выступов и впадин;

*R* и *R<sub>1</sub>* – радиусы окружности впадин и головки зуба;

*R<sub>2</sub>* – радиус дуги очерка профиля зуба; *b* – ширина зуба;

*k* – расстояние от линии центров *R<sub>2</sub>* до вершин зубьев

Расчеты геометрии цепных колес и допуска для втулочно-роликовых цепей устанавливает ГОСТ 591–69. Ограничимся формулой, связывающей параметры: диаметр делительной окружности  $d_d$ , число зубьев  $z$  и шаг цепи  $t$ :

$$d_d = t / \sin(180 / z)$$

Остальные параметры, как-то: диаметры выступов зубьев и их впадин, радиусы впадин и головок, радиус дуги очерка зуба и т. д. приводятся в соответствующей учебной и справочной литературе [1, 2, 4, 6].

На чертеже используется упрощенное изображение, представляющее собой разрез, проходящий через ось вращения звездочки. Зуб звездочки считается находящимся в плоскости разреза, но не покрывается штриховкой, также как и зуб шестерни. Вторая проекция звездочки зачастую не нужна, так как зуб имеет стандартный профиль. Выполняется лишь изображение внутренней окружности звездочки, которая, как правило, имеет шпоночный паз или шлицы для соединения с валом.

Пример чертежа такой звездочки, предназначенной для работы с втулочно-роликовой цепью, показан на рис. 176.

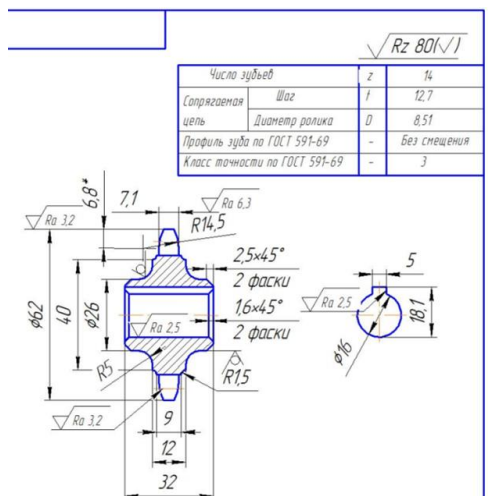


Рис. 176. Чертеж звездочки

Межосевое расстояние у цепной передачи может составлять  $30 \dots 80t$ . Передаточное число цепной передачи определяется соотношением  $z_2 / z_1$ , где  $z_1$  – число зубьев ведущего цепного колеса. На учебных чертежах в таблице параметров допускается указывать не полные данные, а только основные, указанные на рис. 176.

### 3.7.3. Храповой механизм

Храповой механизм позволяет осуществлять вращение вала только в одном из двух направлений. Механизм состоит из двух основных частей: зубчатого храпового колеса (храповика) и собачки (защелки) (рис. 177).

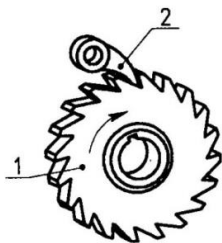


Рис. 177. Храповой механизм:  
1 – храповик; 2 – собачка

Храповые механизмы применяют в часовых механизмах, откидных замках, лебедках и др. На выходной вал лебедки насаживается храповое колесо 1 с зубьями специального профиля. При вращении храповика по стрелке собачка 2 (защелка) свободно скользит по поверхности зубьев. Собачка, как правило, подпружинена и прижимается к храповому колесу. При вращении колеса в обратном направлении, против хода стрелки, конец защелки 2 входит во впадину между двумя зубьями и препятствует вращению вала вместе с насаженным на него храповиком. Поверхность зуба храпового колеса, контактирующая с концом собачки, считается рабочей. Плоскость рабочей поверхности зуба по отношению к радиусу храповика располагается под углом  $12 \dots 15^\circ$ . На чертежах храповой механизм изображается в двух проекциях: видом спереди, который зачастую представлен продольным разрезом, и видом сбоку (рис. 178).



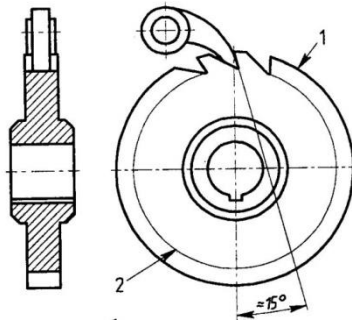


Рис. 178. Чертеж храпового механизма:  
1 – окружность выступов; 2 – окружность впадин

Основные параметры храпового колеса, как и зубчатого цилиндрического колеса, определяют в зависимости от модуля  $m = P / \pi$ , где  $P$  – шаг зубьев храпового колеса по окружности вершин. В отличие от зубчатого цилиндрического колеса, диаметр окружности вершин храпового колеса  $d_a$  одновременно является делительной окружностью, в которой  $d_a = d = mz$ .

Схема построения зубьев храпового колеса приведена на рис. 179.

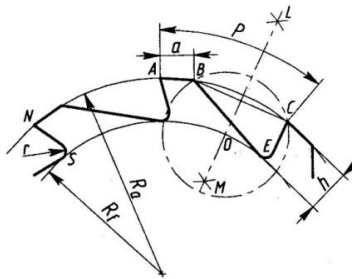


Рис. 179. Построение профиля зуба храповика

Радиусом  $R_a = D_a / 2$  проводят дугу окружности вершин, а радиусом  $R_f = (D_f - 2h)$  – дугу окружности впадин. От точки  $A$  вершины зуба по диаметру окружности вершин проводят хорду  $AB = a = m$  и в пределах шага  $P$  – хорду  $BC$ . Через ее середину проводят линию  $LM$  перпендикулярно  $BC$ , которая пересекает окружность впадин  $D_f$  в точке  $O$ . Из этой точки радиусом  $R = OC = OB$  проводят окружность и отмеча-

ют ее точку пересечения  $E$  с окружностью впадин зубьев. Рабочую грань зуба храпового колеса получают, соединив точку  $E$  с точкой  $B$  прямой линией. Опорную грань  $CE$  проводят перпендикулярно хорде  $BC$  с последующим сопряжением дугой радиуса  $r$ , завершая очертания профиля зуба храпового колеса. Аналогично соединяют и грань  $NS$ .

### Вопросы для самоконтроля

1. Что называют передачами? Какие существуют передачи?
2. На какие варианты подразделяют механические передачи? Назовите составные части механических передач.
3. Какая разница существует между цилиндрическими и коническими зубчатыми передачами, между цилиндрическими передачами внешнего и внутреннего зацепления?
4. Назовите основные элементы зубчатой передачи.
5. Что такое модуль для зубчатого колеса? Как он измеряется?
6. Как определяется модуль для существующего цилиндрического зубчатого колеса?
7. Сколько и какие изображения используются для вычерчивания контуров зубчатого колеса? Какие линии применяются?
8. Как поступают при необходимости отображения профиля зуба? Как указывают направление зубьев?
9. Сколько изображений должен представлять чертеж зубчатой передачи? Какие элементы колес показываются сплошной основной, сплошной тонкой и штрихпунктирной линиями?
10. Что понимается под передаточным числом зубчатой передачи? Какая передача называется повышающей?
11. Какие изображения представляют чертеж одиночного зубчатого колеса? Где на чертеже располагают таблицу параметров зубчатого колеса и что заносят в эту таблицу?
12. Перечислите составные части цепной передачи. Какие линии используют для ее изображения?
13. Как изображается цепь на чертеже? Как подразделяются цепи по характеру работы и по конструктивному исполнению?
14. Какими параметрами характеризуется звездочка?
15. Какие изображения представляют чертеж звездочки и что указывают в таблице параметров на этом чертеже?

### 3.8. Подшипники и уплотнители

Подшипники – это изделия, выполняющие функции опор для вращающихся деталей (валов, осей). По виду трения сопрягаемых поверхностей их подразделяют на два типа: подшипники скольжения и подшипники качения. У первых – вращающийся вал скользит по опорной поверхности корпусной или промежуточной детали (втулки, вкладыша). Подшипники скольжения имеют цилиндрическую, коническую или сферическую форму опорной поверхности и работают в условиях сухого или жидкостного трения. Подшипниковый материал должен обладать малым коэффициентом трения, обеспечивать минимальный износ трущихся поверхностей и выдерживать необходимые термические, ударные и иные нагрузки.

В современном машиностроении наибольшее распространение получили другие типы – подшипники качения. У них между опорной поверхностью и поверхностью вала расположены шарики или ролики. Эти подшипники состоят из двух колец, выполненных из качественной легированной стали и сепаратора, обеспечивающего взаимное расположение тел качения. Подшипники качения имеют ряд преимуществ: малый коэффициент трения, небольшой расход смазок, простота монтажа и обслуживания и др.

Подшипники качения – это стандартные изделия, выпускаемые на специализированных заводах. Классификация и маркировка подшипников качения приводится в соответствующей учебной литературе при изучении других учебных дисциплин. В излагаемом курсе наша задача научиться распознавать и правильно изображать подшипники качения на чертежах изделий, применяя при необходимости конструктивное или упрощенное изображение.

Места сопрягаемых поверхностей соединений деталей, находящихся под воздействием либо агрессивных факторов какой-либо среды, либо избыточного давления и т. п., должны быть уплотнены (загерметизированы). Уплотнение достигается за счет применения соответствующих изделий. Для уплотнения зазоров между торцевыми поверхностями соединений применяются торцевые уплотнители (прокладки). Для уплотнения зазоров между сопрягаемыми цилиндрическими поверхностями используются радиальные уплотнители, чаще всего в виде колец или манжет из эластичных материалов, имеющих разнообразную форму поперечного сечения. Изображения торцевых и радиальных уплотнителей будут представлены в п. 3.8.2.

### 3.8.1. Изображения подшипников

Подшипники качения подразделяют на шариковые и роликовые. Ролики бывают цилиндрические, конические, игольчатые, бочкообразные и др. По числу рядов тел вращения они бывают однорядными и многорядными (до четырех рядов). В зависимости от ширины колец подшипники подразделяют на серии: узкие, нормальные, широкие и особо широкие; а по радиальным размерам – на особо легкие, легкие и тяжелые. По характеру действующей на подшипник нагрузки их подразделяют на типы: радиальные, упорные и радиально-упорные. Действующие нагрузки такие подшипники воспринимают в разных направлениях (перпендикулярно и параллельно оси). Наконец, по конструктивным признакам их подразделяют на самоустанавливающиеся (сферические) и обычные (несамоустанавливающиеся). Так как все подшипники качения являются стандартными изделиями, нет никакой необходимости показывать конструктивные особенности конкретного подшипника. На сборочных чертежах их вычерчивают упрощенно по ГОСТ 2.420–69. При необходимости указания типа подшипника в его контур вписывают условное графическое обозначение по ГОСТ 2.770–68.

Правила изображения подшипников качения устанавливает ГОСТ 2.420–69. Он разрешает не отражать конструктивные особенности, а подчеркивать только разновидность и тип подшипника (шариковый или роликовый, радиальный или упорный). На рис. 180 показано упрощенное изображение основных типов подшипников без указаний конструктивных особенностей.

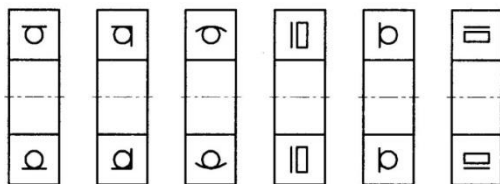



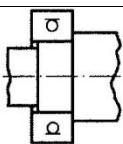
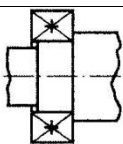
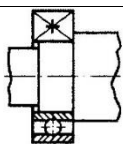
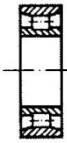
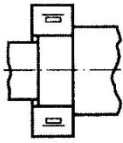
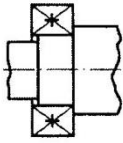
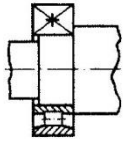
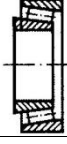
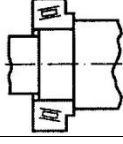
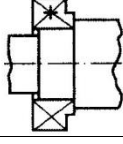
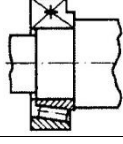
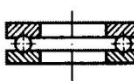
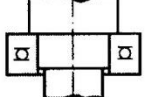
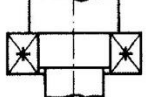
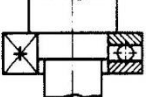
Рис. 180. Упрощенные чертежи подшипников

На этом рисунке показаны изображения шариковых и роликовых подшипников как радиального, так и упорного назначения.

Изображения подшипников качения в осевых разрезах и сечениях выполняют по контурам подшипника сплошными основными линия-

ми. На изображениях каждой половины подшипника диагонально проводят сплошными тонкими линиями крест. На одной из этих половин крест можно заменять небольшим отображением типа данного подшипника. Упрощенные варианты изображений приведены в табл. 20.

Таблица 20. Упрощенное изображение подшипника в разрезе

В разрезе	На сборочном чертеже		
	С указанием типа	Без указания типа	С половиной разреза
<b>1. Радиальный шариковый однорядный (ГОСТ 8338–75)</b>			
			
<b>2. Радиальный роликовый однорядный (ГОСТ 8338–75)</b>			
			
<b>3. Радиально-упорный роликовый однорядный (ГОСТ 8328–75)</b>			
			
<b>4. Упорный шариковый однорядный (ГОСТ 7872–80)</b>			
			

На учебных чертежах сборочных единиц, имеющих в своем составе те или иные подшипники, в курсе машиностроительного черчения допустимо применять упрощенное изображение подшипника. Такое изображение может выполняться с указанием типа подшипника либо без указания. Для конкретизации типа выбранного подшипника применяют разрез на одной из половин изображения.

### 3.8.2. Изображения уплотнителей

К особенностям разъемных соединений относится неплотные прилегания сопрягаемых поверхностей. В этих местах применяются уплотнители: прокладки, резиновые и войлочные кольца, манжеты.

Уплотнительные прокладки 2 и 3 устанавливаются между неподвижными сопрягаемыми поверхностями деталей, например, между корпусом и крышкой (рис. 181, а, б).

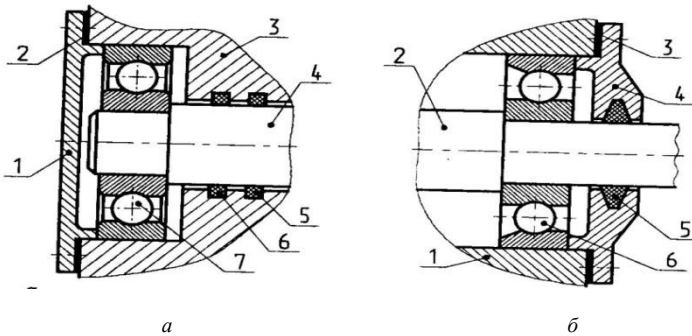


Рис. 181. Уплотнители: а – уплотнители крышки, корпуса и вала; 1 – крышка; 2 – прокладка; 3 – корпус; 4 – вал; 5, 6 – резиновые кольца; 7 – подшипник; б – уплотнители корпуса, вала и крышки; 1 – корпус; 2 – вал; 3 – прокладка; 4 – крышка; 5 – кольцо войлочное; 6 – подшипник

Уплотнители между подвижными поверхностями должны выполняться с большей тщательностью и надежностью. К таким уплотнителям относятся кольца 5 и 6 (рис. 181, а, б), манжета 3 (рис. 182).

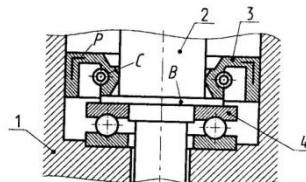


Рис. 182. Манжетное уплотнение:  
1 – корпус; 2 – вал; 3 – манжета;  
4 – подшипник; С – пружина;  
Р – внутреннее кольцо

Конструктивное изображение подшипников и манжетного уплотнения заменяется упрощенным (рис. 183, *а*) или условным (рис. 183, *б*).

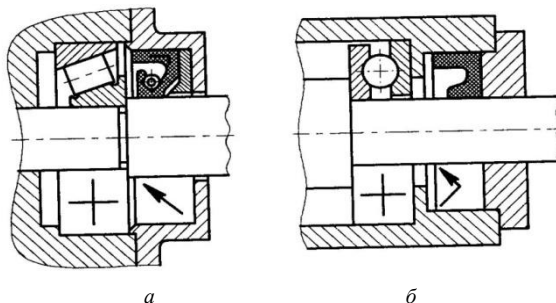


Рис. 183. Чертеж манжетного уплотнения:  
*а* – условное изображение; *б* – упрощенное изображение

Изображенные стрелки указывают направление уплотнения. Манжеты являются стандартными деталями и имеют соответствующие обозначения. Условное обозначение «Манжета 1-020-3 ГОСТ 6678–72» читается так: манжета типа 1 для цилиндра диаметром 20 мм изготовлена из резины типа 3.

### Вопросы для самоконтроля

1. В чем состоит назначение подшипников? На какие разновидности подразделяют подшипники?
2. Какие существуют подшипники качения?
3. Как допускается вычерчивать подшипники на учебных чертежах?
4. Какие варианты уплотнителей применяют в соединениях деталей?

### 3.9. Эскизы и рабочие чертежи

Эскизы – это чертежи временного пользования, выполненные с минимальным использованием чертежных инструментов либо вообще без них в глазомерном масштабе.

Глазомерный масштаб, применяемый при выполнении эскиза от руки, обуславливает пропорциональность отображения длины, ширины и высоты предметов. Эскизы выполняют, несмотря на приблизи-

тельные размеры и соотношения, по правилам прямоугольного проецирования. На производстве для выбора оптимального варианта эскизы реальных изделий выполняют в разных вариантах.

Наиболее удобно для выполнения эскиза применять разграфленную бумагу, так как на ней легче проводить линии, выдерживать проекционную связь, пропорциональность расположения разных частей предметов и сохранять сходство отдельных участков и элементов детали.

Эскиз считается чертежом разового пользования. Грамотно и аккуратно выполненный эскиз можно применять как рабочий в опытном производстве изделий. Для серийного выпуска деталей на основе эскиза выполняют рабочий чертеж детали уже в строгом стандартном масштабе с тщательным соблюдением размеров.

### 3.9.1. Выполнение эскизов

Перед началом выполнения эскиза детали следует определить ее техническое название и количество изображений (проекций) для полного и понятного отображения пространственных форм. Затем нужно выбрать главное изображение, масштаб и формат чертежа и определить материал, из которого деталь выполнена.

Количество видов, разрезов и сечений должно быть минимальным, но достаточным для полного выявления наружной и внутренней формы элементов изображаемой детали. Кроме основных видов, можно использовать и дополнительные виды. На симметричных изображениях рационально соединять половину вида с половиной разреза.

Главное изображение чертежа должно давать наилучшее представление о форме и размерах детали, иметь наибольшее количество видимых очертаний. На главном изображении деталь располагают в таком положении, какое она занимает в машине в процессе работы. Если деталь может занимать различные положения, то ее изображают так, как она находилась при обработке в процессе изготовления.

При составлении эскиза желательно придерживаться определенной последовательности (рис. 184):

- провести оси симметрии и (или) оси отверстий;
- наметить тонкими линиями внешний контур детали;
- нанести центровые, осевые линии и отверстия элементов детали;
- выполнить необходимые разрезы и сечения;
- нанести выносные и размерные линии, проставить в соответствующих местах размерные знаки ( $\varnothing$ ,  $\square$ ,  $\angle$ ,  $R$ ), знаки шероховатости и др.;



- обмерить деталь и нанести размерные числа;
- обвести все основные линии чертежа. Заполнить основную надпись на чертеже и при необходимости выполнить надписи на чертеже.

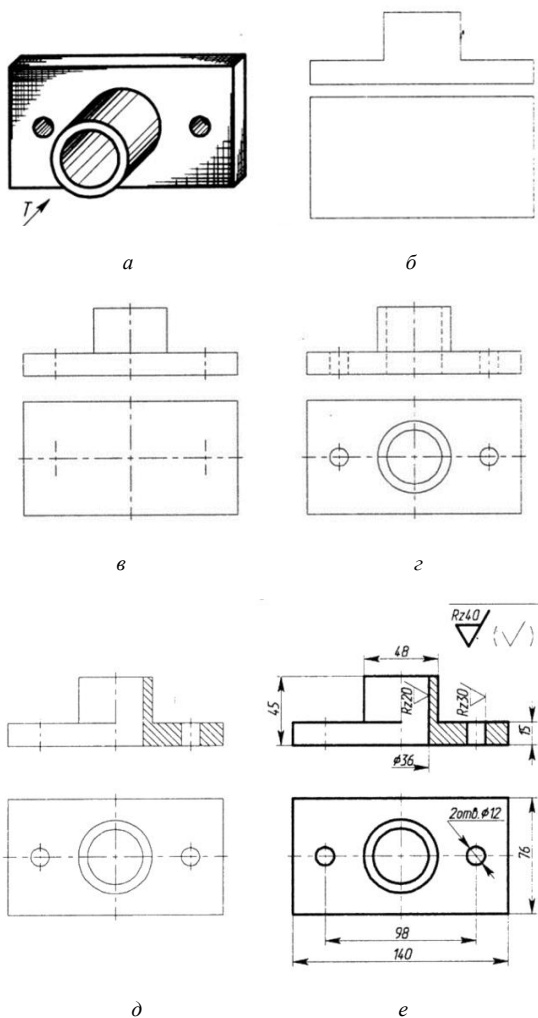


Рис. 184. Этапы выполнения эскиза

### 3.9.2. Выполнение рабочего чертежа

Рабочий чертеж – это конструкторский документ, предназначенный для изготовления детали как индивидуального, так и серийного производства. Рабочий чертеж детали должен содержать ее изображение в законченном виде, т. е. в таком, в котором она поступает на сборку. Этот же чертеж должен содержать все сведения о детали, как то: размеры и их допуски, шероховатость и отклонения форм поверхностей, марку материала, сведения о термообработке, покрытии и, при необходимости, некоторые параметры и технические требования.

Для успешной разработки рабочего чертежа необходимо знать общие правила и последовательность исполнения чертежа.

1. Определяют ориентировочное назначение детали и то положение, в котором она работает.

2. Выясняют геометрические формы, из которых составлена деталь, ее название и рабочие функции.

3. Поэлементно рассматривают отдельные части детали, выясняют назначение, присваивают название, установленное стандартом в машиностроении. Изображение подобных элементов показано на рис. 185.

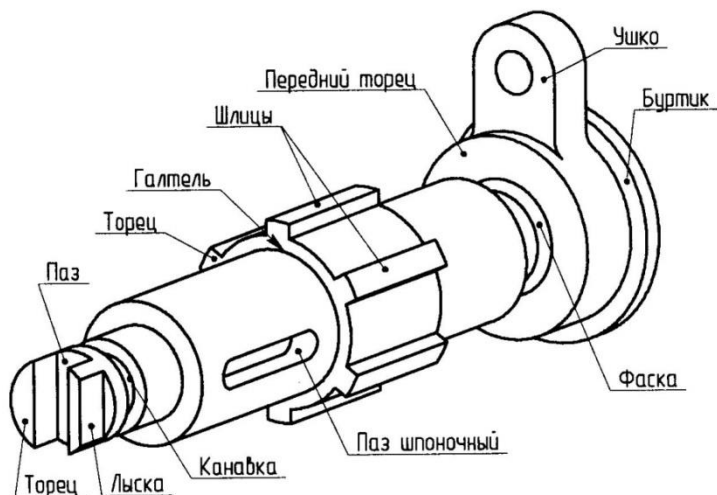


Рис. 185. Элементы детали

Галтель – плавный переход одной поверхности в другую при взаимном пересечении; бобышка – добавочная форма (прилив) к отверстию; торец – плоская поверхность, перпендикулярная оси детали; ребро жесткости – сравнительно тонкий плоский участок, дополнительно соединяющий две поверхности детали, пересекающиеся под некоторым углом; лапка – элемент основания, увеличивающий ее опорную поверхность; лыска – плоская площадка на цилиндрической поверхности; шлицы – параллельные выступы, выполненные на цилиндрической поверхности детали, между которыми образуются выемки; торцевой паз – вырез, начинающийся с торца детали; буртик – узкая цилиндрическая или иная поверхность элемента, расположенная выше основной поверхности; канавка (выточка) – элемент детали, поверхность дна которого расположена ниже основной поверхности; ушко – плоский элемент с отверстием.

4. Расположение детали относительно системы плоскостей проекций и направление проецирования выбирают так, чтобы главный вид давал ясное представление о форме детали и большинстве размеров.

5. Определяют необходимое количество видов, разрезов или сечений, исходя из того, что чертеж должен содержать минимальное количество изображений.

6. Выбирают формат листа и масштаб вычерчивания.

7. Изображают тонкими сплошными линиями намеченные виды, разрезы и сечения, добавляя в необходимых местах штриховые линии.

8. Наносят штриховку на разрезах и сечениях в соответствии с материалом детали.

9. Проставляют необходимые размеры, знаки шероховатости, надписывают соответствующие надписи. Размеры, относящиеся к одному и тому же элементу, сосредотачивают на одном виде, там, где этот элемент представлен наиболее полно.

10. Обводят сплошной основной линией контуры всех изображений. Заполняют основную надпись.

Каждый чертеж и техническая документация к нему должны содержать подписи всех лиц, ответственных за выпуск этих документов. Без подписей чертеж считается недействительным.

Рабочий чертеж выполняют только на оригинальные, т. е. на нестандартные детали. Для стандартных изделий форма, размеры и условные обозначения установлены нормативными документами.

Детали на рабочих чертежах изображают, как правило, в полном соответствии с их формами и размерами. С целью уменьшения трудо-

емкости и ускорения процесса вычерчивания для ряда деталей и их элементов приняты упрощенные и условные изображения. Это относится к изображениям пружин, резьбы на крепежных деталях, зубьев шестерен и звездочек, плоских элементов деталей, линий пересечения поверхностей и др.

### **3.9.3. Чтение рабочего чертежа**

Чтение чертежа начинается с основной надписи, где присутствуют наименование детали, материал, из которого изготовлена деталь, и масштаб ее изображения. При наличии текстовой части чертежа, выполняемой над основной надписью, выясняются указания и разъяснения, которые невозможно выразить графическими условными обозначениями или буквами. В большинстве случаев текстовая часть чертежа представлена техническими требованиями, записанными в определенном порядке, установленном стандартом.

Большую часть чертежного листа, как правило, в середине, занимают изображения детали, ее размеры, предельные отклонения, знаки и значения шероховатости, условные обозначения и краткие надписи, относящиеся непосредственно к изображениям.

Для обозначения преобладающей (общей) шероховатости поверхностей детали отводится место в верхнем правом углу чертежа, а несколько ниже размещается таблица параметров детали (например, зубчатого колеса). Форма подобных таблиц устанавливается соответствующими стандартами. При чтении рабочих чертежей в условиях производства, кроме выяснения формы, конструктивных особенностей и содержания технических требований, уточняют последовательность и содержательность технологических операций, оборудование, необходимое для изготовления детали.

### **3.9.4. Пружины. Рабочий чертеж пружины**

Пружина – это деталь, предназначенная для выполнения полезной работы за счет использования энергии упругой деформации при возвращении пружины в первоначальное положение при снятии внешней нагрузки. Пружины изготавливают из круглой, квадратной и полосовой сталей марок 85, 75, 70, 65Г, 51ХФА, 60С2А и др., а также из проволоки цветных металлов, например, бронзы БрОЦ4-3, БрКМц3-1 и т. п.

Пружины подразделяют по форме и по виду воспринимаемой нагрузки – характеру работы. По форме пружины бывают цилиндрические, конические, спиральные, пластинчатые, тарельчатые, рессорные, фасонные и др. По виду нагрузки они подразделяются на пружины сжатия, растяжения, кручения и изгиба. Наиболее применимы винтовые цилиндрические и конические пружины, работающие на сжатие.

Пружины на чертежах изображают условно, витки цилиндрических и конических винтовых пружин показывают прямыми линиями, соединяющими смежные участки их контуров, а в разрезах – прямыми линиями, соединяющими изображения сечений. В табл. 21 представлено изображение пружин на рисунке, на виде, в разрезе и на схеме.

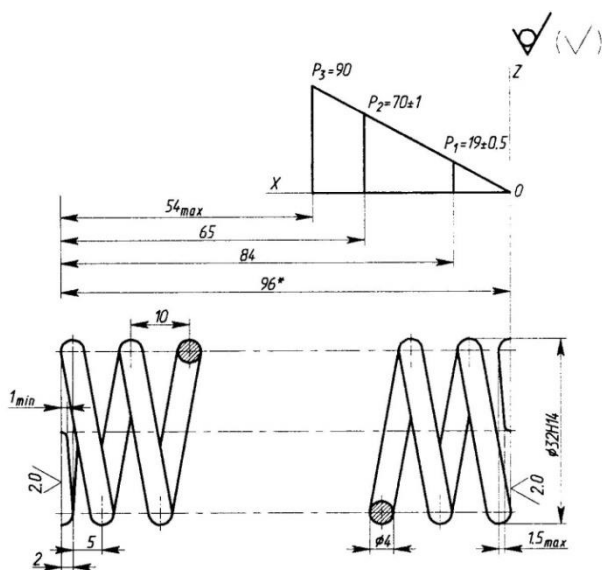
Таблица 21. Изображения винтовых пружин

Наименование пружины	Изображение			
	На рисунке	На виде	В разрезе	Схематично
Пружина сжатия цилиндрическая				
Пружина сжатия коническая				
Пружина растяжения				
Пружина кручения				

Винтовые пружины изображают на рабочих чертежах в горизонтальном положении и в свободном (ненагруженном) состоянии. Витки пружин с размером диаметра толщиной 2 мм и менее изображают схе-

матично, линиями толщиной 0,8...1,5 мм. Сечение витков пружин, изображение которых имеет диаметр до 2,5 мм, следует зачернить, а более 2,5 мм – заштриховать. При изображениях пружин в сборках следует считать, что детали, расположенные за пружинами, изображаются закрытыми, т. е. невидимыми.

Основные правила оформления рабочих чертежей пружин устанавливает ГОСТ 13765–86. Пример для чтения рабочего чертежа винтовой цилиндрической пружины сжатия представлен на рис. 186.



Направление набивки пружины – правое.

Число рабочих витков  $n=8$ .

Число витков полное  $n_1=9.5$ .

Твердость HRC 55

\*Размеры для справок

Рис. 186. Пружина сжатия

Пружина изображена в свободном горизонтальном положении. Крайние 1,5 витка подогнуты к смежным виткам и прошлифованы на  $\frac{3}{4}$  окружности. Шероховатость опорных поверхностей пружины не более  $R_a 2,0$  мкм. Из условного обозначения общей шероховатости в

правом верхнем углу следует, что остальные поверхности пружины не обрабатываются. Пружина изготовлена из проволоки диаметром 4 мм, направление навивки правое, наружный диаметр 32 мм, шаг пружины 10 мм, а точность изготовления соответствует 14-му качеству.

В технических требованиях указывается число витков пружины полных (9,5) и число рабочих витков (8). Пружина подлежит термообработке для достижения твердости в 55 единиц по Роквеллу. После шлифования концы опорных витков должны иметь толщину не менее 1,0 мм. Величина поджатия опорного витка составляет около  $0,5d$  (это 5 мм). Зазор между концом витка поджатия и смежным витком – 1,5 мм.

Для указания контрольных параметров на рабочем чертеже построена диаграмма силовых испытаний, в которой указывают зависимость между величиной силовой нагрузки и длиной пружины после деформации. По оси  $OZ$  откладывают величину силовой нагрузки в ньютонах, а по оси  $OX$  – изменение длины пружины в миллиметрах после каждой деформации. Указан, как справочный, размер по длине пружины в свободном состоянии.

Описание диаграммы силовых испытаний не приводят, так как для пружин общего применения силовую диаграмму вообще не строят, поскольку указанные параметры силовых испытаний имеют необязательный характер.

При изображении на рабочих чертежах пружин растяжения их витки показывают прижатыми друг к другу. Зацепы витков показывают во взаимно перпендикулярных плоскостях.

### Вопросы для самоконтроля

1. Что такое эскиз? Для чего выполняются эскизы?
2. Какие требования стандартов действуют при выполнении эскиза?
3. Назовите рекомендуемую последовательность действий для выполнения эскиза детали.
4. Что такое рабочий чертеж детали? Какова цель рабочего чертежа?
5. Каковы общие правила и последовательность в выполнении рабочего чертежа?
6. Какое требование является определяющим при выборе главного изображения (вида) детали на рабочем чертеже или эскизе?
7. Как подтверждается действительный характер рабочего чертежа или технической документации изделия?
8. Что понимается под чтением рабочего чертежа?

9. Для чего используются пружины? Как подразделяются пружины по воспринимаемой нагрузке?

10. Что в соответствии с общими правилами выполнения чертежей пружин должно присутствовать на рабочем чертеже пружины?

11. Какие параметры пружины являются обязательными для их перечисления в технических требованиях?

### **3.10. Сборочные чертежи**

Сборочный чертеж (код СБ) – это конструкторский документ, содержащий изображение сборочной единицы и необходимые данные для ее сборки и контроля. Изображение изделия на сборочном чертеже должно быть таким, чтобы оно давало полное представление о расположении и взаимной связи составных частей, и по нему можно было осуществить сборку и контроль изделия. Такие чертежи разрабатываются в конструкторских отделах предприятий по эскизным проектам или реальным сборочным единицам, при создании которых разрабатывается соответствующая конструкторская документация.

В соответствии с ГОСТ 2.109–68 сборочный чертеж должен содержать следующее:

- изображение сборочной единицы, при необходимости схему соединения или расположения составных частей;

- размеры, предельные отклонения и технические требования сопряжений, которые должны выполняться по данному чертежу;

- основные характеристики сборочной единицы (если точность сопряжений достигается подборкой или подгонкой с указаниями о методах и характере сопряжения);

- габаритные, установочные, присоединительные, монтажные и справочные размеры.

Подвижные части изделия на сборочном чертеже допускается изображать в крайнем (или промежуточном) положении тонкими штрихпунктирными с двумя точками линиями и размерами, определяющими эти положения. Тонкими сплошными линиями допускается также показывать форму деталей, граничащих со сборочной единицей, но не входящих в ее состав, так называемую обстановку.

К сборочному чертежу на листах формата А4 разрабатывают спецификацию. Сборочный чертеж выполняют с упрощениями, установленными стандартами ЕСКД.



### **3.10.1. Выполнение сборочных чертежей**

Перед выполнением сборочного чертежа изучают устройство, назначение и принцип действия изделия, способы соединения его деталей друг с другом, выясняют наличие стандартных деталей. Если сборочный чертеж выполняется с натурального образца, то вначале исполняют эскизы деталей, входящих в состав сборочной единицы. По выполненным эскизам составляют сборочный чертеж. Необходимое число и тип изображений выбирают после проверки правильности этих изображений. Количество изображений на сборочную единицу соотносится, как правило, с количеством изображений для основной (корпусной) детали на эскизе.

Выполнение сборочного чертежа начинают с главного вида. За главный вид принимают изображение, наиболее полно отражающее конструктивные особенности и форму изделия. В подавляющем большинстве случаев на фронтальной проекции изделия выполняется разрез. Масштаб чертежа устанавливают в зависимости от сложности и габаритов сборочной единицы, после чего определяют формат листа.

Считается целесообразным располагать сборочную единицу на фронтальной проекции в таком положении, в котором она устанавливается на машине. Количество линий невидимых контуров деталей должно быть минимальным, равно как и проекций (видов, разрезов) сборочной единицы. Кроме основных видов при необходимости применяют дополнительные виды и выносные элементы. На разрезах и сечениях сборочной единицы в соответствующих местах наносится штриховка. Линии штриховки для одной и той же детали выполняют в одном направлении и с одинаковым шагом. Смежные детали штрихуют в разных направлениях.

На сборочных чертежах изделий допускается показывать упрощенное или контурное изображение соседних (пограничных) сборочных единиц или деталей и наносить размеры, определяющие их взаимное расположение.

### **3.10.2. Нанесение размеров и позиций**

На чертежах сборочных единиц указывают ограниченное число размеров. Это габаритные размеры изделия (длина, ширина, высота), установочные размеры, по которым сборочная единица устанавливается на предназначенное для работы место (например, рама), присоеди-

нительные размеры (в местах, где к сборочной единице что-нибудь присоединяется) и монтажные размеры, определяющие взаимное расположение составных частей данной сборочной единицы. При необходимости допускается указывать координаты центра тяжести изделия и размеры, по которым производят дополнительную обработку отдельных деталей в процессе сборки.

Сборочная единица состоит (собирается) из некоторого количества составных частей, каждая из которых должна иметь свой порядковый номер – позицию. Этот номер должен соответствовать номеру в графе «позиция» еще одного документа для сборочной единицы, называемого спецификацией. На чертеже сборочной единицы номера позиций наносят над полками линий-выносок, проведенных от их составных частей. Полки располагают параллельно основной надписи в горизонтальную строчку или вертикальную колонку (рис. 187, а, б).

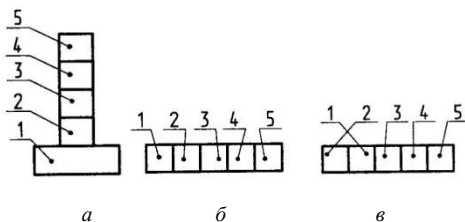


Рис. 187. Простановка позиций: а – вертикальная; б – горизонтальная; в – недопустимая

Линия-выноска со стороны изображения детали начинается точкой. Если же линия проводится от контура детали, то начинается стрелкой. Преимущественно линии-выноски проводят на главном виде или разрезе, но могут проставлять и на других изображениях сборочной единицы. Эти линии не должны пересекаться между собой (рис. 187, в) и не должны проводиться параллельно линиям штриховки при наличии разреза. Линии-выноски каждой позиции наносят, как правило, только раз на одной из выполненных проекций. Если же появляется необходимость в дополнительной простановке одного и того же номера позиции, то полка-выноска проводится двойной линией. Допускается для удобства позиции нескольких крепежных деталей формировать в одну вертикальную колонку (рис. 188) на общей линии-выноске.

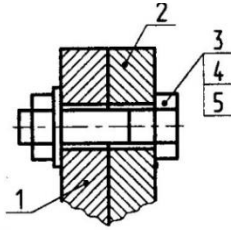


Рис. 188. Группировка позиций

На учебных чертежах номера позиций присваивают, учитывая последовательность сборки изделия. Первый номер обычно присваивают корпусной детали. Размер шрифта номеров позиций выбирают на один-два размера больше размерных цифр данного чертежа.

### 3.10.3. Спецификация

Таблично-текстовый документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта, называют спецификацией. Форму спецификации устанавливает ГОСТ 2.106–96. Она выполняется по соответствующим размерам на одном или нескольких листах формата А4. Для несложных сборочных единиц на учебных чертежах допускается совмещать на одном листе и сборочный чертеж, и спецификацию.

Составные части сборочной единицы, а также конструкторскую документацию в спецификацию заносят по разделам. В конкретном исполнении перечень разделов определяется видом и составом изделия. Разделы в спецификации располагают в следующем порядке: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты.

В разделе «Документация» выполняют записи документов применительно к изображаемому на чертеже изделию (например, сборочный чертеж, монтажный чертеж, записка пояснительная, схема и др.). Разделы «Комплекс» и «Комплект» в спецификации сборочной единицы отсутствуют. Если в состав специфицируемого изделия входит несколько сборочных единиц, то в спецификации в разделе «Сборочные единицы» каждую из них указывают автономно.

В разделе «Детали» записывают оригинальные детали, входящие в сборочную единицу и выполняющие конструктивные функции.

В раздел «Стандартные изделия» вносят изделия, форму и размеры которых устанавливает определенный стандарт (например, «Болт М12-

6q×80. 109.018 ГОСТ 7798–70», «Гайка М12–6Н.5 ГОСТ 5915–70», «Шпонка 8×7×40 ГОСТ 23360–78» и т. д.). В пределах каждой категории стандартов запись производят по группам изделий общего функционального назначения (подшипники, крепежные изделия и т. п.), в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований, а в пределах каждой категории – по порядку возрастания номинального размера изделия («Болт М6...», «Болт М8...» и т. д.).

В раздел «Прочие изделия» вносят составные части, применяемые в сборочной единице, но регламентируемые не стандартами, а иными документами, как то: каталогами, прейскурантами и пр.

В раздел «Материалы» записывают составные части сборочной единицы, на которые не выполняются отдельные чертежи, и которые не изготавливаются при сборке. Они заимствуются как предметы неопределенной формы, входящие в сборку отдельной позицией, с указанием номера позиции в графе «Поз.», условных обозначений или названий в графе «Наименование», массы или длины в графе «Кол.» и единицы измерения в графе «Примечание». Графы спецификации показаны на рис. 189.

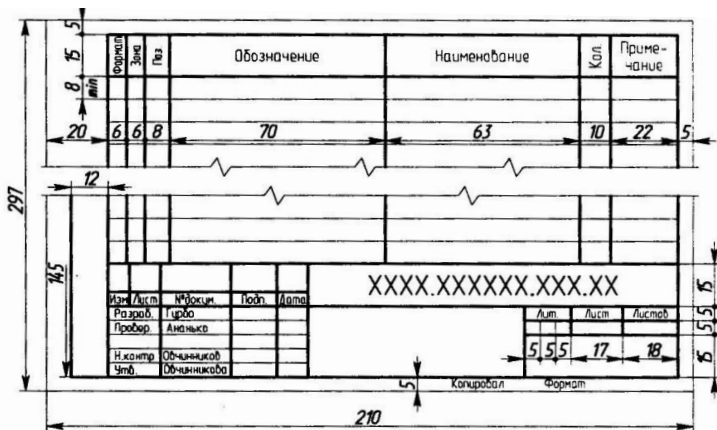


Рис. 189. Спецификация по ГОСТ 2.106–96

Спецификация начинается графой «Формат». В ней указывается размер формата, на котором выполнен чертеж. Графа не заполняется для разделов «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы». В графе «Зона» указывается обозначение зоны (если чертеж по-

делен на зоны), в которой находится номер позиции. В графе «Поз.» указывают порядковые номера составных частей сборочной единицы в арифметической последовательности записи. Для раздела «Документация» номера позиций не присваивают. В графе «Обозначения» записывают обозначение самого конструкторского документа, где должен присутствовать и шифр документа. Обозначения составных частей изделия выполняют для разделов «Сборочные единицы» и «Детали». Шифры выглядят так: «СБ» – сборочный чертеж, «ПЗ» – пояснительная записка, «ВО» – чертеж общего вида, «ЭО» – электросхема общая.

В графе «Наименование» указывают наименования документов, например, «Сборочный чертеж», «Технические условия» и др., а также записывают названия составных частей изделия. В разделах «Сборочные единицы» и «Детали» приводят наименования этих составных частей. В разделах «Стандартные изделия» и «Материалы» пишут их наименования и условные обозначения. В графе «Кол.» указывают количество составных частей (деталей), входящих в сборку. В графе «Примечание» записывают дополнительные сведения, относящиеся к составным частям сборочной единицы, например весовые или геометрические параметры материалов.

Спецификация считается основным конструкторским документом.

#### **3.10.4. Упрощения на сборочных чертежах**

Следует всегда помнить, что сборочный чертеж может выполняться с большим количеством упрощений, которые позволяют рационализировать построение геометрических форм. Рекомендуется придерживаться следующих правил при выполнении сборочных чертежей.

1. Для уменьшения количества линий невидимого контура рекомендуется применять местные, дополнительные разрезы и сечения.

2. Применять допускаемые упрощенные изображения стандартных деталей, оставляя при необходимости одно конструктивное изображение.

3. Осевой разрез симметричной сборочной единицы не обозначается. Целесообразно изображать половину вида и половину разреза.

4. При штриховке в разрезах смежных неметаллических деталей шаг штриховки должен быть разным.

5. Сечения узких деталей (ширина менее 2 мм) допускается не штриховать, а зачернять.

6. Болты, гайки, валы, оси, пальцы, шайбы, шпонки, ребра жесткости, спицы колес и др. не штрихуются, если секущая плоскость проходит вдоль их осей.

7. Фаски, скругления, проточки, выступы, накатки и насечки допускается не изображать.

8. На главном изображении шестигранные гайки и головки болтов показывать с тремя гранями.

9. Изделия, изготовленные из прозрачного материала (стекло, сетка и др.), изображать как непрозрачные.

10. Не изображать зазоры в сопряжениях крепежных и иных соединений, глухие отверстия для шпилек и винтов показывать упрощенно.

11. Плоские поверхности, например, грани квадратов, лыски допускается выделять диагоналями в виде тонких пересекающихся линий.

12. Линии пересечения поверхностей деталей допускается изображать упрощенно, выполняя их основной линией или сплошной тонкой при плавном переходе поверхностей.

13. Элементы сборочной единицы размерами менее 2 мм (пазы, канавки, отверстия) рекомендуется изображать увеличенными, несколько отступая от масштаба чертежа.

14. Длинные изделия или их элементы с постоянным поперечным или закономерно изменяющимся сечением изображают с разрывом.

15. Если необходимо вычерчивать составные части изделия, закрытые крышкой, щитом, сеткой, то эти детали (крышка, щит и т. п.) не показывают. Однако над изображением выполняют соответствующую пояснительную надпись, например, «Крышка, поз. 7 не показана» или «Деталь, поз. 9 снята».

16. Видимые составные части изделий или их элементы, расположенные за сеткой или частично закрытые впереди расположенными деталями, на сборочных чертежах не показывают.

17. Детали, расположенные за пружинами, считаются закрытыми и не показываются, несмотря на то, что пружина может изображаться с разрывами.

18. Шкалы с надписями, таблички и другие подобные им детали изображают контурно.

19. Надписи должны выполняться без сокращений, кроме тех, что установлены стандартом 2.316–68.

### 3.10.5. Чтение и детализирование сборочных чертежей

Сборочные чертежи выполняются по одним, установленным стандартом правилам. Их содержание зависит от устройства и назначения изделия. Примерную схему чтения сборочного чертежа можно представить в такой последовательности.

1. Ознакомиться с содержанием основной надписи и спецификации сборочной единицы.

2. Выяснить назначение изделия, понять принцип его работы.

3. Уточнить назначение каждой из деталей, определить их функциональные зависимости, способы соединения между собой.

4. Выяснить форму сопряженных поверхностей смежных деталей, их названия и количество в сборочной единице по спецификации.

5. При необходимости эскизно изобразить форму каждой детали с учетом их конструктивных особенностей.

Такой же схемы следует придерживаться и при детализировании сборочного чертежа либо чертежа общего вида, который дополнительно поясняет конструкцию изделия и взаимодействие его составных частей.

Детализирование (детализировка) – это процесс выполнения рабочих чертежей деталей, входящих в сборочную единицу, представленную сборочным чертежом и спецификацией этой единицы или же чертежом общего вида аналогичной сборочной единицы.

При детализировании нужная деталь находится по номеру позиции и в спецификации, и на сборочном чертеже. Контуры найденной детали должны быть определены на всех тех изображениях (проекциях) сборочной единицы, где эта деталь просматривается. На этом этапе нам помогает проекционная связь между изображениями и однотипность штриховки в разрезах и сечениях одной и той же детали.

Определив количество найденных изображений для детали, следует решить, какие из этих изображений будут востребованы в качестве видов, разрезов или сечений для конкретной детали. Необходимо помнить, что количество изображений для детали должно быть минимальным, но достаточным для выявления ее геометрических форм. Элементы детали, изображенные на сборочном чертеже условно или упрощенно, должны быть показаны конструктивно полностью по размерам и в соответствии со стандартом на рабочем чертеже. Требования относительно выбора главного вида детали остаются такими же, как и ранее (п. 3.7.2). Положение вида детали может отличаться от ее положения на главном виде сборочной единицы.

Пример сборочного чертежа одного из изделий представлен на рис. 190. Сборочная единица называется «Вентиль».

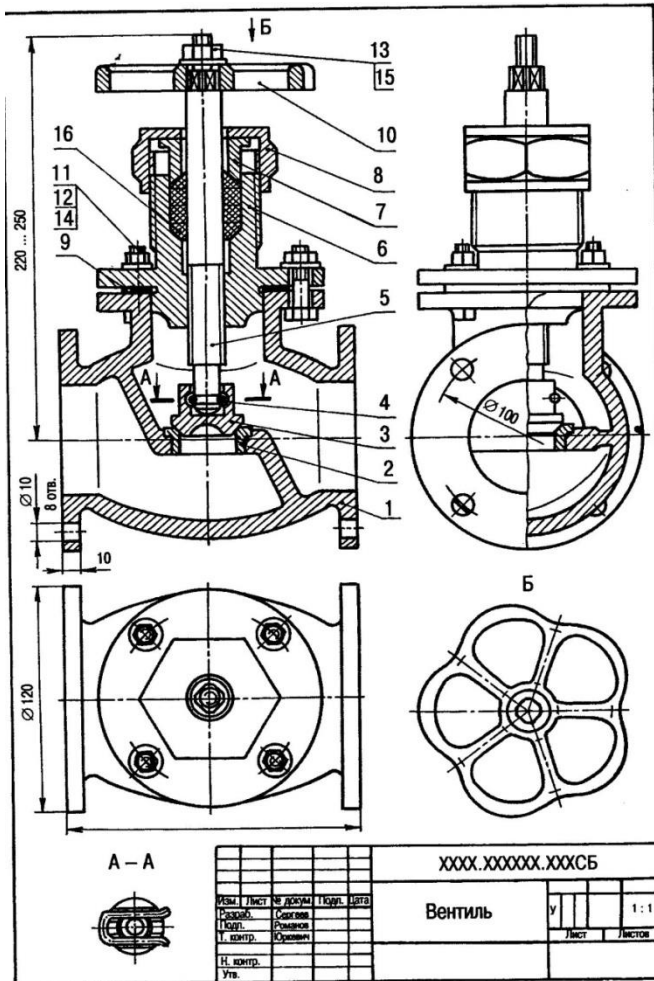


Рис. 190. Сборочный чертеж «Вентиль»

Пример спецификации для этого же изделия показан на рис. 191.



Форм. Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
			<u>Документация</u>		
		XXXX.XXXXXX 00СБ	Сборочный чертеж	1	
			<u>Детали</u>		
	1	XXXX.XXXXXX 001	Корпус	1	
	2	XXXX.XXXXXX 002	Втулка	1	
	3	XXXX.XXXXXX 003	Золотник	1	
	4	XXXX.XXXXXX 004	Скоба	1	
	5	XXXX.XXXXXX 005	Шпindelь	1	
	6	XXXX.XXXXXX 006	Крышка	1	
	7	XXXX.XXXXXX 007	Втулка нажимная	1	
	8	XXXX.XXXXXX 008	Гайка накидная	1	
	9	XXXX.XXXXXX 009	Прокладка	1	
			<u>Стандартные изделия</u>		
	10		Маховик I – 120 × 14 ГОСТ 5260–75	1	
	11		Болт М8 – q6 × 35.58.C ГОСТ 7798–70	4	
	12		Гайка М8 – Н6.05.40X ГОСТ 5915–70	4	
	13		Гайка М10 – Н6.05.40X ГОСТ 5915–70	1	
	14		Шайба А.8. 01. 08 кл. ГОСТ 11971–78	4	
	15		Шайба А.10. 01. 08 кл. ГОСТ 11971–78	1	
			<u>Материалы</u>		
	16		Пенька. ГОСТ 9993–74	0,017	кг
XXXX.XXXXXX.XXX СП					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.	Саргеев				
Проверил	Романов				
Н. контр.	Юревич				
Уч.	Тарашевич				
<b>Вентиль</b>			Литера	Лист	Листов
			у	1	1

Рис. 191. Спецификация изделия «Вентиль»

Пример рабочего чертежа детали поз. 1 из сборочной единицы «Вентиль» представлен на рис. 192.

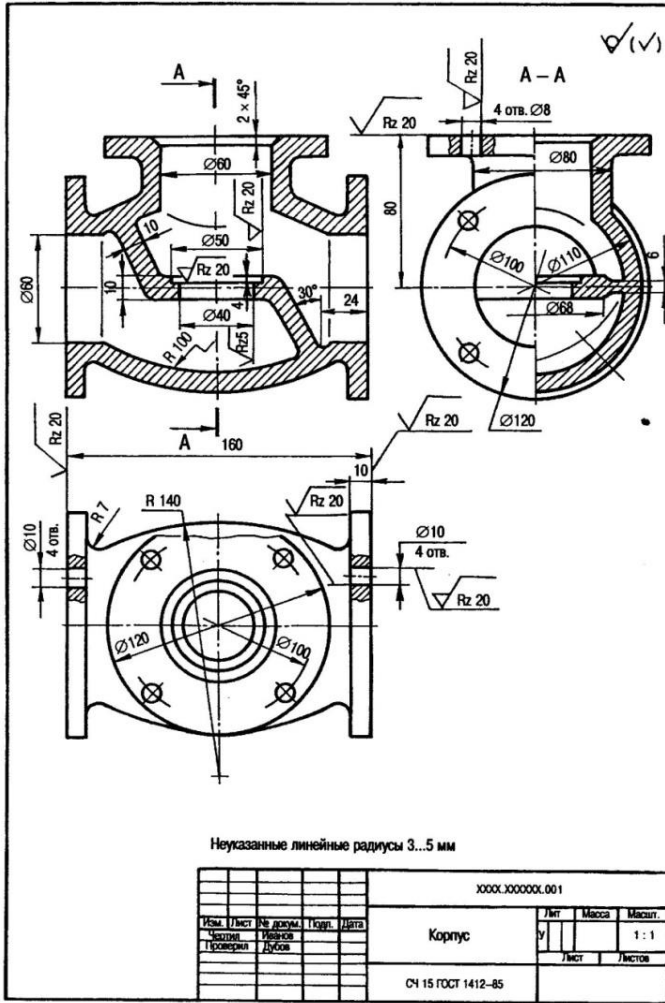


Рис. 192. Чертеж детали «Корпус»

Из сборочного чертежа ясно, что деталь «Корпус» (поз. 1) видна на всех трех изображениях сборочной единицы, и все изображения детали нужны для представления геометрических форм корпуса.

Размеры изображений конкретной детали получают непосредственным замером контуров этой детали на сборочном чертеже. Однако, как правило, мы работаем не с подлинниками и даже не с дубликатами, а с копиями сборочных чертежей. Изображения на этих чертежах выполнены не в стандартном, а в произвольном масштабе, поэтому нужно внимательно изучить размеры, нанесенные на сборочном чертеже, проставленный масштаб и сделать последующий пересчет измеряемых величин. Например, при проставленном размере 100 мм участка детали и наличии масштабной длины 59 мм (полученной замером на чертеже) уменьшение составило  $100 / 59 = 1,7$  раза. Это означает, что все другие замеренные размеры следует увеличить в такое же количество раз.

Кроме того, пересчитанные размеры сравнивают и, при необходимости, округляют до нормативных величин. Используют ряды: линейных размеров и нормальных диаметров общего назначения, радиусов скруглений и фасок, конусностей и уклонов, шпоночных пазов и шлицевых пазов, нормальных углов, диаметров отверстий под болты или винты и др.

Шероховатость поверхностей детализуемой детали назначают с учетом предназначения детали и положения поверхностей (свободная или сопрягаемая, неподвижная или движущаяся и пр.), а также возможного способа обработки поверхности.

Изображения на начальных этапах выполнения чертежа выполняют тонкими линиями. Убедившись, что все элементы изображения детали выполнены правильно, добавляют штриховку, делают обводку линий, наносят обозначения шероховатости и проставляют размеры. В завершающей части записывают технические требования и заполняют основную надпись.

### 3.11. Чертежи-схемы

Чертеж-схема – это графическое изображение изделия, составные части которого, а также и связи между ними показаны упрощенно, с помощью соответствующих условных обозначений. Чертеж-схема представляет собой вид конструкторской документации и содержит наряду с другими документами данные, необходимые для проектирования, изготовления, сборки и регулировки изделий при эксплуатации.

Чертеж-схема отличается от рабочего и сборочного чертежа назначением, формой исполнения и содержанием информации. По схеме

нельзя определить размеры изделия, так как схемы выполняются без соблюдения определенного масштаба и учета действительного пространственного положения отдельных частей изделия. Схематический чертеж содержит условные обозначения ряда элементов, каждый из которых является частью схемы и отображает графически выполнение определенных функций в изделии. Вследствие этого тот или иной элемент схемы не может быть разделен на части, имеющие самостоятельное назначение.

Совокупность деталей и других элементов в единой конструкции рассматривается как отдельное устройство или составная часть изделия, имеющие определенное функциональное назначение, например, коробка перемены передач в автомобиле, генератор, гидрораспределитель и др.

При разработке схем для изображения отдельных элементов и существующих между ними связей используют условные графические обозначения по соответствующим стандартам.

Наименование той или иной схемы определяется ее видом и типом. Функциональные связи между элементами на схемах изображают упрощенно (сплошными или штриховыми линиями), придерживаясь определенной последовательности в расположении составных частей изделия в зависимости от их назначения. В упрощенном виде изображают и функциональную часть электрических, гидравлических, пневматических и кинематических элементов изделия. Так, на электросхемах приводится графическое изображение электрических силовых цепей и цепей управления. При помощи условных обозначений отображаются связи отдельных элементов и приборов в изделии, принцип его работы. По гидравлической схеме судят о содержании составных частей гидросистемы изделия и их взаимодействии. На кинематической схеме условные обозначения показывают направления передачи движения от первоначального источника к рабочим органам изделия. Кинематическая схема позволяет воспроизвести изменение положения ведомого звена в зависимости от заданного положения ведущего, что нужно при изучении работы многих машин и механизмов.

В общей совокупности функциональные связи элементов, изображенных на схеме, дают возможность глубже понять принцип работы изделия.

Схемы в зависимости от разновидностей элементов и связей, входящих в изделия, подразделяют на виды, которые обозначают буквами, и типы, обозначаемые цифрами. Обозначения по ГОСТ 2.701–84 перечислены в табл. 22.

Таблица 22. **Обозначения схем**

Наименование по виду схемы	Буквенное обозначение	Наименование по типу схемы	Цифровое обозначение
Электрическая	Э	Структурная	1
Гидравлическая	Г	Функциональная	2
Газовая (непневматическая)	Х	Принципиальная	3
Пневматическая	П	Соединений (монтажная)	4
Кинематическая	К	Подключений	5
Вакуумная	В	Общая	6
Оптическая	Л	Расположения	7
Энергетическая	Р	Объединенная	0
Деления	Е		
Комбинированная	С		

Каждый стандарт устанавливает условные обозначения только для определенной группы элементов. Для электрических схем это ГОСТ 2.722–68–2.727–68, ГОСТ 2.728–74, ГОСТ 2.729–68, ГОСТ 2.730–68. Для гидравлических и пневматических схем это ГОСТ 2.793–79, ГОСТ 2.781–96, ГОСТ 2.782–96 и ГОСТ 2.784–96. Для кинематических схем действует ГОСТ 2.770–68.

Общие правила для выполнения всех схем устанавливает ГОСТ 2.701–84, а дополнительно: для электросхем – ГОСТ 2.702–75, для гидравлических и пневмосхем – ГОСТ 2.704–76, для кинематических схем – ГОСТ 2.703–68.

Каждый тип схемы имеет свои характерные особенности. Так, структурная схема определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи, т. е. структурный состав изделия. Такая схема предшествует всем остальным типам схем и используется при эксплуатации для общего ознакомления с изделием.

Функциональная схема служит для разъяснения процессов, проходящих в изделии или в его частях. Функциональные части на схеме изображают в виде условных обозначений, а рядом с ними рекомендуют указывать технические характеристики частей. Функциональными схемами пользуются при изучении принципов работы, наладке, регулировках, контроле и ремонте изделий.

Принципиальная схема определяет полный состав элементов изделия и связи между ними, дает более полное и подробное представление о принципе работы конкретного изделия. На основании принципиальных (полных) схем разрабатывают монтажные схемы (схемы со-

единений) и другую конструкторскую документацию. Их также используют при наладке, регулировке, контроле и ремонте изделий.

Схема соединений (монтажная) дает представление о соединении составных частей изделия посредством проводов, кабелей или трубопроводов, устанавливает места их подсоединений и ввода. На основании этой схемы разрабатываются чертежи прокладки коммуникаций. Схематическими соединениями пользуются при наладке, ремонте и эксплуатации изделий.

Схема подключений определяет внешние подключения изделия, например, подключение тормозной системы автоприцепа к аналогичной системе автомобиля и др. Схематическими подключениями пользуются при эксплуатации изделий.

Общая схема определяет составные части комплекса и их соединения между собой. Такие схемы применяются для ознакомления с комплексами и при их эксплуатации. Устройства и элементы комплекса изображают в виде прямоугольников. Связи между ними, т. е. провода, жгуты, кабели и пр. должны примерно соответствовать их расположению в изделиях. Около устройств и элементов допускается указывать их наименование и тип.

Схема расположения необходима для понимания относительного положения составных частей изделия между собой. Например, схема расположения электрооборудования автомобиля отображает расположение приборов, источника тока, электростартера, фар, жгутов, проводов и др. Около условных изображений устройств и элементов помещают их наименование и тип. При большом числе составных частей им присваивают позиционные обозначения. Устройства, на которых расположены составные части, изображают внешними очертаниями. Такие схемы могут быть выполнены на разрезах или планах зданий, разрезах других сооружений или в аксонометрии либо перспективе. Схематическими расположениями пользуются при изготовлении, эксплуатации и ремонте изделий.

Разработка схем – важный этап в проектировании изделий. Комплект разрабатываемых схем оптимален, если минимальное количество схем на изделие содержит сведения, достаточные для проектирования, изготовления, настройки, регулировки, эксплуатации и ремонта изделия.

Более подробные и развернутые сведения о схемах можно получить в соответствующей учебной и справочной литературе [4, 5, 6].

## Вопросы для самоконтроля

1. Что такое сборочный чертеж? Что он содержит?
2. Как определяется количество и тип изображений для сборочной единицы на сборочном чертеже? Какие рекомендации учитывают при ориентации вычерчиваемых изображений?
3. Какие размеры указывают на сборочном чертеже? Какие сведения могут указываться дополнительно?
4. Что понимается под термином «позиция»?
5. Какие требования следует выдерживать при простановке позиций на сборочном чертеже?
6. Что представляет собой спецификация? На каком формате она выполняется?
7. Что объединяет спецификацию и сборочный чертеж?
8. Сколько граф и разделов насчитывается в спецификации сборочной единицы?
9. Для каких разделов спецификации заполняется графа «Формат»? Для каких разделов заполняется графа «Поз.»?
10. Что записывают в разделе спецификации «Детали»?
11. Что записывают в разделе спецификации «Стандартные изделия» и какие особенности при этом учитывают?
12. Что записывают в разделе спецификации «Прочие изделия»?
13. Что вносится в раздел спецификации «Материалы»?
14. Какие основные условности и упрощения можно применять при выполнении сборочного чертежа?
15. Назовите последовательность чтения сборочного чертежа.
16. Что понимается под термином «деталирование» сборочного чертежа и какова последовательность действий для детализирования?
17. Как определяют размеры деталей при детализировании? Какие обстоятельства принимаются в расчет при назначении шероховатости поверхностей деталей?
18. Что такое чертеж-схема? Чем она отличается от рабочего или сборочного чертежа?
19. Назовите несколько видов и типов схем. Как они обозначаются?
20. В чем заключается разница между функциональной, принципиальной и монтажной схемой?
21. Что определяет схема расположения и общая схема?

## 4. ЭЛЕМЕНТЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ЧЕРЧЕНИЯ

Строительные чертежи имеют много общего с машиностроительными чертежами, так как и те и другие в своей основе имеют метод прямоугольного проецирования объектов на плоскость проекций.

Строительные чертежи подразделяются на инженерно-строительные и архитектурно-строительные. К первым из них относятся чертежи мостов, тоннелей, плотин, каналов, дорог и т. п., а ко вторым – чертежи зданий гражданских, промышленных и сельскохозяйственных сооружений.

Студенты специальностей «Мелиорация и водное хозяйство», «Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ», «Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства» в процессе обучения изучают основы строительного черчения, работают с архитектурно-строительными чертежами и генеральными планами. Эти чертежи они должны понимать, уметь выполнять и использовать для изучения других учебных дисциплин.

### 4.1. Генеральные планы

Генеральный план – это чертеж определенного участка территории, на котором отображается и ситуационная обстановка, и объекты, созданные природой и человеком. Генеральный план является основным графическим документом, содержащим сведения о размерах, конфигурации территории объекта, размещении и габаритах имеющихся и проектируемых зданий и сооружений, расположении санитарно-защитных зон, благоустройстве территории. Генеральный план одного объекта должен быть увязан с районной планировкой строительных объектов. Генеральные планы выполняются в масштабах 1:500 – 1:10 000. При выполнении генерального плана для изображения разных объектов применяются их условные обозначения, которые могут быть перечислены на этом же чертеже. Внутри контуров сооружений указывают цифры, которые расшифровываются в специальной таблице, называемой экспликацией. На генеральном плане стрелкой и буквами указывается направление сторон света (С – север, Ю – юг) или строится так называемая роза ветров, по которой определяется господствующее в данной местности направление ветра. Пример генерального плана реконструкции одного из колледжей показан на рис. 193.



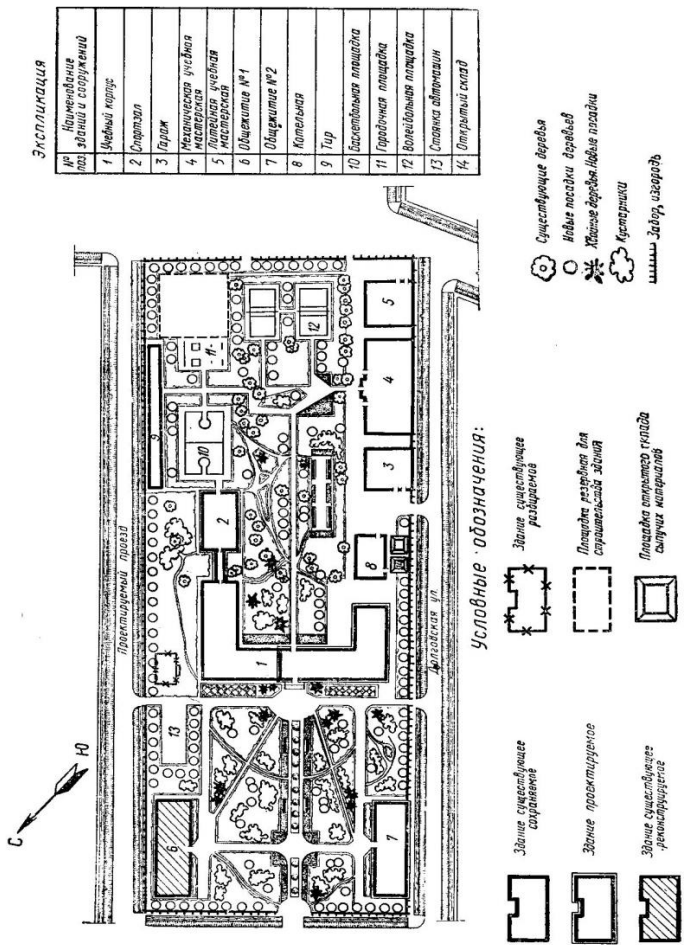


Рис. 193. Генеральный план колледжа

## 4.2. Основные конструкции здания. Конструктивные элементы

Конструкцией принято называть часть здания или сооружения, состоящую из элементов, взаимно связанных процессом производства строительных и монтажных работ. Конструкции могут быть сборными из отдельных, заранее изготовленных элементов, и монолитными, изготавливаемыми на месте монтажа.

Узлом называется участок конструкции, где сопрягаются или взаимодействуют между собой элементы конструкций. Элемент конструкции – это составная (монолитная или сборная) часть конструкции.

Объемно-планировочный элемент здания – это часть его объема, характеризуемая высотой этажа, пролетом и шагом (рис. 194).

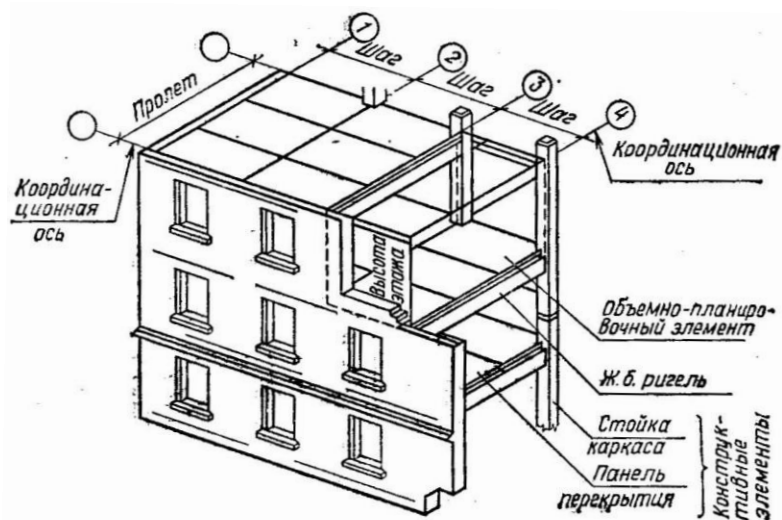


Рис. 194. Фрагмент здания

Высота этажа определяется размером от уровня пола данного этажа до уровня пола вышележащего этажа. В одноэтажном здании промышленного типа высота этажа равна расстоянию от уровня пола до нижней грани конструкции перекрытия (рис. 195).

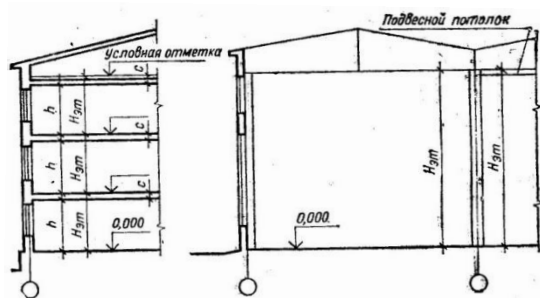


Рис. 195. Разрез здания

На рис. 194, 195 присутствует сетка координационных осей – условных геометрических линий, служащих для привязки здания к строительной координатной сетке, которая в свою очередь привязана к реперам генерального плана. Сетка координационных осей является своеобразным «скелетом» здания, так как она соответствует положению несущих (опорных) элементов. Координационные оси наносят штрихпунктирными линиями и обозначают марками в кружках диаметром 6...12 мм. Размеры между координационными осями должны быть кратными модулю.

Для маркировки координационных осей используют арабские цифры и прописные буквы кириллицы, за исключением З, Й, О, Х, Ы, Ь, Ъ. Размер шрифта для этих обозначений выбирают более крупный, чем для размерных чисел. Цифрами маркируют оси по той стороне здания, где их больше. Последовательность маркировки осей принимается слева направо и снизу вверх. Марки осей чаще всего располагают по левой и нижней стороне плана здания.

Координационные оси определяют шаг и пролет. Шагом называется расстояние между соседними координационными осями. Шаг может быть продольным и поперечным. Пролетом именуют расстояние между соседними несущими стенами, т. е. расстояние, измеренное вдоль основной несущей конструкции (прогона, ригеля, фермы).

Основными конструкциями здания считаются фундаменты, стены, перегородки, перекрытия, покрытия, лестничные клетки, пандусы, кровля, проемы и т. д. Большинство из них показаны на рис. 196.

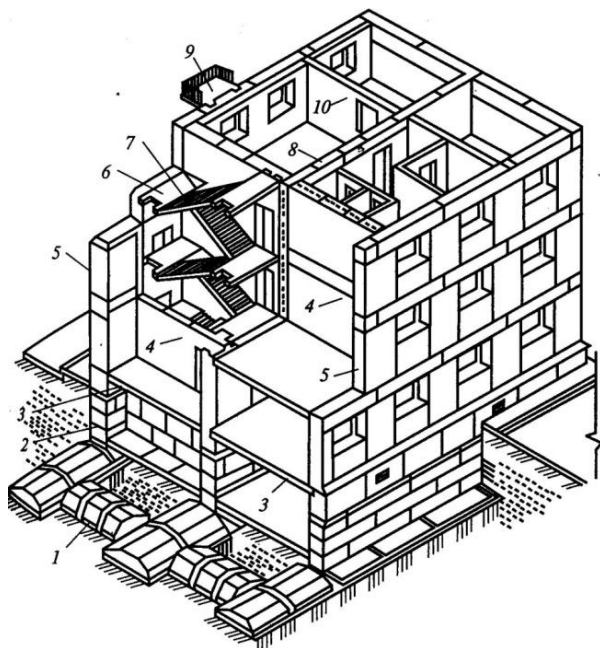


Рис. 196. Конструктивная схема здания: 1 – фундамент; 2 – стены подвала; 3 – перекрытия; 4 – внутренние стены; 5 – наружные стены; 6 – лестничная площадка; 7 – лестничный марш; 8 – внутренняя несущая стена; 9 – балкон; 10 – межкомнатная перегородка

Конструктивным элементом здания или сооружения называется отдельная самостоятельная конструкция, например, железобетонный ригель, плита перекрытия, стойка и т. д. (см. рис. 194).

Все размеры объемно-планировочных и конструктивных элементов должны быть кратны определенной величине, называемой модулем. Величина основного модуля принимается равной 100 мм и обозначается буквой М. Все остальные, т. е. производные виды модулей, – укрупненные и дробные образуются на базе основного модуля умножением его на целые или дробные числа.

Укрупненные модули (мультимодули) выражаются размерами: 6 000, 3 000, 1 500, 1 200, 600, 300 мм. Их обозначают как: 60М, 30М, 15М, 12М, 6М, 3М. Дробные модули (субмодули) – 50, 20, 10, 5, 2, 1 мм. Обозначают субмодули как: 1/2М, 1/5М, 1/10М, 1/20М, 1/50М, 1/100М.

Укрупненные модули применяются при назначении шага элементов здания, а дробные модули – при подборе конструктивных размеров колонн, балок, плит, и т. д., а также зазоров, швов, толщин листов и др.

Фундаменты под стены или отдельные опоры (подземная часть здания) передают нагрузку на грунт. Фундаменты могут быть ленточными, столбчатыми, свайными и сплошными.

Стены подразделяют на наружные, защищающие здание от внешних воздействий, и внутренние, разделяющие здания на отдельные помещения. Стены бывают несущими, передающими нагрузку на фундамент от перекрытий, покрытий и собственного веса, самонесущими, когда нагрузка составляет только собственным весом, и навесными, при передаче нагрузки на колонны.

Перегородки – это внутренние стены (толщиной не более 120 мм), разделяющие смежные помещения в здании на одном этаже.

Перекрытия – внутренние горизонтальные ограждающие конструкции, разделяющие здание по высоте на этажи. Перекрытия могут быть надподвальными, междуэтажными и чердачными.

Покрытия – верхние горизонтальные ограждающие конструкции, отделяющие помещения здания от наружной среды и защищающие здание от атмосферных осадков. В зданиях без чердака покрытие выполняет функции перекрытия и крыши.

Крыша – конструкция, представляющая собой самую верхнюю часть здания. Традиционно она состоит из несущей (стропил и обрешетки) и ограждающей (кровли и основания) частей.

Кровля – верхний водонепроницаемый слой покрытия.

Карниз – верхняя часть стены, которая служит для отвода атмосферных осадков от нее.

Лестничная клетка – помещение, огражденное капитальными стенами, где устроена лестница. Она бывает одномаршевая, двух- и трехмаршевая. Лестничные марши разделены лестничными площадками.

Проемы – отверстия в стенах и перегородках для устройства в них окон и дверей. Заполнение оконных проемов выполняется оконными коробками, остекленными переплетами, подоконной доской и наружным сливом. Дверной проем заполняется дверной коробкой с дверным полотном (однопольным, двухпольным, полуторным).

Пандус – это наклонный въезд в здание или съезд из него. На обозначении пандуса показывают направление съезда.

#### 4.2.1. Нанесение размеров

Размеры конструктивных элементов подразделяют на координационные, конструктивные и натуральные. Координационный размер – это модульный размер, определяющий границы координационного пространства в одном направлении. Конструктивным размером является проектный размер строительной конструкции. Он может быть больше либо меньше координационного на толщину шва и зазора (рис. 197).

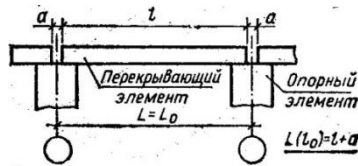


Рис. 197. Размеры элементов:  
 $L = t_0$  – координационный размер;  
 $t$  – конструктивный размер;  
 $a$  – нормированный зазор

В реальности работают с натуральными размерами. Это фактические размеры конструктивных элементов и строительных изделий, отличающиеся от конструктивных на величину допусков, установленных нормами. Размеры на строительных чертежах проставляют по ГОСТ 2.307–68 с учетом требований ГОСТ Р 21.1501–92.

Размеры на строительных чертежах, как и на машиностроительных, указывают в миллиметрах без обозначений единиц измерения. Допускается указывать размеры в иных единицах с обозначением этих единиц или с указанием единицы измерения в технических требованиях. Размеры на строительных чертежах наносят в виде замкнутой цепочки. Размеры допускается повторять.

Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения. Положение размерной линии от параллельной ей линии контура, осевой, выносной и другой линии, а также расстояние между параллельными размерными линиями определяется величиной 8...10 мм (рис. 198). Допускается нанесение размерных линий и простановка размеров в пределах контуров построенных изображений, как, например, длина и ширина помещения. В подобном случае допустимо взаимное пересечение размерных линий.

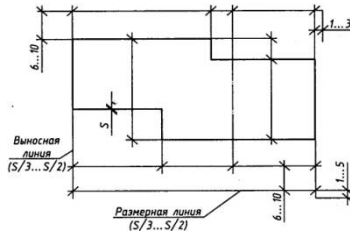


Рис. 198. Нанесение размеров

Для чертежей общих видов (планов, разрезов и т. п.) размерные линии располагают на расстоянии не менее 10 мм от линии наружного контура. Для ограничения размерных линий на их пересечениях с контурными, выносными, осявыми, центровыми и другими линиями применяют засечки в виде короткого штриха, проведенного основной линией с наклоном вправо под углом  $45^\circ$  к размерной линии, и точки при недостатке места для засечек на близко расположенных участках размерной линии.

На чертежах проставляют числовые отметки уровня (высоты, глубины) элементов конструкций оборудования и пр. от поверхности отсчета – условной «нулевой» отметки. Для этого используется специальный знак (рис. 199), а уровень указывается в метрах с тремя десятичными знаками. На планах числовые отметки могут указываться цифрой в прямоугольнике.

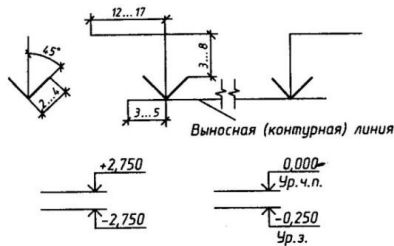


Рис. 199. Знаки высотной отметки

«Нулевую» отметку, за которую, как правило, принимают поверхность какого-либо элемента конструкции здания или сооружения, расположенного вблизи планировочной поверхности земли, указывают без знака; отметки выше нулевой – со знаком «+»; ниже нулевой – со

знаком «—». Так показывают отметки уровней на фасадах, разрезах и сечениях, помещая их на выносных линиях или линиях контура. Разрезы здания обозначают последовательно арабскими цифрами или прописными буквами кириллицы.

### **4.3. Изображения зданий**

Ортогональные проекции зданий на строительных чертежах имеют свои названия. Виды здания спереди, сзади, слева и справа называются фасадами. Вид на здание сверху называется планом, и поскольку сверху видна крыша здания, то это – план крыши. Однако гораздо большее значение имеет план здания, выполненный на каком-то конкретном уровне, например, план первого этажа.

Планом этажа называют изображение здания, условно рассеченное горизонтальной плоскостью на уровне оконных и дверных проемов и спроецированное на горизонтальную плоскость проекций. При этом верхняя часть здания предполагается удаленной и на чертеже плана здания показывается то, что получается в секущей плоскости и под ней. Поэтому план этажа здания является его горизонтальным разрезом.

Разрезом называют изображение здания, рассеченного вертикальной плоскостью и спроецированного на плоскость проекций, параллельной плоскости сечения. Положение секущей плоскости – горизонтальный след для данного разреза показывают и обозначают на плане этого здания. Разрезы делают по наиболее важным в конструктивном или архитектурном отношениях частям здания: по лестничной клетке, проемам и т. п.

#### **4.3.1. Основная надпись строительных чертежей. Условные графические изображения**

Выполненная в соответствии с СПДС надпись строительных чертежей незначительно отличается от основной надписи машиностроительного чертежа. В левой части надписи указывают должности, затем фамилии с подписями исполнителей и даты. В графе «Стадия» указывают условное обозначение стадии проектирования здания: П – проект, РП – рабочий проект, РД – рабочая документация. Масштаб в основной надписи не проставляют. Основная надпись на строительных чертежах соответствует ГОСТ 2.104–68 и ГОСТ 21.101–97 СПДС.



### 4.3.2. Планы зданий

Горизонтальный разрез здания на выбранном этаже на уровне дверных и оконных проемов называется планом этажа. На этом плане показывают координационные оси, положение стен (наружных и внутренних) и перегородок, оконные и дверные проемы, встроенные шкафы, антресоли, санитарно-техническое оборудование и т. п. (рис. 200).

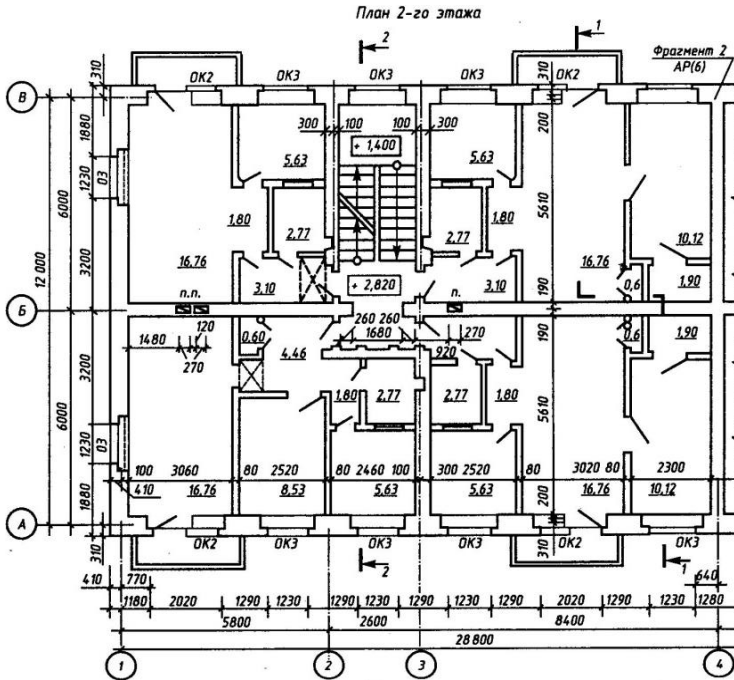


Рис. 200. План этажа

Если план и фасад располагаются на одном листе, то между ними выдерживается проекционная связь. Длинную сторону плана располагают обычно по продольной оси листа. На плане проставляют размеры, позволяющие судить о величине всех помещений и конструктивных элементов здания. Положение этих элементов определяется их привязкой к координационным осям.

На планах этажей проводят внешние размерные линии – цепочки от одной до четырех с расстоянием между ними 6...8 мм. Эти линии проводят обычно слева и снизу от контура плана. При этом первую линию несколько отодвигают (на 12...16 мм), чтобы не затруднять чтение. На первой размерной линии наносят размеры проемов и простенков между ними, на второй – размеры между смежными осями, на третьей – размеры между крайними осями. Простенки, ближайшие к координационным осям, привязываются размерами от их граней до осей. Внутренние размеры помещений, толщины перегородок и внутренних стен проставляют на внутренних цепочках, которые располагают по вертикали и горизонтали плана. На планах маркируют помещения, названия которых затем записывают в экспликацию. Кроме того, подчеркнутыми цифрами с двумя десятичными знаками после запятой записывают площадь помещения в квадратных метрах.

На планах указывают марки дверных блоков (ДК, Д1, Д2, ...), оконных блоков (ОК1, ОК2, ...), перегородок (ПГ1, ПГб, ...) и т. д. Если планировка помещений второго и последующего этажей здания одинакова, то выполняется только один последующий план, который называется планом типового этажа. Планы этажей выполняют в масштабе 1:50, 1:100, 1:200.

Планы зданий выполняют в следующей последовательности: проводят продольные и поперечные координационные оси; вычерчивают все наружные и внутренние стены, перегородки и колонны, если они есть; осуществляют разбивку оконных и дверных проемов в наружных и внутренних стенах и перегородках; условно показывают открывание дверей; вычерчивают санитарно-технические приборы и наносят необходимые выносные и размерные линии. Далее проставляют на чертеже все размеры, делают соответствующие записи и проверяют чертеж, выполненный в тонких линиях. После исправлений и доработки обводят основные линии толщиной 0,6...1,5 мм.

В число архитектурно-строительных чертежей входят также планы подземных конструкций и помещений, планы кровли и полов, схемы расположения перегородок. План кровли – это вид на здание сверху. На нем показываются скаты крыши. Выполняется такой план в масштабе 1:200.

План фундамента – это разрез здания горизонтальной плоскостью на уровне обреза фундамента. На этом плане показывают конфигурацию фундамента под несущие стены, отдельно стоящие столбы и колонны, технологическое оборудование и т. п. Планы фундаментов мо-

гут исполняться в масштабе 1:100, 1:200, 1:400. В необходимых случаях дают поперечные сечения фундамента. Сечения выполняют в масштабе 1:50, 1:25, 1:20. Они могут располагаться на отдельном листе с соответствующим обозначением по ГОСТ 2.305–68.

Чертежи планов фундаментов сопровождаются примечаниями, характеризующими конструкцию фундамента, подготовку поверхности основания, устройство гидроизоляции и т. п. При выполнении фундаментов из сборных блоков вычерчивают монтажный план и развертку фундамента.

### 4.3.3. Чертежи фасадов

Фасадом здания принято называть его вид: спереди, сзади, сбоку. Вид на здание со стороны улицы называется главным фасадом, виды слева или справа – торцевыми фасадами, а вид сзади, со стороны двора – дворовым фасадом.

В наименованиях фасадов дают марки координационных осей, указывая сначала крайнюю левую, а потом крайнюю правую оси (рис. 201).

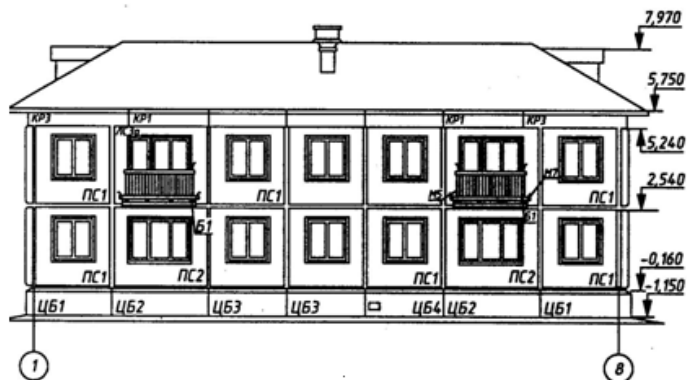


Рис. 201. Фасад 1–8 жилого дома

По фасадам здания можно судить о его внешнем облике, о расположении и форме конструктивных и архитектурных элементов: окон, дверей, балконов, лоджий, наличников, пилястр, колонн, наружных эвакуационных лестниц, водосточных труб и т. д.

Фасады используют для указаний по наружной отделке зданий. На чертежах крупноблочных или панельных зданий показывают «разрезку» стен на блоки и панели так, как указано на рис. 201. Подобные чертежи могут служить схемами расположения сборных элементов здания, в этом случае на фасаде указывают марки стеновых блоков.

Размеры здания на фасадах обычно не показывают, наносят только координационные оси, проходящие в характерных местах фасада (крайние, у деформационных швов, в местах перепада высот и уступов). За пределами чертежа фасада, справа или слева от него, указывают наиболее характерные отметки уровня земли, входных площадок, низа и верха проемов, поясков, карнизов, конька крыши, а также расположенных на разных уровнях отдельных элементов фасада (козырьков, тамбуров и т. п.).

Чертежи фасадов зданий выполняют в масштабе 1:50, 1:100, 1:200 в зависимости от назначения и величины здания. От масштаба зависит степень проработки подробностей. Так, например, членение оконных переплетов, дверей и ворот показывают на фасадах, выполненных в масштабе 1:100 или крупнее. При более мелких масштабах показывают только наружные контуры створок или проемов.

Видимые контуры на чертежах фасадов обводят тонкими сплошными линиями, толщиной  $S/3$ . Самая толстая линия – это линия контура земли, она проводится толщиной 1,0...1,5 мм и выходит за пределы фасада на 20...30 мм.

#### **4.3.4. Чертежи разрезов и узлов**

Разрезы на строительных чертежах – это специфические проекционные изображения частей зданий. Чертежи разрезов зданий и сооружений включают в себя совмещенные изображения их сечений, интерьеров и внешних контуров тех частей и элементов, которые оказываются за секущей плоскостью в направлении рассматривания. При этом части изображения, принадлежащие плоскостям сечений, которые обычно параллельны основным плоскостям проекций, являются масштабируемыми натуральными величинами. В зависимости от масштабирования и назначения чертежей на разрезах исполняются либо упрощенные, либо достаточно сложные изображения конструктивных, технологических и других элементов. На них проставляются обозначения, в соответствии с которыми при изменении масштаба производится дальнейшее, более точное изображение проекций фрагментов

объекта, его узлов и деталей, вплоть до показа вариантов соединения единичных изделий или их отделки.

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы подразделяют на простые, получаемые одной плоскостью, и сложные, если необходимо использовать две или более секущих (как правило, параллельных) плоскостей. Положение секущей плоскости для получения разреза обозначают на плане этажа утолщенными штрихами (до 1,5S), перпендикулярно которым проставляют стрелки, указывающие направление проецирования и взгляда наблюдателя (как правило, справа налево и снизу вверх). Около стрелок размещают наименование разреза: арабские цифры или прописные буквы кириллицы, а на самом разрезе надписывают *I-I*, или *A-A*.

Разрезы называют продольными, если секущие плоскости проходят вдоль конька крыши или наибольшей стороны здания, и поперечными, если секущие плоскости перпендикулярны указанным элементам. Разрезы выполняют в масштабе 1:100, 1:75, 1:50. Выбор масштаба зависит от назначения здания или сооружения, его размеров, конструктивных особенностей и степени детализации.

На начальных стадиях проектирования зданий выполняют схематизированные – упрощенные или контурные разрезы. Эти разрезы содержат размеры и высотные отметки этажей, окон, дверей, цоколя, карниза, крыши и др., что необходимо для разработки фасада. На разрезах показывают элементы архитектурного решения интерьера. На схематизированных разрезах представляют только контуры сечений стен, пола, кровли, чердачных и межэтажных перекрытий, фундаментов и всего того, что расположено за секущей плоскостью. Линия конструктивного контура чердачного помещения должна соответствовать низу чердачного перекрытия, а линия верхнего контура – верху кровли.

При разработке рабочих чертежей выполняют конструктивные разрезы, которые показывают устройство каркаса, стен, перекрытий, крыш, фундаментов и др., связанных с возведением зданий и сооружений.

Положение секущей плоскости следует выбирать, чтобы она проходила через важные в конструктивном или архитектурном отношении части здания: оконные и дверные проемы, лестничные клетки, балконы, шахты лифтов и т. д.

На разрезах должны быть показаны координационные оси здания и расстояния между ними; расстояния между крайними разбивочными осями с привязкой к ним наружных стен; оси у деформационных швов;

отметки уровней земли; отметки чистого пола и всех последующих этажей, лестничных площадок; отметки низа несущих конструкций покрытия одноэтажных зданий и низа плит покрытия верхнего этажа многоэтажного здания, отметки низа опорной части, заделанного в стену элемента; отметки карнизов и уступов стен, а также головок рельсов крановых путей при их наличии. Показываются также размеры и привязки по высоте проемов, отверстий, ниш в стенах и перегородках; отметки вентиляционных и лифтовых шахт, других устройств, расположенных внутри и на крыше; уклоны кровли и др.

Последовательность вычерчивания схематизированного разреза может быть такой, как показано на рис. 202.

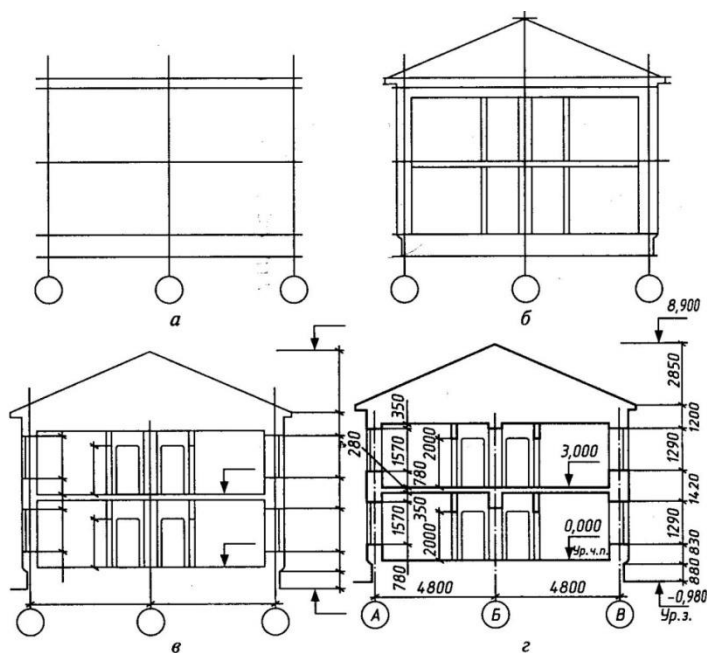


Рис. 202. Этапы построения разреза здания:  
*a* – 1-й этап; *б* – 2-й этап; *в* – 3-й этап; *z* – 4-й этап

На первом этапе (рис. 202, *a*) проводят прямую горизонтальную линию, которую принимают за уровень пола первого этажа, соответствующий отметке 0,000. Затем на чертеже плана первого этажа заме-

ряют расстояния между соответствующими координационными осями, попадающими в секущую плоскость, и откладывают их на этой прямой. Через полученные точки проводят тонкие вертикальные прямые линии, являющиеся осями основных несущих конструкций, стен и колонн, если таковые имеются. Перпендикулярно координационным осям вычерчивают горизонтальные линии, соответствующие уровням пола всех этажей, а также условное изображение чердачного перекрытия и карниза.

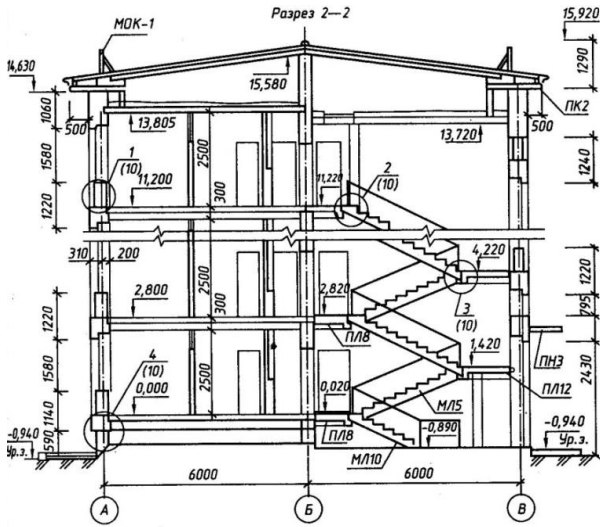
На втором этапе (рис. 202, б) с помощью привязок к координационным осям тонкими линиями наносят контуры наружных, внутренних стен и перегородок, входящих в разрез. Размеры привязок, взятые с плана, показывают толщину перекрытий, высоту конька крыши. Отмечают выносы карниза, доколя, строят линии ската крыши.

На третьем этапе (рис. 202, в) в наружных и внутренних стенах, перегородках намечают оконные и дверные проемы, попадающие в разрез. Изображают все элементы здания, расположенные за секущей плоскостью. Проводят выносные и размерные линии, наносят условные знаки для простановки высотных отметок.

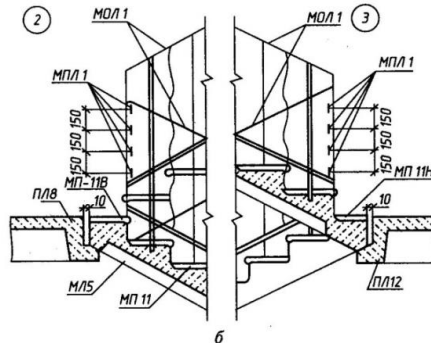
На четвертом этапе (рис. 202, г) выполняют обводку контуров разреза линиями толщиной 0,6...0,8 мм. Проставляют высотные отметки, размеры и маркеры осей, делают необходимые поясняющие надписи, указывают наименование разреза и удаляют ненужные линии.

При построении конструктивного разреза эта последовательность сохраняется, однако конструктивные элементы здания вычерчиваются более детально и тщательно. Если отдельные узлы разреза требуют более детальной проработки, используют дополнительные выносные элементы, на которых узлы или фрагменты изображают в более крупном масштабе. При этом употребляется система перекрестных позиционных ссылок для предыдущих и последующих изображений. Знаки выносных элементов могут быть окружностями или овалами с цифровым или буквенно-цифровым обозначением на полке линии-выноски. Если узел помещен не на этом, а на другом листе, то номер листа будет указан полкой или на полке линии-выноски в скобках.

В разрезах лестничной клетки секущую плоскость размещают с таким расчетом, чтобы она проходила по лестничным маршам, расположенным ближе к наблюдателю. Это значит, что будут рассекаются либо нечетные, либо четные марши. Пример более детального исполнения разреза жилого здания с проработкой увеличенного изображения двух узлов лестницы показан на рис. 203.



а



б

Рис. 203. Архитектурный разрез жилого дома:  
а – общий разрез; б – разрез узлов лестницы

Фрагменты планов, разрезов и фасадов отмечают, как правило, фигурными скобками. Под фигурной скобкой, а также над соответствующим фрагментом указывают наименование и порядковый номер фрагмента. Если фрагмент помещен на другой лист, то дают ссылку на этот лист. Ссылка на фрагмент может указываться и на полке линии-выноски.



## Вопросы для самоконтроля

1. Что представляют собой архитектурно-строительные и инженерно-строительные чертежи?
2. Что такое генеральный план? Какие объекты на нем показывают?
3. В каких масштабах выполняют генеральный план? Что такое экспликация?
4. Что понимают под конструкцией здания, его узлом и объемно-планировочным элементом?
5. Что такое сетка координационных осей? Как маркируют координационные оси?
6. Перечислите основные конструктивные элементы здания.
7. В каких единицах измеряют размеры на строительных чертежах? Что такое координационный и конструктивный размер?
8. Какие требования накладывают на размеры конструктивных и объемно-планировочных элементов?
9. Как наносят размеры на строительных чертежах? В чем отличие простановки этих размеров на машиностроительных чертежах?
10. Как проставляют числовые отметки уровня (высоты, глубины) элементов конструкций? Какие единицы измерений при этом выбирают?
11. Как называют изображения на инженерно-строительных чертежах? Какие масштабы изображений используют?
12. Определите назначение фасада здания? Сколько может быть фасадов? Каковы преимущественные масштабы изображения?
13. Как определяют главный фасад? Что из размеров указывают на фасадах, и какие координационные оси обозначают?
14. Что называется планом? Какие выполняют планы на строительных чертежах, и какие масштабы используют?
15. Что представляет собой план этажа? Какой высотный уровень он показывает?
16. Что проставляют и что маркируют на планах этажей здания? Из чего исходят, определяя количество этажных планов?
17. Что представляют собой разрезы на строительных чертежах? Какие масштабы для построения разрезов используют?
18. Назовите отличия в исполнении архитектурного и конструктивного разрезов, продольного и поперечного разрезов?
19. Перечислите последовательность этапов для построения схематизированного разреза. Какие оси и размеры наносят на разрезе?
20. Как поступают при необходимости детальной проработки конструкции некоторого узла здания?

## 5. КОМПЬЮТЕРНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Научно-техническая революция в развитии человеческого общества коснулась всех его сторон и в первую очередь процесса производства материальных благ для членов сообщества. Это означает разработку, создание и исследование опытных образцов, серийный выпуск и реализацию разработанного продукта с максимально возможной эффективностью и в максимально короткие сроки. Поэтому появилась настоятельная потребность в создании новых методов проектирования, разработке конструкторской документации, в повышении производительности труда и конструкторов, и производителей-изготовителей, и организаторов производства не на единицы-десятки процентов, а в десятки или сотни раз. Появление ЭВМ способствовало не только ускорению расчетов, но и привело к созданию систем автоматизированного проектирования (САПР), используемых коллективами конструкторов-разработчиков. Система автоматизированного проектирования оснащается различными устройствами ввода и вывода информации о проектируемом изделии, как то: электромеханические чертежные автоматы, дисплеи, принтеры, плоттеры и другие устройства. Применение и дальнейший прогресс в развитии ЭВМ привел к появлению и массовому применению персональных ЭВМ – индивидуальных компьютеров, широчайшие возможности которых по получению, использованию и переработке информации применяет любой подготовленный пользователь.

Составной частью САПР является компьютерная (машинная) графика. Она обеспечивается техническими, лингвистическими, программными, математическими, информационными и организаторскими средствами. Процессы инженерной графики могут осуществляться в активном диалоговом режиме в реальном масштабе времени, когда пользователь имеет возможность немедленно исправить замеченные ошибки, откорректировать численные значения величин вводимых или выводимых параметров. В интерактивном режиме пользователь взаимодействует с компьютером через устройства ввода и вывода информативных данных, редактируя изображения чертежей на экране дисплея, и даже может визуализировать изделия в пространстве.

Компьютерная графика и САПР позволяют конструктору (пользователю) уделять основное внимание творческой стороне процесса проектирования, освобождая его от рутинных операций, выбирать опти-

мальные решения на основе строгого математического анализа из большого количества вариантов. Студенты, овладевшие компьютерной графикой, могут легче и быстрее развить абстрактное мышление, лежащее в основе пространственного представления геометрических форм предметов, намного рациональнее и эффективнее выстроить свой учебный процесс, сократив затраты времени на выполнение и корректировки учебных чертежей.

### 5.1. Общие положения

Изучение основных требований к выполнению электронных документов и приобретению навыков их выполнения является завершающим этапом в изучении курса «Инженерная графика».

Необходимо изучить и понимать термины и определения, установленные Межгосударственным стандартом ГОСТ 2.051–2006, относящиеся к электронным документам:

- электронный конструкторский документ (ЭД) – документ, выполненный как структурированный набор данных, создаваемых программно-техническим средством;
- атрибут – элемент данных, который выражает определенную характеристику документа и имеет имя и значение;
- реквизит документа – элемент оформления документа, содержащий о нем сведения (состоит из атрибутов);
- версия документа – электронный документ, соответствующий определенной стадии (этапу) разработки документа;
- информационная единица (ИЕ) – файл или набор файлов, рассматриваемых как единое целое.

Электронный документ выполняют на стадии разработки изделия и применяют на всех стадиях жизненного цикла изделия. Документ получают в результате автоматизированного проектирования или преобразования документа из бумажной формы в электронную. Электронный документ имеет два представления – внутреннее и внешнее. Во внутреннем представлении документ существует в виде записи информации на электронном носителе. Во внешнем представлении ЭД – документ в доступной для визуального восприятия форме.

В электронном документе есть две части: содержательная и реквизитная. Содержательная часть состоит из одной или нескольких информационных единиц. Реквизитная часть состоит из структурированного по назначению набора реквизитов и их значений.

Электронные конструкторские документы подразделяют на простые, составные и агрегированные в зависимости от состава и способа организации содержательной части. В простом ЭД содержательная часть реализована в виде одной ИЭ; в составном – в виде нескольких ИЭ, связанных ссылками; в агрегированном – присутствуют несколько ИЭ, информационно связанные друг с другом.

Наименования ЭД устанавливаются по ГОСТ 2.102–68. Подлинники, дубликаты и копии ЭД имеют одинаковую силу с бумажной формой выполнения аналогичных документов.

Твердая копия, изготовленная и подписанная в установленном порядке, может иметь наименование документа, что и электронный документ, с которого она получена, и должна содержать указание, что исходным документом является ЭД.

## **5.2. Электронная модель изделия. Требования к выполнению**

Требования и определения устанавливает Межгосударственный стандарт ГОСТ 2.052–2006:

- электронная модель изделия (ЭМИ) предназначена для изготовления чертежной конструкторской документации в электронной или бумажной форме;

- электронная модель изделия (модель) – электронная модель детали или сборочной единицы по ГОСТ 2.102–68;

- электронная геометрическая модель (геометрическая модель) – электронная модель изделия, описывающая геометрическую форму, размеры и иные свойства, зависящие от формы и размеров изделия;

- геометрический элемент – идентифицированный (именованный) геометрический объект, используемый в наборе данных. Таким объектом может быть точка, линия, плоскость, поверхность, геометрическая фигура, геометрическое тело;

- атрибут модели – размер, допуск, текст или символ, требуемый для определения геометрии изделия или его характеристики;

- твердотельная модель – трехмерная электронная геометрическая модель, представляющая собой форму изделия как результат композиции заданного множества геометрических элементов с применением операций булевой алгебры к этим элементам;

- составная часть изделия – изделие любого вида по ГОСТ 2.101–68, входящее в состав общего изделия и рассматриваемое как единое целое;

- файл модели – файл, содержащий информацию о геометрических элементах, атрибутах, обозначениях и указаниях, которые рассматриваются как единое целое.

Электронная модель изделия представляется в виде набора данных, которые определяют геометрию изделия и другие свойства, необходимые для изготовления и эксплуатации изделия. Электронная модель изделия обычно используется для интерпретации набора данных, входящих в изделие в автоматизированных системах; визуального отображения конструкции изделия при выполнении проектных работ и других операций; изготовления чертежной конструкторской документации (КД) в электронной или другой форме.

Общие требования к выполнению КД в форме электронной модели устанавливает ГОСТ 2.051–2006. Электронная модель изделия составляет содержательную часть документации по ГОСТ 2.102–68, а реквизитную – по ГОСТ 2.104–68. Электронная модель изделия, как правило, состоит из геометрической модели изделия, произвольного количества атрибутов модели и может включать технические требования.

Электронный конструкторский документ, выполненный в виде модели, должен соответствовать следующим требованиям:

- атрибуты, обозначения и указания, приведенные в модели, должны быть необходимыми и достаточными для указанной цели выпуска (например, изготовления);
- все значения размеров должны получаться из модели;
- ссылки на нормативные документы, определяющие форму и размеры конструктивных элементов изделия, допускается давать только тогда, когда в них присутствует геометрическое описание этих элементов.

При визуализации модели на экране дисплея придерживаются следующих правил:

- размеры, предельные отклонения и указания (в том числе технические требования) следует отражать в основных плоскостях проекций по ГОСТ 2.305–68, в аксонометрических проекциях – по ГОСТ 2.317–69;
- весь текст должен быть определен в одной плоскости обозначений и указаний (ПОУ);
- отображение информации в любой ПОУ не должно накладываться на отображение любой другой информации в той же самой ПОУ;
- текст требований, обозначений, указаний в пределах любой ПОУ не должен помещаться поверх геометрии модели, когда он расположен перпендикулярно плоскости отображения модели;

- для аксонометрических проекций ориентация ПОУ должна быть параллельна, перпендикулярна или совпадать с используемой поверхностью;

- в ПОУ должно быть обеспечено необходимое направление чтения.

При визуализации модели допускается:

- не представлять модель на чертежном формате;
- не показывать отображения центральных линий или центральных плоскостей для указания размеров;

- не показывать штриховку в разрезах и сечениях;

- не представлять реквизиты основной надписи и дополнительных граф на чертежном формате. В этом случае просмотр реквизитов следует обеспечить по запросу;

- включать ссылки на документы другого вида при условии, что ссылаемый документ выполнен в электронной форме.

При задании атрибутов применяют условные обозначения, установленные в стандартах ЕСКД. Размеры условных знаков определяют с учетом наглядности и ясности, их выдерживают одинаковыми при многократном применении в пределах одной модели. При разработке модели предусматривают применение электронных библиотек (электронных каталогов) стандартных и покупных изделий.

Электронная модель изделия должна содержать как минимум одну координатную систему. Координатную систему модели изображают тремя взаимно перпендикулярными линиями с началом координат, расположенным в пересечении трех осей. При этом должно быть показано положительное направление и обозначение каждой оси и использована правосторонняя координатная система модели, если не оговорена другая координатная система.

При разработке ЭМИ используется следующее представление формы изделия: каркасная, поверхностная и твердотельная. Состав и взаимосвязь типов представления формы изделия приведены на рис. 204.

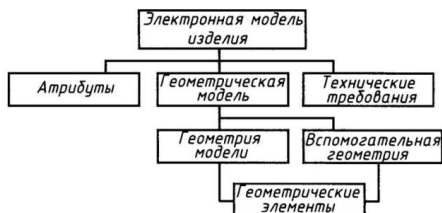


Рис. 204. Состав и взаимосвязь типов представления формы

В электронной модели изделия допускается выполнять упрощенное представление частей модели (отверстий, лент, резьбы, пружин и др.) с помощью частичного определения геометрии и атрибутов модели или их комбинаций. Начальная ориентация ЭМИ в модельном пространстве не оговаривается.

### **5.2.1. Общие требования к выполнению электронных конструкторских документов**

Требования к выполнению конструкторских документов устанавливает Межгосударственный стандарт ГОСТ 2.004–88.

При выполнении документов на бумажных носителях при помощи устройств вывода ЭВМ следует различать документы, получаемые при помощи графических устройств вывода ЭВМ (графические устройства).

В графическом документе допускается часть информации (текст, таблицы, рисунки, чертежи) выполнять рукописным, машинописным или типографским способом.

Форматы документов, получаемые на графических устройствах, должны соответствовать размерам, установленным ГОСТ 2.301–68. Размеры информационного поля документа определяются типом печатающего устройства с максимальным использованием поля формата.

В документах на графических устройствах следует применять линии в соответствии с ГОСТ 2.303–68, причем толщина тонких и волнистых линий должна находиться в пределах  $S/3 \dots S/2$ , а линии с точкой, могут заменяться обычной тонкой линией. Выполнение надписей на документах осуществляется по ГОСТ 2.304–81.

Наименование части раздела и подраздела должно отделяться от текста интервалом в 1–2 строки. Заголовок подчеркивать не обязательно.

Содержание КД должно отвечать требованиям соответствующих стандартов. Основная надпись должна соответствовать ГОСТ 2.104–68, ГОСТ 21.103–78.

## **5.3. Автоматизация чертежно-конструкторских работ**

### **5.3.1. Обзор систем автоматизированного проектирования**

Согласно принятым в 1980-х годах стандартам САПР – это не просто некая программа, установленная на компьютере, а информационный комплекс, состоящий из аппаратного обеспечения (компьютера),

программного обеспечения, описания способов и методов работы с системой, правил хранения данных и многого другого. Сокращение САПР (система САПР) традиционно происходит от английского сокращения CAD. Оно соответствует различным программным системам: CAD (**Computer Aided Drawing**) – рисование с помощью компьютера; CAD (**Computer Aided Drafting**) – черчение с помощью компьютера; CAD (**Computer Aided Design**) – проектирование с помощью компьютера. Когда программное обеспечение САПР впервые появилось на рынке (начало 1980-х годов), оно действительно воспринималось как простая замена чертежных досок, карандашей и других чертежных инструментов. Так как программное обеспечение непрерывно развивается и улучшается, то аббревиатура САПР принимает новое значение. Доступное в настоящее время мощное программное обеспечение позволяет не только выполнять чертежи, но и всю работу по выполнению проекта.

В среде специалистов по САПР многие термины утратили свой первоначальный смысл, а термин САПР теперь обозначает программу для автоматизированного проектирования. Другими словами, то, что раньше называлось ПО САПР или CAD-системой, теперь принято называть системой автоматизированного проектирования. Также можно встретить названия CAD-система, КАД-система, система САПР и многие другие, но все они обозначают одно – некую программу для автоматизированного проектирования. На современном рынке существует большое количество САПР, которые решают разные задачи. В данном обзоре мы рассмотрим основные САПР в области машиностроения.

#### **5.3.1.1. Базовые и легкие системы автоматизированного проектирования**

Легкие системы САПР предназначены для 2D-проектирования и черчения, а также для создания отдельных трехмерных моделей без возможности работы со сборочными единицами.

##### **AutoCAD.**

Безусловный лидер среди базовых САПР – **AutoCAD**. **AutoCAD** – это базовая САПР, разрабатываемая и поставляемая компанией «Autodesk». **AutoCAD** – самая распространенная CAD-система в мире, позволяющая проектировать как в двумерной, так и трехмерной среде.



С помощью **AutoCAD** можно строить 3D-модели, создавать и оформлять чертежи и многое другое. **AutoCAD** является платформенной САПР, т. е. эта система не имеет четкой ориентации на определенную проектную область, в ней можно выполнять хоть строительные, хоть машиностроительные проекты, работать с изысканиями, электрикой и многим другим.

Система автоматизированного проектирования **AutoCAD** обладает следующими отличительными особенностями: стандарт де-факто в мире САПР; широкие возможности настройки и адаптации; средства создания приложений на встроенных языках (**AutoLISP** и пр.) и с применением API; обилие программ сторонних разработчиков.

«Autodesk» также разрабатывает вертикальные версии **AutoCAD**: **AutoCAD Mechanical**, **AutoCAD Electrical** и др. Все эти версии предназначены для специалистов и пользователей соответствующей направленности.

#### **BricsCAD.**

В настоящее время на рынке появился целый ряд систем, которые позиционируются как альтернатива **AutoCAD**. Среди них можно отдельно отметить **BricsCAD** от компании «Bricsys», которая очень активно развивается, поддерживает напрямую формат *.DWG* и имеет целый ряд отличий, включая инструменты прямого вариационного моделирования, а также поддержку BIM-технологий.

### **5.3.1.2. Системы автоматизированного проектирования среднего уровня**

Средние системы САПР – это программы для 3D-моделирования изделий, проведения расчетов, автоматизации проектирования электрических, гидравлических и прочих вспомогательных систем. Данные в таких системах могут храниться как в обычной файловой системе, так и в единой среде электронного документооборота и управления данными (PDM- и PLM-системах). Часто в системах среднего класса присутствуют программы для подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ (CAM-системы) и другие программы для технологического проектирования. Системы автоматизированного проектирования среднего уровня – самые популярные системы на рынке. Они удачно сочетают в себе соотношение «цена/функциональность», способны

решить подавляющее число проектных задач и удовлетворить потребности большей части клиентов.

### **Autodesk Inventor.**

Профессиональный комплекс для трехмерного проектирования промышленных изделий и выпуска документации. Разработчик – компания «Autodesk».

Среди особенностей **Inventor** стоит отметить:

- удобные инструменты трехмерного моделирования, включая работу со свободными формами и технологию прямого редактирования;
- поддержку прямого импорта геометрии из других САПР с сохранением ассоциативной связи (технология **AnyCAD**);
- тесную интеграцию с программами «Autodesk» – **AutoCAD**, **3ds Max**, **Alias**, **Revit**, **Navisworks** и др., что позволяет использовать Inventor для решения задач в разных областях, включая дизайн, архитектурно-строительное проектирование и пр.;
- поддержку отечественных стандартов при проведении расчетов, моделировании и оформлении документации;
- библиотеки стандартных и часто используемых элементов;
- обилие мастеров проектирования типовых узлов и конструкций (болтовые соединения, зубчатые и ременные передачи, проектирование валов и колес и многое другое);
- широкие возможности параметризации деталей и сборок, в том числе управление составом изделия;
- встроенную среду создания правил проектирования **iLogic**.

Для эффективного управления процессом разработки изделий, управления инженерными данными и организации коллективной работы над проектами **Autodesk Inventor** может быть интегрирован с PLM-системой **Autodesk Vault** и системами других разработчиков.

### **SolidWorks.**

Трехмерный программный комплекс для автоматизации конструкторских работ промышленного предприятия. Разработчик – компания «Dassault Systemes».

Черты системы, выгодно отличающие ее от других CAD-систем:

- продуманный интерфейс пользователя, ставший образцом для подражания;
- обилие надстроек для решения узкоспециализированных задач;
- ориентация как на конструкторскую, так и на технологическую подготовку производства;
- библиотеки стандартных элементов;

- распознавание и параметризация импортированной геометрии;
- интеграция с системой **SolidWorks PDM**.

### **SolidEdge.**

Система трехмерного моделирования машиностроительных изделий, которую разрабатывает «Siemens PLM Software».

Среди преимуществ системы можно выделить:

- комбинацию технологий параметрического моделирования на основе конструктивных элементов и дерева построения с технологией прямого моделирования в рамках одной модели;
- расчетные среды, включая технологию генеративного дизайна;
- поддержку ЕСКД при оформлении документации;
- расширенные возможности проектирования литых деталей и оснастки для их изготовления;
- встроенный модуль создания схем и диаграмм;
- тесную интеграцию с **Microsoft SharePoint** и PLM-системой

**Teamcenter** для совместной работы и управления данными.

### **КОМПАС-3D.**

**КОМПАС-3D** – это система параметрического моделирования деталей и сборок, используемая в областях машиностроения, приборостроения и строительства. Разработчик – компания «Аскон» (Россия).

Преимущества системы **КОМПАС-3D**:

- простой и понятный интерфейс;
- использование трехмерного ядра собственной разработки (С3D);
- полная поддержка ГОСТ и ЕСКД при проектировании и оформлении документации;
- большой набор надстроек для проектирования разделов проекта;
- гибкий подход к оснащению рабочих мест проектировщиков, что позволяет экономить при покупке;
- возможность интеграции с системой автоматизированного проектирования технологических процессов «Вертикаль» и другими системами единого комплекса.

### **T-FLEX.**

Отечественная САПР среднего уровня, построенная на основе лицензионного трехмерного ядра Parasolid. Разработчик системы – компания «ТопСистемы» (Россия).

Отличительные черты системы:

- мощнейшие инструменты параметризации деталей и сборок;
- продвинутые средства моделирования;

- простой механизм создания приложений без использования программирования;
- интеграция с другими программами комплекса **T-FLEX PLM**;
- инструменты расчета и оптимизации конструкций.

### 5.3.1.3. Тяжелые системы автоматизированного проектирования

Тяжелые САПР предназначены для работы со сложными изделиями (большие сборки в авиастроении, кораблестроении и пр.). Функционально они делают все то же самое, что и средние системы, но в них заложена совершенно другая архитектура и алгоритмы работы.

#### **PTC Creo.**

Система 2D и 3D параметрического проектирования сложных изделий от компании **PTC**. Системы автоматизированного проектирования **PTC Creo** широко используется в самых разных областях проектирования.

Выгодные отличия системы от конкурирующих решений:

- эффективная работа с большими и очень большими сборками;
- моделирование на основе истории и инструменты прямого моделирования;
- работа со сложными поверхностями;
- возможность масштабирования функциональности системы в зависимости от потребностей пользователя;
- разные представления единой, централизованной модели, разрабатываемой в системе;
- тесная интеграция с PLM-системой **PTC Windchill**.

#### **NX.**

**NX** – флагманская система САПР производства компании «Siemens PLM Software», которая используется для разработки сложных изделий, включающих элементы со сложной формой и плотной компоновкой большого количества составных частей.

Ключевые особенности **NX**:

- поддержка разных операционных систем, включая **UNIX, Linux, Mac OS X** и **Windows**;
- одновременная работа неограниченного числа пользователей в рамках одного проекта;
- полнофункциональное решение для моделирования;
- продвинутые инструменты промышленного дизайна (свободные формы, параметрические поверхности, динамический рендеринг);

- инструменты моделирования поведения мехатронных систем;
- глубокая интеграция с PLM-системой **Teamcenter**.

#### **CATIA.**

Система автоматизированного проектирования от компании «Dassault Systemes», ориентированная на проектирование сложных комплексных изделий, в первую очередь, в области авиастроения и кораблестроения.

Отличительные особенности:

- стандарт де-факто в авиастроении;
- ориентация на работу с моделями сложных форм;
- глубокая интеграция с расчетными и технологическими системами;
- возможности для коллективной работы тысяч пользователей над одним проектом;
- поддержка междисциплинарной разработки систем.

#### **5.3.1.4. Облачные системы автоматизированного проектирования**

В последнее время активно начали развиваться облачные САПР, которые работают в виртуальной вычислительной среде, а не на локальном компьютере. Доступ к этим САПР осуществляется либо через специальное приложение, либо через обычный браузер. Неоспоримое преимущество таких систем – возможность их использования на слабых компьютерах, так как вся работа происходит в «облаке».

Облачные САПР активно развиваются, и теперь они прочно обосновались в категории средних САПР.

##### **Fusion 360.**

Система автоматизированного проектирования **Fusion 360** ориентирована на решение широкого круга задач, начиная от простого моделирования и заканчивая проведением сложных расчетов. Разработчик системы – компания «Autodesk».

Особенности **Fusion 360**:

- продвинутый интерфейс пользователя;
- сочетание разных методов моделирования;
- продвинутые инструменты работы со сборками;
- возможность работы в онлайн и оффлайн режимах (при наличии и отсутствии постоянного подключения к сети Интернет);
- доступная стоимость приобретения и содержания;
- расчеты, оптимизация, визуализация моделей;
- встроенная САМ-система;

- возможности прямого вывода моделей на 3D-печать.

В настоящее время на рынке присутствуют самые разные современные САД-системы, которые отличаются между собой как по функциональности, так и по стоимости. При принятии решения о выборе необходимо ориентироваться на потребности предприятия, задачи, которые стоят перед пользователями, стоимость приобретения и содержания системы и многие другие факторы.

#### **A360.**

**A360** – это инструмент для совместной работы на базе «облака», предоставляющий инженерам и проектировщикам централизованное пространство для просмотра, проверки, поиска и совместного использования файлов 2D- и 3D-проектов.

### **5.3.2. Общие сведения о системе КОМПАС-График. Выполнение чертежей в системе КОМПАС-3D**

Для рассмотрения возможностей систем автоматизированного проектирования при разработке конструкторской документации в излагаемом курсе лекций выбрана система **КОМПАС-3D**, так как она является отечественной разработкой, имеет простой и понятный интерфейс и обеспечивает полную поддержку стандартов ЕСКД при проектировании и оформлении документации.

Основные компоненты **КОМПАС-3D**: система трехмерного моделирования и чертежно-графический редактор (**КОМПАС-График**).

Система трехмерного моделирования предназначена для создания трехмерных параметрических моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Многочисленные сервисные функции облегчают решение вспомогательных задач проектирования и обслуживания производства.

Чертежно-графический редактор предназначен для автоматизации проектно-конструкторских работ в различных отраслях деятельности. Он может успешно использоваться в машиностроении, архитектуре, строительстве, составлении планов и схем, везде, где необходимо разрабатывать и выпускать графические и текстовые документы.

Основная задача, решаемая системой **КОМПАС-3D**, – моделирование изделий с целью существенного сокращения периода проекти-

рования и скорейшего их запуска в производство. Эти цели достигаются благодаря возможностям:

- быстрого получения конструкторской и технологической документации, необходимой для выпуска изделий (сборочных чертежей, спецификаций, детализовок и т. д.);
- передачи геометрии изделий в расчетные пакеты;
- передачи геометрии в пакеты разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ;
- создания дополнительных изображений изделий (например, для составления каталогов, создания иллюстраций к технической документации).

Работа с **КОМПАС-График** начинается с запуска системы любым известным способом: через меню кнопки **Пуск**, либо используя ярлык данной системы, представляющий собой изображение окружности с вписанной в нее стрелкой, напоминающей букву К, наведя на него курсор и выполнив двойной щелчок левой кнопки мыши (рис. 205).

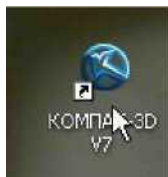


Рис. 205. Ярлык системы

После запуска программы открывается начальное окно системы, которое имеет заголовок с названием программы и номером ее версии, строку с небольшим перечнем разделов (до пяти) главного меню системы и строку под главным меню с так называемой стандартной панелью. На стандартной панели располагаются кнопки-команды (15...17) вызова стандартных команд операций с файлами и объектами.

В каждом разделе главного меню хранятся связанные с ним команды, которые может применять пользователь. В частности, меню **Файл** содержит команды создания, открытия, закрытия, сохранения, распечатки документов. Кнопка-команда создания документа компонента **КОМПАС-График** присутствует и на стандартной панели. Таким образом, мы можем создать или открыть один из шести предлагаемых системой документов. Используя команду «**Создать**» и выбрав интересующий пользователя графический документ (в рассматриваемом

примере это чертеж), мы открываем главное окно **КОМПАС-График** (рис. 206). В нем находится заголовок окна, строка перечня меню, рабочее окно и большое количество разных панелей с сосредоточенными в них разнообразными командами.

Заголовок окна отображает название и номер версии программы, а также путь, тип и название открытого документа.

Строка меню представляет разделы меню системы (страницы меню), в которых хранятся команды.

Рабочее окно – это зона размещения окон открытых чертежей и выполнения всех операций по построению, оформлению и редактированию документов. Это, как правило, основная часть экрана, где и размещаются изображения форм, размеры, обозначения и необходимые краткие записи. Панели и строки могут размещаться по краям открытого окна.

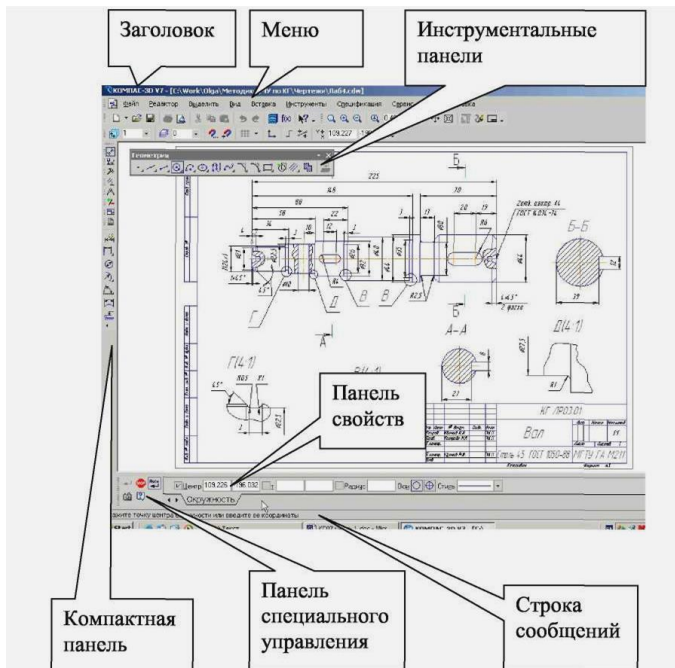


Рис. 206. Главное окно **КОМПАС-График**



Присутствующие панели это: панель управления (стандартная панель и панель **Вид**), панель текущего состояния, панель переключения, панель инструментов и панель специального управления. Кроме панелей формируются строки: строка параметров, строка текущего состояния, строка сообщений и контекстное меню.

Панель управления состоит из двух участков: стандартной панели и панели **Вид**. На стандартной панели сосредоточены кнопки-команды вызова стандартных действий с файлами и объектами, на панели **Вид** – кнопки-команды, позволяющие управлять изображением, изменять масштаб и перемещать его.

Панель переключения (компактная панель) находится, как правило, в левой вертикальной строке экрана. В ней находятся тематические кнопки переключения, которые разворачиваются ниже на панели инструментов.

Панель инструментов (инструментальная панель) отображает список возможных команд, согласно выбранной тематике на панели переключения, и позволяет запускать программы нажатием левой клавиши мыши на выбранную кнопку-пиктограмму. При этом информация о команде может выводиться в контекстном окне сообщений.

Панель специального управления содержит кнопки, позволяющие управлять ходом выполнения выбранной команды. Это команды **Создать объект**, **Автосоздание объекта**, **Прервать команду**, **Выбор базового объекта** и некоторые другие.

Строка параметров предназначена для ввода и отображения параметров, свойственных выбранной команде построения (например, стиль линии, координаты точек, длина и угол наклона отрезка и т. д.).

Строка текущего состояния отображает параметры системы и текущего документа.

Строка сообщений предназначена для отображения различных сообщений, комментариев и запросов системы.

Контекстное меню – перечень команд, состав которых зависит от совершаемого пользователем действия. В нем находятся часто используемые команды, выполнение которых возможно в данный момент. Одновременно вызывается и контекстная панель. Вызов этого меню осуществляется правой кнопкой мыши.

### **Работа со строкой меню.**

Строка меню расположена в верхней части экрана под строкой заголовка программного окна, в строке расположены все разделы меню системы. В каждом разделе хранится страница меню с тематическим набором команд. Активизация строки происходит после открытия лю-

бого меню, а открытие меню – при перемещении курсора на выбранное название раздела и нажатии левой кнопки мыши.

Активизация строки меню может осуществляться щелчком левой кнопки мыши с предварительным указанием на меню команды. Доступ к странице может осуществляться комбинацией клавиш, т. е. нажатием клавиши **Alt** и клавиши с подчеркнутым в названии символом. В каждом меню команды объединены в группы по функциональному признаку и отделены чертой.

#### **Работа с панелью управления.**

Панель управления расположена под строкой разделов меню в верхней части окна системы. На панели управления находятся кнопки наиболее часто используемых команд по созданию, открытию, сохранению документов и т. д. Общий же состав панели управления изменяется в зависимости от выбора различных режимов работы. Состав панели можно изменить, вызвав на панель интересные пользователю функции в настройках системы.

#### **Работа со строкой параметров.**

Строка параметров обычно размещается горизонтально в нижней части экрана сразу под рабочим окном. В этой строке осуществляется задание параметров построения и редактирование прежних параметров для каждой активной команды при построении объекта. Так как процессы создания и редактирования аналогичны в принципе, то в строке параметров активизируются одинаковые функции. Для активизации соответствующего режима курсор наводится на выбранный объект и делается двойной щелчок левой кнопки мыши, что приводит к появлению полей для ввода новых параметров. После ввода новых параметров их следует подтвердить, нажав кнопку **Создать объект** на панели специального управления.

#### **Строка текущего состояния.**

Состав строки текущего состояния представлен на рис. 207.

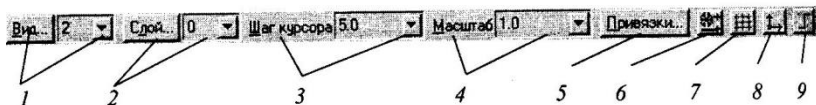


Рис. 207. Строка текущего состояния: 1 – управление видами; 2 – управление слоями; 3 – управление шагом курсора; 4 – управление текущим масштабом изображения; 5 – управление привязками; 6 – запрет/разрешение привязок; 7 – управление включением/отключением вспомогательной сетки; 8 – локальная система координат; 9 – индикатор ортогональности

В строке текущего состояния отображаются следующие параметры: вид чертежа, слой, масштаб отображения объектов, шаг курсора и его координаты и т. д.

Параметр 1 позволяет проводить операции с видами (делать текущим или фоновым, гасить, управлять оформлением контура).

Параметр 2 задает имя слоя, цвет, обрисовку и т. п.

Параметр 3 управляет и задает шаг курсора при перемещении его стрелками клавиатуры.

Параметр 4 управляет текущим масштабом изображения, возможно задание масштаба с клавиатуры.

Параметр 5 – это управление привязками, т. е. варианты позиционирования курсора с отслеживанием определенных характерных точек объектов в динамическом режиме.

Параметр 6 активизирует или запрещает все активные объектные привязки.

Параметр 7 позволяет включить либо отключить вспомогательную сетку на рабочем поле экрана.

Параметр 8 осуществляет выбор существующей локальной системы координат или создает новую ЛСК.

Параметр 9 активизирует и деактивизирует режим ортогонального построения линий.

#### **Работа со строкой сообщений.**

Строка сообщений по умолчанию расположена в самой нижней части окна **КОМПАС-График**. В ней кратко отображаются сообщения и запросы системы: краткая информация об элементе программы, к которому подведен курсор; сообщения об ожидаемых системой данных; краткая рекомендуемая информация по текущему действию.

### **5.3.3. Создание и настройка нового чертежа**

Создаваемая графическая информация может быть представлена в **КОМПАС-График** шестью основными типами документов: чертежами, фрагментами, текстово-графическими документами, спецификациями, объемными моделями деталей и объемными моделями сборок (сборочных единиц).

*Чертеж* – основной тип документа в **КОМПАС-График**, размер листа ограничен принятым чертежным форматом. Программный формат документа *.CDW*. Используется данный тип документа при создании логически завершенной технической документации.

*Фрагмент* – вспомогательный тип документа. В отличие от чертежа лишен элементов оформления, размер электронного листа неограничен. Формат создаваемой графической информации *.FRW*. Документ используется для проработки различных вариантных решений, разработки и хранения типовой базы.

*Текстово-графический документ* – многостраничный документ для оформления технической документации, имеющей расширение *.KDW*. Активация данного режима позволяет вывести на экран новое окно, в котором создается текстовый документ. При этом меню работы с текстовым документом заменяет меню работы с чертежом.

*Спецификация* – многостраничная простая и групповая спецификация с расширением *.SPW*. Проектирование спецификации может осуществляться в двух режимах: ручном и полуавтоматическом. В ручном режиме не задействуется большинство сервисных функций, в полуавтоматическом – устанавливается связь между создаваемой спецификацией и сборочным чертежом. Далее спецификация формируется программой на основании введенных данных.

*Деталь* (объемная модель детали) – создаваемый новый файл трехмерной детали имеет расширение *.M3D*. Объемные модели отображаются в своих рабочих окнах. Для создания модели первоначально строится плоский эскиз, который затем подвергается операциям кинематического перемещения, вращения или выдавливания. Создаваемые элементы надстраиваются на базисную модель. Любой элемент или операцию можно отредактировать или отменить в рабочем порядке. Новая модель может создаваться на базе существующей модели.

*Сборка* (сборочные 3D модели) – чертежи объединенных объемных моделей имеют расширение *.A3D*. Сборочные модели создаются объединением (сборкой) ранее созданных объемных моделей, последовательно вызывая соответствующие, ранее сохраненные файлы трехмерных оригинальных деталей, а также стандартных изделий.

### **Создание нового чертежа.**

Создание нового чертежа осуществляется либо при реализации команды-кнопки **Создать** на стандартной панели, либо одноименной строки-команды в меню **Файл**. Далее выбираем нужный документ и подбираем формат листа, хотя практически все параметры и установки можно изменить на любом этапе формирования чертежа.

На следующем этапе рекомендуется присвоить чертежу имя и сохранить его на жесткий диск. При сохранении появляется диалоговое окно **Информация о документе**, в котором можно указать сведения

об авторе, дать необходимый комментарий, внешние ссылки и атрибуты данного листа. При создании сложных конструкторских документов принято сохранять информацию в отдельной папке, относящейся к конкретному проекту. Выбирается меню **Файл** → **Сохранить как** (указывается путь сохранения и имя файла).

### **Работа с изображением.**

Чертеж **КОМПАС-График** может состоять из произвольного количества листов. На листах можно создать произвольное количество видов. В каждом виде можно создать произвольное количество слоев. При создании нового чертежа система автоматически создает в нем один лист, на этом листе создается один вид, а в виде – единственный слой. В чертеж можно добавлять новые листы, виды и слои.

Графическая система **КОМПАС-График** содержит три системы координат: глобальную, или абсолютную, локальную и видовую (для текущего вида). Начало абсолютной системы координат находится в левой нижней точке формата листа. В создаваемых фрагментах начало системы координат автоматически помещается в центр окна, а все создаваемые в **КОМПАС-График** виды будут иметь свою собственную систему координат. Количество локальных систем координат неограниченно, существует возможность переключения между ними.

### **Работа с панелью переключения и панелью инструментов.**

Панель переключения (рис. 208) содержит ряд кнопок-команд, позволяющих выбирать и раскрывать инструментальные панели, указанные ниже. Для создания 2D графических документов все они, кроме панелей **Параметризация** и **Спецификация**, используются в большей или меньшей степени.

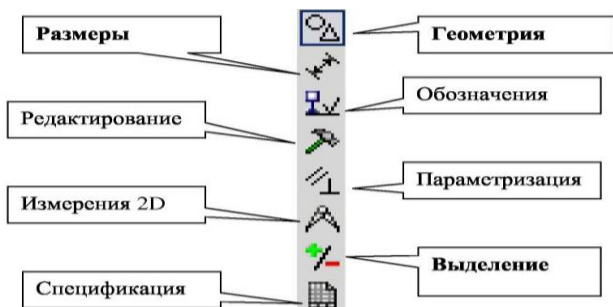


Рис. 208. Состав панели переключения

Наибольшее значение из них имеет панель **Геометрия**, так как она содержит команды, позволяющие системе выполнять графические построения элементарных геометрических объектов, так называемых примитивов, комбинация которых позволяет создать любые, сколь угодно сложные, геометрические формы. Часть кнопок-команд панели **Геометрия** показана на рис. 209. Для изменения и исправлений используется панель **Редактирование**, а для указания элементов, подлежащих редактированию, – панель **Выделение**. Для простановки обозначений на чертежах используется панель **Обозначения**, для простановки размеров – панель **Размеры**. Для проверки длин, углов, расстояний, площадей, массово-центровочных характеристик используется панель **Измерения**.

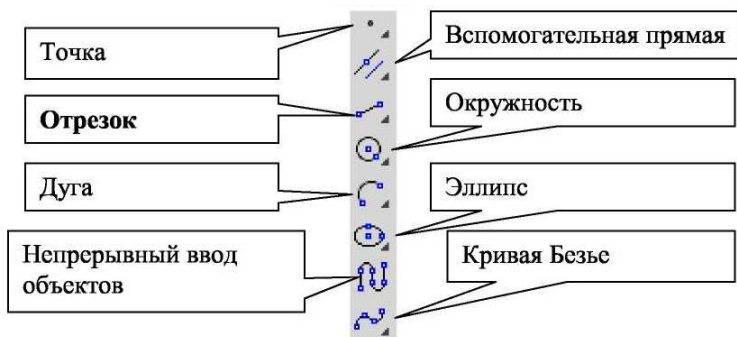


Рис. 209. Инструментальная панель **Геометрия**

В нижнем правом углу большинства кнопок панели **Геометрия** присутствует небольшой черный треугольник. Это означает, что данная кнопка позволяет вызвать не одну, а несколько однотипных команд для построения выбранного геометрического примитива. Нажатие левой кнопки мыши при наводке курсора на этот черный треугольник вызывает панель расширенных вариантов вызова команды для построения геометрического примитива: точки, отрезка, окружности, эллипса, дуги и т. д.

Использование всех возможностей **КОМПАС-График** и **КОМПАС-3D** излагается в специальной учебной литературе и даже в учебниках, которые содержатся в описаниях разных версий системы **КОМПАС-3D**.

В излагаемом курсе лекций по инженерной графике не ставится цель описания всех действий и приемов по использованию этой или иной системы. Предлагается лишь перечень основных систем автоматизированного проектирования и компьютерного исполнения конструкторских документов. Для примера приводятся начальные сведения по использованию одной из таких систем.

Выбор системы **КОМПАС-3D** обусловлен несколькими причинами. Во-первых, разработчиком этой системы является российская фирма, а значит, нет необходимости в русификации команд и параметров. Во-вторых, у системы **КОМПАС-3D** простой и понятный интерфейс, а также предусмотрено использование трехмерного ядра собственной разработки. В-третьих, выполняется полная поддержка ГОСТ и ЕСКД при проектировании и оформлении документации. Наконец, система **КОМПАС-3D** имеет сравнительно небольшую стоимость предлагаемого программного продукта с разными вариантами применимости и использования и обладает большим набором надстроек для проектирования.

### Вопросы для самоконтроля

1. Что такое система автоматизированного проектирования?
2. Какими средствами обеспечивается компьютерная графика?
3. Объясните, что такое электронный конструкторский документ и информационная единица?
4. Для какой цели предназначается электронная модель изделия?
5. Что понимается под геометрическим элементом, атрибутом модели, файлом модели?
6. Что понимается под каркасной и твердотельной моделью?
7. Какие правила соблюдают при визуализации модели на дисплее?
8. Определите состав и взаимосвязь типов представления формы изделия для электронной модели.
9. Как классифицируют САПР на современном этапе? Какие задачи способны решать разные системы?
10. Каким системам среднего уровня следует отдать предпочтение для использования в учебном процессе?
11. Как запускается система **КОМПАС-3D**?
12. Какие документы открываются в системе **КОМПАС-3D**?
13. Какие панели системы **КОМПАС-3D** используются при создании конструкторских документов и выполнении учебных чертежей?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Основной

1. Боголюбов, С. К. Черчение: учебник / С. К. Боголюбов. – Москва: Машиностроение, 2006. – 336 с.
2. Воспуков, В. К. Техническое черчение: учеб. пособие / В. К. Воспуков, П. М. Воробей; под ред. Н. В. Овчинниковой. – Минск: Дизайн ПРО, 2003. – 320 с.
3. Каминский, В. П. Строительное черчение: учебник / В. П. Каминский, О. В. Георгиевский, Б. В. Будасов; под ред. О. В. Георгиевского. – 6-е изд. – Москва: Архитектура-С, 2007. – 456 с.
4. Кокошко, А. Ф. Машиностроительное черчение: учеб. пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Маюх. – Минск: ИВЦ Минфина, 2012. – 552 с.
5. Левицкий, В. С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей: учебник / В. С. Левицкий. – 6-е изд. – Москва: Высш. шк., 2004. – 435 с.
6. Новичихина, Л. И. Справочник по техническому черчению / Л. И. Новичихина. – Минск: Книжный Дом, 2004. – 320 с.
7. Пачкорья, О. Н. Пособие по выполнению лабораторных и практических работ в системах КОМПАС-ГРАФИК и КОМПАС-3D: в 2 ч. / О. Н. Пачкорья. – Москва: МГТУ, 2001. – Ч. 1. – 312 с.
8. Русскевич, Н. Л. Справочник по инженерно-строительному черчению / Н. Л. Русскевич, Д. И. Ткач, Н. М. Ткач. – Москва: Книга по Требованию, 2012. – 264 с.

### Дополнительный

9. Мурашкин, А. Г. Инженерная графика. Графическое оформление чертежей. Геометрическое черчение: методические указания и контрольные задания по изучению правил выполнения чертежей / А. Г. Мурашкин, Г. Н. Лысевский, М. Л. Пархоменко. – Горки: БГСХА, 2014. – 50 с.
10. Мурашкин, А. Г. Инженерная графика: методические указания по изучению дисциплины и выполнению графических заданий по проекционному черчению / А. Г. Мурашкин, Г. Н. Лысевский. – Горки: БГСХА, 2017. – 48 с.

### Нормативные документы

- ГОСТ 2.001–93 ЕСКД. Общие положения.  
ГОСТ 2.004–88 Межгосударственный стандарт. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих устройствах вывода ЭВМ.  
ГОСТ 2.051–2006. Межгосударственный стандарт. Электронные документы.  
ГОСТ 2.052–2006. Межгосударственный стандарт. Электронная модель изделия.  
ГОСТ 2.101–68 ЕСКД. Виды изделий.  
ГОСТ 2.102–68 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.  
ГОСТ 2.104–68 ЕСКД. Основные надписи.  
ГОСТ 2.108–88 ЕСКД. Спецификация документов.  
ГОСТ 2.109–73 ЕСКД. Основные требования к чертежам.  
ГОСТ 2.114–95 ЕСКД. Технические условия.  
ГОСТ 2.301–68 ЕСКД. Форматы.  
ГОСТ 2.302–68 ЕСКД. Масштабы.  
ГОСТ 2.303–68 ЕСКД. Линии.



ГОСТ 2.304–81 ЕСКД. Шрифты чертежные.

ГОСТ 2.305–68 ЕСКД. Изображения – виды, разрезы, сечения.

ГОСТ 2.306–68 ЕСКД. Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах.

ГОСТ 2.307–68 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.

ГОСТ 2.308–79 ЕСКД. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.

ГОСТ 2.309–73 ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхности (Изменения № 3).

ГОСТ 2.310–68 ЕСКД. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки.

ГОСТ 2.311–68 ЕСКД. Изображение резьбы.

ГОСТ 2.312–72 ЕСКД. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений.

ГОСТ 2.313–82 ЕСКД. Условные изображения и обозначения швов неразъемных соединений.

ГОСТ 2.315–68 ЕСКД. Изображения упрощенные и условные крепежных деталей.

ГОСТ 2.316–68 ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц (Изменения № 3).

ГОСТ 2.317–69 ЕСКД. Аксонометрические проекции.

ГОСТ 2.318–81 ЕСКД. Правила упрощенного нанесения размеров отверстий.

ГОСТ 2.346–89 ЕСКД. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений.

ГОСТ 2.347–82 ЕСКД. Поля допусков и рекомендуемые посадки.

ГОСТ 2.401–68 ЕСКД. Правила выполнения чертежей пружин.

ГОСТ 2.402–68 ЕСКД. Условные обозначения зубчатых колес, реек, червяков и звездочек цепных передач.

ГОСТ 2.403–75 ЕСКД. Правила выполнения чертежей цилиндрических зубчатых колес.

ГОСТ 2.404–75 ЕСКД. Правила выполнения чертежей конических зубчатых колес.

ГОСТ 2.406–76 ЕСКД. Правила выполнения чертежей цилиндрических червяков и червячных колес.

ГОСТ 2.408–68 ЕСКД. Правила выполнения рабочих чертежей звездочек приводных роликовых и втулочных цепей.

ГОСТ 2.40974–ЕСКД. Правила выполнения чертежей зубчатых (шлицевых) соединений.

ГОСТ 2.411–72 ЕСКД. Правила выполнения чертежей труб, трубопроводов и трубопроводных систем.

ГОСТ 2.420–69 ЕСКД. Упрощенные изображения подшипников качения на сборочных чертежах.

ГОСТ 2.601–68 ЕСКД. Эксплуатационные документы.

ГОСТ 2.602–68 ЕСКД. Ремонтные документы.

ГОСТ 2.604–68 ЕСКД. Чертежи ремонтные.

ГОСТ 2.701–84 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

ГОСТ 2.703–68 ЕСКД. Правила выполнения кинематических схем.

ГОСТ 2.704–76 ЕСКД. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем.

ГОСТ 2.801–74 – ГОСТ 2.803–77 ЕСКД. Макетный метод проектирования.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ.....	3
1.1. Стандарты.....	3
1.2. Форматы.....	5
1.3. Основная надпись.....	6
1.4. Масштабы.....	8
1.5. Линии.....	10
1.6. Шрифты.....	14
1.7. Графическое обозначение некоторых материалов.....	17
1.8. Нанесение размеров на чертежах.....	19
1.8.1. Общие сведения.....	19
1.8.2. Нанесение размеров диаметров и радиусов.....	23
1.8.3. Нанесение размеров фасок.....	28
1.9. Геометрические построения.....	29
1.9.1. Построение уклона.....	29
1.9.2. Построение конусности.....	31
1.9.3. Деление отрезка на равные части. Построение перпендикулярных прямых.....	32
1.9.4. Деление окружности на равные части.....	33
1.9.5. Сопряжения линий.....	36
2. ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ. ОТОБРАЖЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФОРМ НА ЧЕРТЕЖЕ.....	40
2.1. Построение и варианты ортогональных изображений.....	41
2.1.1. Виды.....	41
2.1.2. Разрезы.....	46
2.1.3. Сечения.....	52
2.1.4. Выносные элементы.....	55
2.2. Построение и основные варианты аксонометрических проекций.....	57
2.2.1. Прямоугольная изометрическая проекция (изометрия).....	58
2.2.2. Прямоугольная диметрическая проекция (диметрия).....	59
2.2.3. Косоугольная фронтальная диметрическая проекция.....	61
3. МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ.....	64
3.1. Точность и качество детали. Допуски и посадки.....	64
3.2. Размерные ряды и способы простановки размеров.....	66
3.2.1. Нормальные линейные и угловые размеры.....	66
3.2.2. Понятие о базах в машиностроении.....	67
3.3. Погрешность обработки и формы детали.....	73
3.3.1. Отклонения форм.....	73
3.3.2. Шероховатость поверхностей.....	75
3.4. Соединения изделий резьбой. Изображения и обозначения резьбовых соединений.....	84
3.4.1. Понятие резьбы. Элементы, параметры и виды резьбы. Винтовые линии и поверхности.....	84
3.4.1.1. Основные сведения о резьбе.....	88
3.4.1.2. Стандартные крепежные резьбы.....	90
3.4.1.3. Стандартные кинематические резьбы.....	94
3.4.1.4. Специальные и нестандартные резьбы.....	95

3.4.1.5. Технологические элементы и изображение резьбы .....	96
3.4.1.6. Простановка размеров резьб .....	101
3.4.2. Крепежные детали .....	102
3.4.2.1. Болты .....	103
3.4.2.2. Винты .....	106
3.4.2.3. Шпильки .....	107
3.4.2.4. Гайки .....	108
3.4.2.5. Шайбы .....	110
3.4.2.6. Шплинты .....	112
3.4.3. Крепежные соединения .....	113
3.4.3.1. Болтовое соединение .....	113
3.4.3.2. Шпилечное соединение .....	115
3.4.3.3. Фитинговое соединение .....	116
3.5. Разъемные соединения .....	118
3.5.1. Шпоночные соединения .....	119
3.5.2. Шлицевые соединения .....	122
3.5.3. Штифтовые соединения .....	126
3.6. Неразъемные соединения .....	127
3.6.1. Сварные соединения .....	128
3.6.1.1. Графическое обозначение сварного соединения .....	132
3.6.1.2. Структура обозначения сварного шва .....	134
3.6.2. Соединения деталей пайкой и склеиванием .....	136
3.7. Механические передачи. Изображение и обозначение передач .....	140
3.7.1. зубчатые цилиндрические передачи .....	142
3.7.1.1. Элементы зубчатых колес. Параметры передачи .....	142
3.7.1.2. Изображение цилиндрических зубчатых колес .....	144
3.7.1.3. Изображение цилиндрических зубчатых передач .....	145
3.7.1.4. Чертеж цилиндрического зубчатого колеса .....	148
3.7.2. Цепные передачи .....	149
3.7.3. Храповой механизм .....	152
3.8. Подшипники и уплотнители .....	155
3.8.1. Изображения подшипников .....	156
3.8.2. Изображения уплотнителей .....	158
3.9. Эскизы и рабочие чертежи .....	159
3.9.1. Выполнение эскизов .....	160
3.9.2. Выполнение рабочего чертежа .....	162
3.9.3. Чтение рабочего чертежа .....	164
3.9.4. Пружины. Рабочий чертеж пружины .....	164
3.10. Сборочные чертежи .....	168
3.10.1. Выполнение сборочных чертежей .....	169
3.10.2. Нанесение размеров и позиций .....	169
3.10.3. Спецификация .....	171
3.10.4. Упрощения на сборочных чертежах .....	173
3.10.5. Чтение и детализирование сборочных чертежей .....	175
3.11. Чертежи-схемы .....	179
4. ЭЛЕМЕНТЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ЧЕРЧЕНИЯ .....	184
4.1. Генеральные планы .....	184
4.2. Основные конструкции здания. Конструктивные элементы .....	186
4.2.1. Нанесение размеров .....	190

4.3. Изображения зданий.....	192
4.3.1. Основная надпись строительных чертежей. Условные графические изображения.....	192
4.3.2. Планы зданий.....	193
4.3.3. Чертежи фасадов.....	195
4.3.4. Чертежи разрезов и узлов.....	196
5. КОМПЬЮТЕРНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ.....	202
5.1. Общие положения.....	203
5.2. Электронная модель изделия. Требования к выполнению.....	204
5.2.1. Общие требования к выполнению электронных конструкторских документов.....	207
5.3. Автоматизация чертежно-конструкторских работ.....	207
5.3.1. Обзор систем автоматизированного проектирования.....	207
5.3.1.1. Базовые и легкие системы автоматизированного проектирования.....	208
5.3.1.2. Системы автоматизированного проектирования среднего уровня.....	209
5.3.1.3. Тяжелые системы автоматизированного проектирования.....	212
5.3.1.4. Облачные системы автоматизированного проектирования.....	213
5.3.2. Общие сведения о системе КОМПАС-График. Выполнение чертежей в системе КОМПАС-3D.....	214
5.3.3. Создание и настройка нового чертежа.....	219
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	224