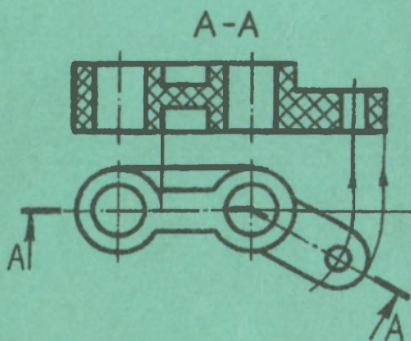


2341

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра «Инженерная графика машиностроительного  
профиля»

ПРОЕКЦИОННОЕ



ЧЕРЧЕНИЕ

Минск 2002

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

---

Кафедра «Инженерная графика машиностроительного профиля»

## ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Учебно-методическое пособие  
к практическим занятиям по дисциплине  
«Начертательная геометрия. Инженерная графика»

Под общей редакцией  
канд. техн. наук, доцента П.В.Зелёного

Минск 2002

УДК 744 (075.8)

~~ББК 22.151.3 я 7~~

П 79

Авторы:

П.В.Зелёный (тема 7), Е.И.Белякова (темы 1-7), С.В.Гиль (темы 3 и 5),  
Л.С.Разумова (тема 7), С.В.Джежора (тема 1), О.Н.Кучура (темы 2 и 4),  
С.Н.Новицкий (темы 1 и 6)

Рецензент Л.Я.Якубенко

**Зелёный П.В.**

П 79 Проекционное черчение: Учебно-метод. пособие к практическим занятиям по дисц. «Начертательная геометрия. Инженерная графика» / П.В.Зелёный, Е.И.Белякова, С.В.Гиль и др. – Мн.: БГПА. 2002. – 61 с.

ISBN 985-6529-51-4.

Данная работа содержит учебно-методический материал по всем темам, изучаемым в разделе «Проекционное черчение» дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная графика». Три последние темы, включенные в данный раздел, по которым студенты также выполняют индивидуальные задания, содержат материал по машиностроительному черчению.

Пособие предназначено для студентов всех специальностей, изучающих включенные в пособие темы инженерной графики, и рекомендуется преподавателям инженерной графики в качестве основы при объяснении студентам тем, внесенных в раздел «Проекционное черчение».

УДК 744 (075.8)

ББК 22.151.3 я 7

ISBN 985-6529-51-4

© Зелёный П.В., Белякова Е.И.,  
Гиль С.В. и др., 2002

## Введение

Инженерная графика – дисциплина, необходимая для подготовки инженеров всех специальностей. Только инженерная графика развивает пространственное мышление, обучает методам изображения предметов на чертежах, чтению чертежей, общим правилам выполнения чертежей, а также сложнейшим правилам выполнения и оформления машиностроительных чертежей деталей, сборочных единиц и другой конструкторской документации в соответствии с государственными стандартами.

Широкое применение автоматизации чертежно-графических работ не уменьшает, как казалось бы, а увеличивает значение инженерной графики в ряде других инженерных дисциплин, так как все специальные знания и понятия для компьютерно-графического моделирования любых объектов дает именно инженерная графика.

Данное учебно-методическое пособие составлено как курс лекций по теме, внесенным в раздел «Проекционное черчение», в которых достаточно сжато изложен в методической последовательности необходимый на этапе изучения проекционного черчения материал для выполнения практических учебных заданий. Пособие в целом дает студентам необходимые знания по различным государственным стандартам для оформления конструкторской документации, которые являются обязательными по дисциплине «Инженерная графика» в разделе «Проекционное черчение». Материал каждой темы обеспечен методическими разработками в виде практических учебных заданий, выполнение которых закрепляет полученные знания.

В разделе «Проекционное черчение» изучается семь основных тем:

1) общие правила оформления чертежей – ГОСТ 2.301-68...ГОСТ 2.321-84 (форматы, масштабы, линии, шрифты чертежные, нанесение размеров и т. д.);

2) геометрическое черчение – правила выполнения сопряжений различных геометрических элементов, наиболее часто встречающихся в очертаниях изображений предметов на чертежах, выполнение и обозначение уклонов и конусностей;

3) изображения предметов на чертежах – виды и разрезы, правила выполнения видов и разрезов, а также некоторые сведения об условностях и упрощениях, применяемых при выполнении видов и разрезов на чертежах;

4) пересечение трех поверхностей – особый и часто встречающийся случай при проектировании и изготовлении деталей сложной геометрической формы (в теме обобщается материал начертательной геометрии о пересечении двух поверхностей и дается методика построения линий пересечения трех поверхностей);

5) разъемные соединения – правила изображения и обозначения различных резьб, общетехнические понятия по разъемным соединениям, правила изображения резьбовых соединений деталей наиболее употребляемыми в машиностроении крепежными изделиями в соответствии с государственными стандартами;

6) выполнение сборочного чертежа и оформление спецификации к учебному заданию по резьбовым соединениям;

7) виды зубчатых передач, правила изображения зубчатых цилиндрических прямозубых колес на чертежах и геометрический расчет зубчатых колес.

Данное учебно-методическое пособие является логическим продолжением лекционного курса по начертательной геометрии и соответствует современным требованиям государственных стандартов по выполнению и оформлению конструкторской документации в машиностроении.

## **Тема 1. ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ (ЕСКД).**

### **ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ**

**(ГОСТ 2.301-68, 2.302-68, 2.303-68, 2.304-81, 2.305-68, 2.306-68 и 2.307-68)**

#### **1. ПОНЯТИЕ О СИСТЕМЕ ЕСКД**

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) является комплексом государственных стандартов (ГОСТов), устанавливающих правила по порядку оформления, разработки и обращения конструкторской документации, применяемой и разрабатываемой предприятиями нашей страны и стран СНГ. Конструкторская документация – это прежде всего чертежи, по которым изготавливаются различные промышленные изделия, т.е. чертежи общих видов, чертежи деталей и сборочные чертежи; при необходимости выполняют монтажные чертежи, а также различные схемы – электрические, гидравлические, пневматические и т.д.

Кроме чертежей разрабатывается текстовая конструкторская документация – спецификации к сборочным чертежам, расчеты конструкций, пояснительные записки, различные ведомости и т.д.

Объединение ранее разрозненных стандартов по оформлению и выполнению различных конструкторских документов в единую систему конструкторской документации позволило обеспечить:

возможность взаимодействия конструкторскими документами между предприятиями;

стабилизацию комплектности документов, исключая дублирование; упрощение форм конструкторских документов и графических изображений, снизившее трудоемкость конструкторских разработок;

возможность перехода на компьютерную разработку всей графической и текстовой конструкторской документации и т.д.

Государственный комитет по стандартам присвоил классу стандартов ЕСКД номер 2, а внутри системы ЕСКД стандарты распределены по классификационным группам от 0 до 9.

При изучении проекционного черчения рассматриваются некоторые стандарты группы 3 (ГОСТ 2.300-00), которые касаются общих правил оформления чертежей.

### 1.1. Форматы (ГОСТ 2.301-68)

Этот стандарт устанавливает форматы, т.е. размеры листов для выполнения чертежей и текстовой документации.

Форматы листов определяются размерами внешней рамки, выполняемой сплошными тонкими линиями. При выполнении чертежей используют основные и дополнительные форматы.

а. Основные форматы (размеры сторон в мм):

A0	A1	A2	A3	A4
841 × 1189	841 × 594	420 × 594	420 × 297	210 × 297

За формат A0 принят лист площадью  $1 \text{ м}^2$  с соотношением сторон 5:7. Другие основные форматы образуются делением большей стороны пополам.

б. Дополнительные форматы образуются умножением коротких сторон основных форматов на коэффициент, который входит в его обозначение. Например, формат A3×3 (т.е.  $420 \times 3 \cdot 297$ ) имеет размеры сторон  $420 \times 891$  (см. табл. 2 в ГОСТе).

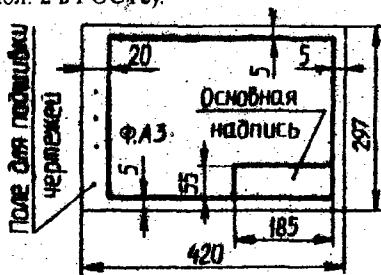


Рис. 1.1

Внутренняя рамка формата (рис. 1.1) выполняется сплошной толстой линией. Слева всегда располагается поле шириной 20 мм для подшивки чертежей.

Формат дополняется основной надписью для чертежей по ГОСТ 2.104-68 с размерами сторон  $185 \times 55$  мм, которая всегда располагается в правом нижнем углу формата.

Все форматы, кроме A4, можно располагать для оптимального выполнения чертежа вертикально или горизонтально.

**Примечание.** Формат A4 можно располагать только вертикально! Длина основной надписи 185 мм рассчитана по размеру внутренней рамки короткой стороны ( $210 - 20 - 5 = 185$ ) именно этого формата.

### 1.2. Масштабы (ГОСТ 2.302-68)

Этот стандарт устанавливает масштабы изображений и их обозначение на чертежах. Пользуясь соответствующим масштабом, изображения предмета, если это требуется, можно увеличивать или уменьшать.

Масштабы изображений выбираются из следующего ряда:

натуральная величина – 1:1;

масштабы уменьшения – 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10...1:1000;

масштабы увеличения – 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1...100:1.

Обозначение масштаба на чертеже:

в графе "Масштаб" основной надписи обозначение масштаба выполняется по типу 1:5 (без буквы М);

изображение предмета (например, разрез), выполненное в масштабе, отличном от указанного в основной надписи (например, изображение увеличено в два раза), сопровождается надписью и обозначением масштаба в скобках: А-А (2:1), нанесенными над этим изображением.

**Пример.** Если изображение предмета требуется уменьшить в 4 раза, то используется масштаб 1:4 и, следовательно, все натуральные размеры предмета умножаются на этот масштаб. Например, размер 72 мм в М 1:4 будет равен:  $72 \times (1:4) = 18$  мм.

**Примечание.** Изображения предмета на чертеже масштабируются по всем координатным осям одинаково.



Размерные числа, нанесенные на чертеж, должны определять истинную величину изображенного предмета.




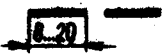
### 1.3. Линии (ГОСТ 2.303-68)

Этот стандарт устанавливает начертание, основные назначения и толщину линий на чертежах. При этом стандарт устанавливает толщину одной лишь сплошной талстой основной линии в пределах  $S = 0,5 \dots 1,4$  мм. При выполнении чертежа толщина этой линии выбирается в зависимости от величины формата, сложности изображений и т.д. Толщина всех типов тонких линий на чертеже соотносится с выбранной толщиной сплошной основной линии, а начертание их зависит от величины формата чертежа.

Настоящий стандарт устанавливает 9 типов различных линий. Рассмотрим сейчас 6 линий, наиболее часто используемых при оформлении чертежей.

Ниже приведена таблица из ГОСТа.

Наименование	Начертание	Толщина	Назначение
1	2	3	4
Сплошная толстая основная		$S = 0,5 - 1,4$ мм	Линии видимого контура, внутренняя рамка формата и некоторые линии основной надписи
Сплошная тонкая		$S/2 - S/3$	Линии выносные и размерные, линии штриховки и т.д.

1	2	3	4
Сплошная волнистая		$S/2 - S/3$	Линии обрыва, линии разграничения вида и разреза
Штриховая		$S/2 - S/3$	Линии невидимого контура
Штрихпунктирная		$S/2 - S/3$	Линии осевые и центровые
Разомкнутая		от $S$ до $1,5 S$	Линии сечений

**Примечание.** Начертание и выбранная толщина однотипных линий должны быть одинаковыми на всех изображениях чертежа.

Некоторые особенности вычерчивания штриховой и штрихпунктирной линий показаны на рис. 1.2, а и б:

штрихи в штриховой линии должны быть одинаковой длины;

промежутки между штрихами должны быть также одинаковой длины;

штрихи штриховой линии должны касаться линии видимого контура;

изменение направления штриховой линии или пересечение штриховых линий выполняется касанием штрихов (рис. 1.2, а);

штрихпунктирные линии должны пересекаться и заканчиваться штрихами; за линией видимого контура конечные штрихи штрихпунктирной линии выступают на 2...5 мм (рис. 1.2, б).

штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, заменяют сплошными тонкими, если диаметр окружности или других геометрических фигур на изображении менее 12 мм (рис. 1.2, в).

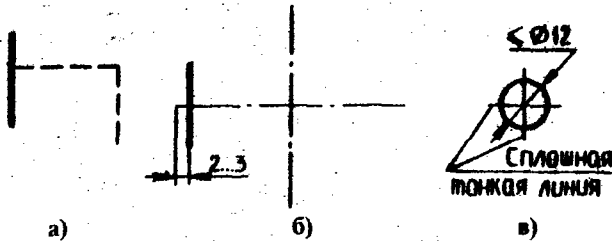


Рис. 1.2



#### 1.4. Шрифты чертежные (ГОСТ 2.304-81)

Этот стандарт устанавливает шрифты чертежные, которыми выполняют на всех конструкторских документах текстовые и цифровые надписи. Стандарт определяет размеры и начертание арабских и римских цифр, прописных и строчных букв русского и других алфавитов, а также начертание различных знаков (диаметра, радиуса, конусности и т.д.).

Обучаясь чертежному шрифту, начертание каждой буквы и цифры следует прописывать на вспомогательной сетке по образцам, приведенным в стандарте. Вспомогательная сетка образуется пересечением горизонтальных и вертикальных линий с шагом  $d$ , поэтому некоторые параметры прописных и строчных букв и цифр даны в табл. 1.1 относительно шага сетки.

##### Термины и определения

Шаг сетки  $d$  — это толщина линий букв и цифр шрифта, которая зависит от размера и типа шрифта.

Размер шрифта  $h$  определяет высоту прописных букв и цифр в мм. Установлены следующие размеры шрифта: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; ...40.

Типы шрифта:

узкий: тип А с шагом сетки  $d = 1/14 h$ ;

широкий: тип Б при  $d = 1/10 h$ .

Высота строчных букв  $c$  (без выступающих элементов) определяется:

по шагу вспомогательной сетки:  $c = 10 d$  (для шрифта типа А) и  $c = 7 d$  (для шрифта типа Б);

по отношению к размеру шрифта  $h$ :  $c = 10/14 h$  (для шрифта типа А) и  $c = 7/10 h$  (для шрифта типа Б).

Ширина букв  $g$  определяется по образцам шрифтов типа А и Б (прямого и наклонного), приведенным в стандарте [6]. На рис. 1.3 и 1.4 даны примеры выполнения букв шрифтом типа А и типа Б по вспомогательной сетке, высота которой равна минимальному шагу строк текста.

В табл. 1.1 даны расчетные значения шага сетки и высоты строчных букв в мм для наиболее используемых шрифтов №10 и №7 типа Б.

Таблица 1.1

№ шрифта	Толщина линий шрифта $d = 1/10 h$ (шаг сетки)	Высота строчных букв $c = 7 h$ ( $c = 7d$ )
10	1,0	7
7	0,7	5

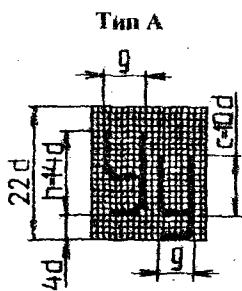


Рис. 1.3

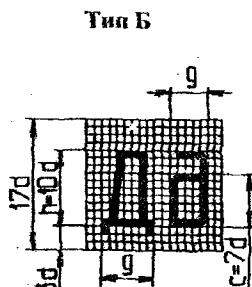


Рис. 1.4

Выступающие по высоте элементы строчных букв б, в, д, р, у и ф дополняют буквы до размера шрифта  $h$ , т.е. до высоты прописных букв (рис. 1.3, 1.4).

На рис. 1.5 дан чертёж 8 из стандарта, где приведены начертания прописных и строчных букв и цифр, выполненных прямым шрифтом типа Б [6, с. 18].

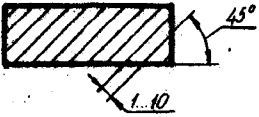

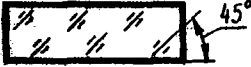


Рис. 1.5

**Примечание.** Начертание букв и цифр шрифтом типа А (прямого и наклонного) и типа Б (наклонного) показаны на чертежах 5, 6, 7 и 17 данного стандарта [6, с. 16, 17, 27].

### 1.5. Обозначения графические материалов (ГОСТ 2.306-68)

Этот стандарт устанавливает условные графические обозначения материалов и правила нанесения их на изображения разрезов и сечений. В стандарте приведена таблица обозначения практически всех материалов, применяемых в промышленности и строительстве. Приведем часть этой таблицы с обозначением материалов, наиболее часто употребляемых в производстве механизмов и машин.

1. Металлы и твердые сплавы	
2. Неметаллические непрозрачные материалы: резина, пластмассы и т.д.	
3. Стекло и другие светопрозрачные материалы	

Наклонные параллельные линии штриховки сечений проводятся под углом  $45^\circ$  к горизонтальной линии рамки чертежа вправо или влево. Расстояние между линиями штриховки (применяются сплошные тонкие линии) выбирается в пределах 1 – 10 мм и зависит от площади сечения и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений на сборочных чертежах.

**Примечание.** Расстояние между линиями штриховки и наклон этих линий должны быть одинаковыми на всех разрезах и сечениях одной и той же детали.

Если линии штриховки совпадают по направлению с большинством линий контура или осевыми линиями изображения, то штриховку нужно выполнять под углом  $30^\circ$  или  $60^\circ$ .

### 1.6. Нанесение размеров и предельных отклонений (ГОСТ 2.307-68)

Этот стандарт устанавливает правила нанесения размеров на чертежах. Правила нанесения предельных отклонений размеров в дисциплине «Инженерная графика» не изучаются.

### 1.6.1. Основные положения

Основанием для определения величины изображенного изделия и его элементов служат размерные числа.

**Размер** – это совокупность размерного числа и размерной линии, ограниченной выносными линиями.

Линейные размеры на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единицы измерения. Угловые размеры – в градусах, минутах и секундах:  $15^{\circ}35'4''$ .

Общее число размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия.

**Примечание.** Размер одного и того же элемента изделия на чертеже не должен повторяться!

Размеры на чертежах не допускается наносить в виде замкнутой размерной цепи. В каждом координатном направлении размер одного из элементов изделия не наносят (так называемый свободный размер) (рис. 1.7).

### 1.6.2. Общие требования к нанесению размеров

Для нанесения размерных и выносных линий размеров применяют сплошные тонкие линии.

Размеры предпочтительно наносить вне контура изображения.

Размерные линии ограничивают стрелками, упирающимися в выносные линии. Примерная величина стрелок дана на рис. 1.6.

Если длина размерной линии недостаточна для размещения стрелок, то размерную линию продолжают за выносные линии (или соответственно за контурные, осевые и центровые) и стрелки наносят снаружи, как показано на рис. 1.6. При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять четко наносимыми точками или засечками под углом  $45^{\circ}$  к размерной линии (рис. 1.7).

Стрелки размерных линий не должны пересекать ни одна линия чертежа: все линии (видимого контура, осевые, центровые и линии штриховки) нужно прервать в месте нанесения стрелки.

Выбранный размер стрелки нужно соблюдать при нанесении размеров на всех изображениях одного и того же чертежа.

Не допускается использовать линии видимого контура, осевые, центровые и выносные линии в качестве размерных.

Допускается проводить размерные линии непосредственно к линиям видимого контура, осевым и центровым линиям.

Нельзя допускать пересечения размерных линий и необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий.

**Выносные линии** – это продолжение линий контура изображения, осевых и центровых линий. Выносные линии должны выходить за концы стрелок на 2-3 мм. Выносные линии могут пересекаться.

Если нужно показать координату вершины скругляемого угла, то выносные линии проводят от точки пересечения продолженных сторон скругляемого угла, выполняют тонкими сплошными линиями (рис. 1.12, R12).

Если нужно показать координату центра дуги скругления контура, то выносную линию проводят из центра этой дуги (рис. 1.12, R8).

Размерные числа наносят над размерными линиями как можно ближе к их середине.

Размерные числа не допускается разделять или пересекать какими бы то ни было линиями чертежа. В месте нанесения размерного числа все линии (осевые, центровые, линии штриховки), кроме линий контура изображения, нужно прервать (рис. 1.7 и 1.8).

Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией, то размерные числа наносят на продолжениях размерной линии или на полке линии-выноски (рис. 1.6 и 1.7).

Для размерных чисел применяют только десятичные дроби, кроме размерных чисел в дюймах.

Выбранный шрифт размерных чисел (№ 5 – для форматов А3 - А4) должен быть одинаковым для всех размеров одного чертежа.

### 1.6.3. Нанесение линейных размеров

Размерные линии линейных размеров проводят параллельно отрезкам контура изображения изделия (рис. 1.6).

Если на изображении симметричного элемента нельзя нанести размер полностью, то допускается размерную линию прервать за осью симметрии на 5...10 мм и указать полное размерное число (рис. 1.6). Таким же образом следует наносить размер, если на изображении выполнено соединение половины вида и половины разреза (рис. 1.10, размер  $\varnothing 20$ ).

Минимальное расстояние от линии видимого контура до первой размерной линии – 10 мм, а между параллельными размерными линиями – 7 мм. При нанесении параллельных размеров нужно соблюдать определенный порядок: сначала – меньший размер, затем – больший и т.д. Размерные числа на параллельные размерные линии (больше двух линий) желательно наносить в шахматном порядке (рис. 1.6, размеры 12, 20 и 45).

Расположение размерных чисел при различных наклонах размерных линий показано на рис. 1.9. Если размерная линия располагается в заштрихованной зоне, то размерное число следует нанести на полке линии-выноски.

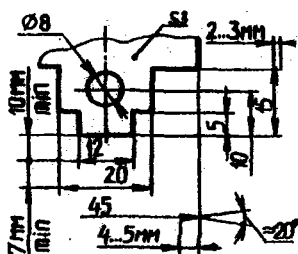


Рис. 1.6

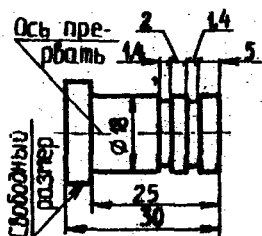


Рис. 1.7

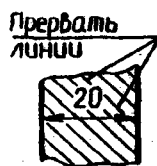


Рис. 1.8

#### 1.6.4. Нанесение размера диаметра поверхностей вращения

При указании размера диаметра поверхности вращения во всех случаях перед размерным числом наносят знак  $\varnothing$ , заменяющий слово «диаметр».

Размер диаметра предпочтительно наносить к образующим цилиндрических поверхностей (рис. 1.10).

Варианты нанесения размера диаметра к изображениям поверхностей вращения в виде окружностей показаны на рис. 1.11, а и б. Размерные линии здесь предпочтительней наносить как диаметральные линии окружности.

Если при нанесении размера диаметра стрелки нельзя разместить внутри окружности, то их размещают на продолжении размерной линии, как показано на рис. 1.6, 1.10, 1.11, б.

Не допускается наносить размеры диаметров на пересечении центровых линий внутри окружности. В таких случаях размерное число следует сместить относительно центра окружности (рис. 1.17,  $\varnothing 30$ ).

При изображении половины вида с половиной разреза полный размер диаметра с обрывом размерной линии выполняется, как показано на рис. 1.10.

При различных наклонах диаметральной размерной линии для нанесения размерного числа диаметра нужно пользоваться правилом, приведенным для линейных размеров (рис. 1.9).

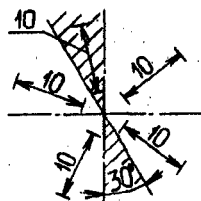
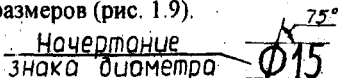


Рис. 1.9

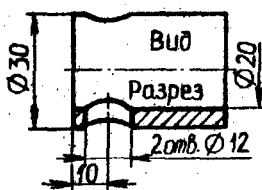


Рис. 1.10

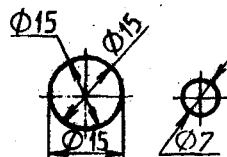


Рис. 1.11

### 1.6.5. Нанесение размеров радиусов дуг окружностей

При нанесении размера радиуса перед размерным числом помещают прописную букву *R*, заменяющую слово «радиус».

Размерную линию радиуса проводят к дуге от точки пересечения центровых линий дуги. Стрелка, ограничивающая радиус, всегда направлена к образериваемой дуге, с наружной или внутренней ее стороны (рис. 1.12).

Для дуги, которая является дугой сопряжения прямых или окружностей, не требуется указывать ее центр в виде пересечения центровых линий, и размерную линию радиуса в таком случае допускается не доводить до центра этой дуги и даже смещать размерную линию относительно ее центра (рис. 1.13).

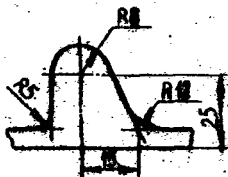


Рис. 1.12

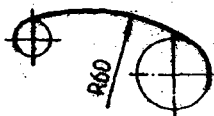


Рис. 1.13

### 1.6.6. Нанесение угловых размеров

Угловые размеры указывают в градусах, минутах и секундах.

При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги, ограниченной стрелками, с центром в его вершине, а выносными линиями являются радиусы или их продолжение. Угловые размеры наносят, как показано на рис. 1.14, следуя простым правилам:

на дугах, расположенных выше горизонтальной осевой линии, размерные числа помещают со стороны их выпуклости;

на дугах, расположенных ниже горизонтальной осевой линии, размерные числа помещают со стороны их вогнутости;

размерные числа в пределах заштрихованной зоны следует указывать на горизонтально расположенных полках с линией-выносной к размерной дуге.

Для углов малых размеров при недостатке места размерное число всегда следует помещать на полке линии-выноски.



Рис. 1.14

### 1.6.7. Нанесение размеров призматической поверхности, основанием которой является квадрат

Размер основания такой призматической поверхности определяется или двумя размерами (рис. 1.15, в), или одним размером со знаком  $\square$ , величина сторон которого равна высоте размерного числа (рис. 1.15, а, б).

Если в разрезе за секущей плоскостью показана грань такой призматической поверхности, то для наглядности в этой грани проводят тонкими сплошными линиями две диагонали (рис. 1.15, б).

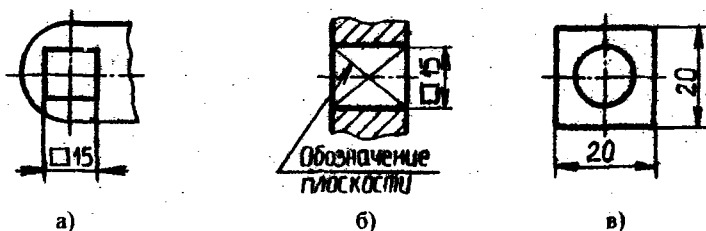


Рис. 1.15

### 1.6.8. Нанесение размеров фасок на призматические поверхности

Фаски, выполняемые на деталях, могут иметь конструктивное назначение, но в основном служат для притупления острых кромок.

Если фаска выполнена под углом  $45^\circ$ , т.е. имеет два равных катета, то над размерной линией фаски указывают величину катета и через знак умножения — угол  $45^\circ$ . Если одинаковых фасок несколько, то под размерной линией фаски указывают их количество (рис. 1.16, а).

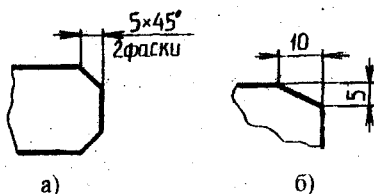


Рис. 1.16

Если фаска имеет разные катеты, то на двух линейных размерах указывают числовые значения катетов (рис. 1.16, б).

Более подробные сведения о нанесении размеров других фасок будут изложены в следующих разделах инженерной графики.



### 1.6.9. Некоторые особенности нанесения размеров отверстий

а. Если отверстия на детали равномерно расположены по окружности (рис. 1.17, чертеж прокладки), то наносят следующие размеры: диаметр этой окружности;

угловые размеры отверстий не указываются, а обозначается их диаметр и количество на полке линии-выноски в виде дроби, в числителе которой ставится размер диаметра отверстий, а в знаменателе – их количество (обозначение можно наносить в одну строчку: сначала количество отверстий, а затем их диаметр); если на чертеже обозначены три отверстия  $\varnothing 7$ , то угловой размер, между отверстиями равен  $120^\circ$ ; для отверстия, расположенного произвольно, нужно задать на чертеже размеры радиуса, угла и его диаметр.

б. Если отверстия на детали расположены по прямоугольному контуру, то наносят два координатных линейных размера между центрами этих отверстий, а затем их диаметр и количество (рис. 1.18). Затем нужно задать размер радиуса скругления. Габаритные размеры детали в этом случае нужно сопроводить знаком \* ("звездочка"), так как они являются суммой трех размеров и поэтому называются справочными. Если на чертеже есть справочные размеры, то над основной надписью чертежа на расстоянии 15...20 мм от нее выполняется следующая надпись: \*Размеры для справок.

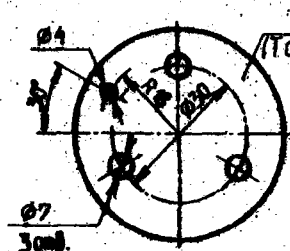


Рис. 1.17

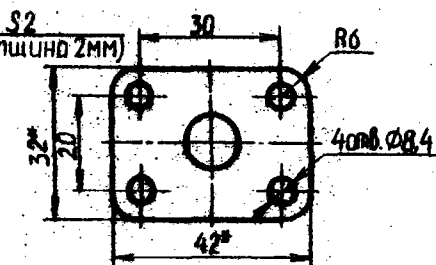


Рис. 1.18

Более подробно о нанесении размеров будет изложено в следующих разделах дисциплины.

## Тема 2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ – СОПРЯЖЕНИЯ, УКЛОН И КОНУСНОСТЬ

Детали механизмов и машин часто имеют сложную конструктивную форму, образованную сочетанием различных поверхностей и плоскостей. Проекция таких деталей на чертеже дают изображения со сложными очерковыми линиями, состоящими из простых элементов – прямых, окружностей или дуг, плавно соединенных между собою.

Плавный переход дуги окружности в прямую линию или в дугу другой окружности называется **сопряжением**.

Построение сопряжений основано на двух положениях, известных из геометрии:

1) прямая, касательная к окружности, перпендикулярна радиусу, проведенному из центра этой окружности в точку касания;

2) точка касания двух окружностей лежит на линии, соединяющей их центры.

Рассмотрим несколько типов сопряжений, наиболее часто встречающихся при выполнении на чертежах изображений деталей со сложным контуром:

двух пересекающихся прямых;

двух окружностей (или дуг) касательной прямой;

двух окружностей или дуг (два случая);

прямой и окружности (дуги).

Для построения сопряжений любого типа нужно иметь заданный радиус сопряжения и выполнить в каждом случае определенный порядок аналитических и графических действий (**алгоритм**):

а) определить тип сопряжения;

б) построить центр дуги сопряжения – точка  $O_c$ ;

в) определить точки касания дуги сопряжения с заданными прямыми или окружностями (дугами) –  $K_1$  и  $K_2$ ;

г) выполнить дугу сопряжения с центром в точке  $O_c$  заданным радиусом сопряжения.

## 1. ВЫПОЛНЕНИЕ СОПРЯЖЕНИЙ

### 1.1. Сопряжение пересекающихся прямых

На рис. 2.1 дан пример построения сопряжения двух пересекающихся прямых  $l_1$  и  $l_2$  заданным радиусом сопряжения  $R_c$ .

Центр дуги  $O_c$  в этом случае лежит на пересечении прямых, параллельных заданным прямым  $l_1$  и  $l_2$  и отстоящих от них на расстоянии, равном радиусу сопряжения  $R_c$ . Точки сопряжения  $K_1$  и  $K_2$  находятся на пересечении заданных прямых с перпендикулярами, проведенными к каждой прямой из центра сопряжения. Затем выполняется дуга сопряжения заданным радиусом  $R_c$  с центром в точке  $O_c$ .

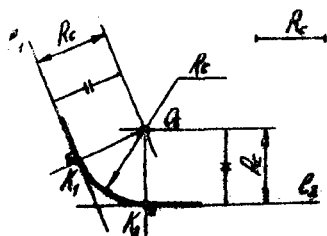


Рис. 2.1

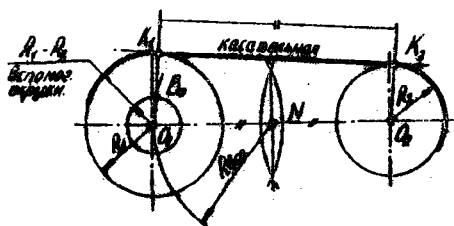


Рис. 2.2

## 1.2. Сопряжение двух окружностей или дуг касательной прямой

На рис. 2.2 дан пример построения касательной к двум окружностям с радиусами  $R_1$  и  $R_2$ .

В этом случае центры  $O_1$  и  $O_2$  заданных окружностей нужно соединить прямой и выполнить следующие вспомогательные графические построения:

из средней точки линии  $O_1O_2$  провести вспомогательную дугу, радиус которой  $R_{\text{всп}}(NO_1) = 1/2 \cdot O_1O_2$ ;

из центра  $O_1$  окружности большего диаметра провести вспомогательную окружность, радиус которой равен  $R_1 - R_2$ , т.е. разности радиусов заданных окружностей;

точка  $B_0$  пересечения вспомогательной дуги и вспомогательной окружности определит направление радиуса  $O_1B_0$ , идущего в точку касания  $K_1$  на сопрягаемой окружности большего диаметра;

точку касания  $K_2$  на сопрягаемой окружности меньшего диаметра построить, проведя радиус  $O_2K_2$  параллельно радиусу  $O_1K_1$ ;

соединить точки  $K_1$  и  $K_2$  касательной прямой.

## 1.3. Сопряжение двух окружностей (дуг)

При сопряжении окружностей возможны два случая:

внешнее сопряжение, когда центр дуги сопряжения  $O_c$  и центры заданных окружностей  $O_1$  и  $O_2$  лежат по разные стороны дуги сопряжения;

внутреннее сопряжение, когда центр дуги сопряжения  $O_c$  и центры заданных окружностей  $O_1$  и  $O_2$  лежат по одну сторону дуги сопряжения.

На рис. 2.3 дан пример построения внешнего сопряжения двух окружностей с радиусами  $R_1$  и  $R_2$  заданным радиусом сопряжения  $R_c$ . В этом случае центр дуги сопряжения  $O_c$  лежит на пересечении двух вспомогательных дуг, проведенных из центров  $O_1$  и  $O_2$  сопрягаемых окружностей, радиусы которых равны сумме радиуса сопряжения  $R_c$  с радиусом каждой заданной окружности:  $R_c + R_1$  и  $R_c + R_2$ .

Точки касания  $K_1$  и  $K_2$  находятся на пересечении заданных окружностей с прямыми, соединяющими центр каждой сопрягаемой окружности с центром дуги сопряжения. Затем выполняется дуга сопряжения заданным радиусом  $R_c$  с центром в точке  $O_c$ .

На рис. 2.4 дан пример построения внутреннего сопряжения двух окружностей с радиусами  $R_1$  и  $R_2$  заданным радиусом сопряжения  $R_c$ . В этом случае центр дуги сопряжения  $O_c$  лежит на пересечении вспомогательных дуг, проведенных из центров  $O_1$  и  $O_2$  сопрягаемых окружностей, радиусы которых равны разности радиуса сопряжения  $R_c$  и заданных радиусов каждой окружности:  $R_c - R_1$  и  $R_c - R_2$ .

Точки касания  $K_1$  и  $K_2$  находятся на пересечении заданных окружностей с прямыми, соединяющими центр каждой сопрягаемой окружности с центром дуги сопряжения. Затем выполняется дуга сопряжения заданным радиусом  $R_c$  с центром в точке  $O_c$ .

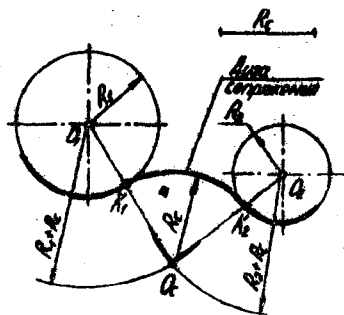


Рис. 2.3

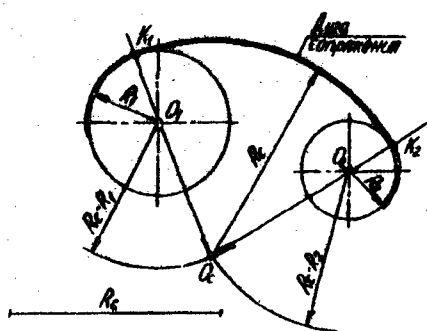


Рис. 2.4

#### 1.4. Сопряжение окружности (дуги) с прямой линией

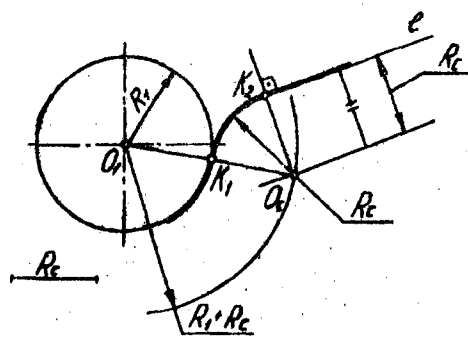


Рис. 2.5

Этот тип сопряжения является комбинированным. Центр дуги сопряжения  $O_c$  и точки касания  $K_1$  и  $K_2$  нужно строить по вышеизложенным правилам сопряжения двух пересекающихся прямых и двух окружностей. Здесь относительно сопрягаемой окружности также возможны два случая сопряжения: внешнее и внутреннее.

На рис. 2.5 дан пример построения сопряжения окружности радиуса  $R_1$  и прямой  $l$  заданным

радиусом сопряжения  $R_c$ . В этом примере относительно окружности имеется случай **внешнего** сопряжения, т.к. центр дуги сопряжения и центр заданной окружности лежат по разные стороны дуги сопряжения.

В этом случае центр дуги сопряжения  $O_c$  лежит на пересечении вспомогательной дуги, равной сумме  $R_c + R_1$ , с линией, параллельной заданной прямой  $l$  и отстоящей от нее на расстоянии радиуса сопряжения  $R_c$ .

Точки касания  $K_1$  и  $K_2$  определяются на заданной окружности и заданной прямой по приведенным выше правилам.

Затем выполняется дуга сопряжения заданным радиусом  $R_c$  с центром в точке  $O_c$ .

В более полном объеме геометрические построения сопряжений и различных алгебраических кривых даны, например, в книге "Справочник по машиностроительному черчению" В.А. Федоренко и А.И. Шошина.

## 2. УКЛОН И КОНУСНОСТЬ

### 2.1. Уклон и его обозначение на чертежах (ГОСТ 2.307-68)

Применение уклонов на поверхностях самых различных деталей обусловлено конструктивными, технологическими и другими причинами. Например, литейные уклоны облегчают извлечение отливок деталей из литейных форм.

Уклоном прямой  $AC$  относительно горизонтальной линии  $AB$  называется отношение  $i = \operatorname{tg} \alpha = BC/AB$ . Например,  $i = 1:10$ .

На рис. 2.6 показан фрагмент корпусной детали и дан пример построения плоскости с заданным уклоном 1:5. Линия уклона 1:5 строится как гипотенуза прямоугольного треугольника с катетами, равными одной размерной единице (любой – мм, см) и пяти размерным единицам.

На чертежах обозначение уклона выполняют на полке линии-выноски (полка параллельна прямой, относительно которой задан уклон) со стрелкой к

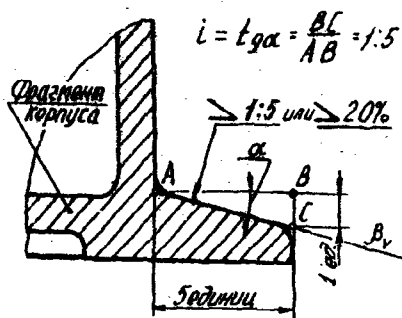


Рис. 2.6

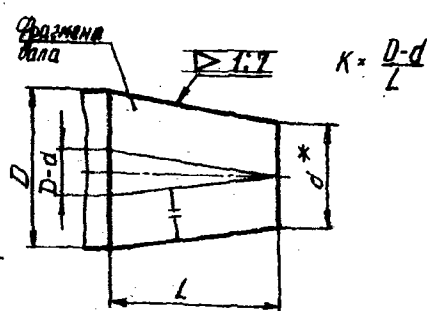


Рис. 2.7

линии уклона. Перед размерным числом в виде отношения чисел, обозначающих уклон, наносится знак  $\angle$ , заменяющий слово "уклон", высота которого равна высоте цифр, а острый угол всегда направлен в сторону уклона. Допускается обозначать уклон не отношением чисел, а в процентах.

## 2.2. Конусность и ее обозначение на чертежах (ГОСТ 2.307-68)

Часто по конструктивным соображениям требуется выполнить на детали внешний конус (например, на валу) или коническое отверстие.

**Конусностью  $K$**  называется отношение разности диаметров оснований прямого кругового конуса к его длине.

На рис. 2.7 показан фрагмент вала с конической поверхностью, конусность которой задана отношением 1:7. Для построения этого конуса предварительно вычерчивается относительно оси вала равнобедренный треугольник с основанием  $D - d$  и длиной (высотой)  $L$ , а затем проводятся образующие конуса параллельно сторонам этого вспомогательного треугольника (диаметр конуса  $d^*$  получается при обработке и не наносится на чертеж вала).

На чертежах обозначение конусности выполняют на полке линии-выноски, параллельной оси конуса, со стрелкой к его образующей. Перед размерным числом в виде отношения чисел, характеризующих конусность, наносят знак  $\triangleright$ , заменяющий слово "конусность", высота которого равна высоте цифр, а острый угол направлен в сторону вершины конуса. Возможно обозначение конусности над осевой линией конуса (см. стандарт).

Подробнее о применяемых в производстве деталей машин и механизмов уклонах и конусностях будет изложено в специальных дисциплинах.

## Тема 3. ИЗОБРАЖЕНИЯ – ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ (ГОСТ 2.305-68)

Правила изображения предметов на чертежах определены государственным стандартом – ГОСТ 2.305-68 из системы ЕСКД.

Изображения предметов выполняют методом прямоугольного проецирования на взаимно перпендикулярные плоскости проекций (метод Г. Монжа). При выполнении изображения предмет предполагается расположенным между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций.

За основные плоскости проекций приняты шесть граней куба, которые разворачивают и совмещают с гранью 1 (рис. 3.1), принятой за фронтальную плоскость проекций.

Количество различных изображений предмета на чертеже должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о наружной и внутренней форме предмета, т.е. чтение чертежа.

Изображения предмета на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на **виды, разрезы и сечения**.

## 1. ВИДЫ

**Вид** – это изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. На видах допускается показывать штриховыми линиями невидимые части поверхности предмета в том случае, если это уменьшает количество изображений и не усложняет чтение чертежа.

Виды разделяются на основные, дополнительные и местные.

### 1.1. Основные виды

**Основные виды** получают на основных плоскостях проекций, которыми являются развёрнутые грани куба.

Установлены следующие названия основных видов (рис. 3.1):

- |                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| 1 – главный вид (вид спереди); | 4 – вид справа; |
| 2 – вид сверху;                | 5 – вид снизу;  |
| 3 – вид слева;                 | 6 – вид сзади.  |

При выполнении на чертеже изображений предмета важно выбрать главное изображение предмета (вид или разрез) так, чтобы оно давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета при рациональном использовании поля чертежа. Правильно выбранный главный вид значительно облегчает чтение чертежей деталей и сборочных чертежей.

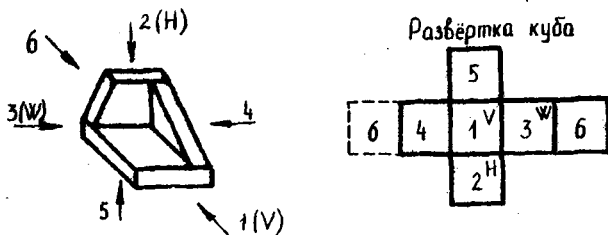


Рис. 3.1

### 1.2. Дополнительный вид

**Дополнительный вид** – это изображение предмета или его части без искажения формы и размеров на дополнительную плоскость проекций, не параллельную основным плоскостям проекций (рис. 3.2).

### 1.3. Местный вид

**Местный вид** – это изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета (рис. 3.2 – дополнительный вид одновременно является местным видом). Местный вид можно получить как на основной, так и на дополнительной плоскости проекций и ограничить волнистой линией обрыва (или не ограничивать, если показан замкнутый контур части детали).

## 1.4. Обозначение видов

Основные виды, расположенные в проекционной связи относительно главного вида, дополнительные и местные виды, расположенные в проекционной связи со своим основным изображением, на чертеже не обозначаются.

Если проекционная связь между изображениями основных видов относительно главного и дополнительного или местного вида относительно своего основного изображения отсутствует, то такие виды отмечаются на чертеже буквой (рис. 3.2, слева). Возле основного изображения ставят стрелку, указывающую направление взгляда, и ту же букву. Стрелки выполняют примерно в два раза больше размерных. Для обозначения видов используют прописные буквы русского алфавита (шрифт №7 – №10 для форматов А3-А1) в алфавитном порядке, начиная с буквы А.

Дополнительные и местные виды допускается поворачивать. При этом обозначение вида дополняется условным графическим обозначением, заменяющим слово "повернуто". Знак "повернуто" имеет вид кружочка, диаметр которого равен высоте буквы, обозначающей вид, с двумя штрихами под углом  $90^\circ$  (рис. 3.2, справа).

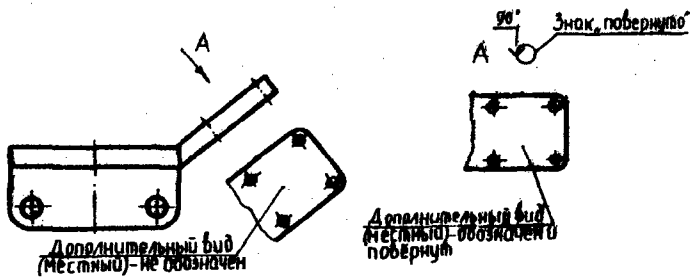


Рис. 3.2

## 2. РАЗРЕЗЫ

Изображения видов предмета позволяют полностью определить внешнюю форму поверхности предмета. Для выявления внутреннего устройства предмета используют условный прием, называемый **разрезом**.

**Разрез** – это изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими секущими плоскостями. В состав разреза входит сечение и изображение предмета за (или под) секущей плоскостью. При выполнении разреза часть предмета, расположенную между наблюдателем и секущей плоскостью удаляют. Следует учесть, что мысленное рассечение предмета плоскостью относится только к изображению данного разреза и не влечет за собой изменения других изображений предмета. Сечение, т.е. плоская фигура, полученная непо-



средственно в секущей плоскости, заштриховывается по правилам стандарта ГОСТ 2.306-68 "Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежи".

### 2.1. Классификация разрезов и принятые условности при их выполнении

Разрезы разделяются на простые, сложные и местные.

#### Простые разрезы

Простые разрезы выполняют одной секущей плоскостью уровня и называют именем этой плоскости:

горизонтальные – плоскость разреза горизонтальная (параллельная плоскости Н);

фронтальные – плоскость разреза фронтальная (параллельная плоскости V);

профильные – плоскость разреза профильная (параллельная плоскости W).

Фронтальные и профильные разрезы называют еще вертикальными.

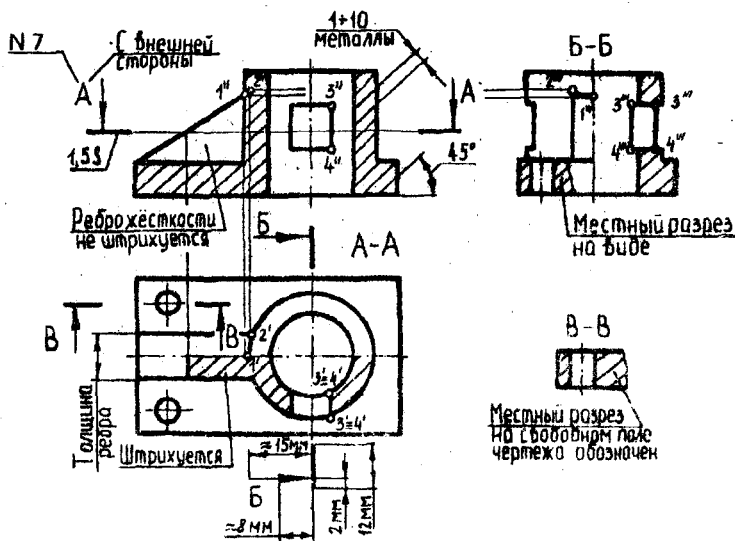


Рис. 3.3

Сечение, входящее в состав разреза, строится как линия пересечения секущей плоскости разреза с геометрическими формами, образующими поверхность предмета.

Разрезы выполняют или на месте соответствующих видов или на свободном поле чертежа.

При выполнении простых разрезов приняты некоторые условности и упрощения, которыми нужно пользоваться, выполняя чертежи.

**а.** Разрез не обозначается и положение секущей плоскости не указывают, если секущая плоскость разреза является плоскостью симметрии предмета (см. фронтальный разрез на рис. 3.3).

**б.** Разрез обозначается, если секущая плоскость не является плоскостью симметрии предмета (см. разрезы А-А и Б-Б на рис. 3.3). Положение секущей плоскости при этом указывают разомкнутой линией сечения. Перпендикулярно к начальному и конечному штрихам разомкнутой линии проводят стрелки, которые указывают направление взгляда на разрез. Возле стрелок с внешней стороны относительно изображения предмета ставят буквы русского алфавита. Над изображением разреза выполняется надпись по типу "А-А".

**в.** Допускается соединять половину вида с половиной разреза, если изображение предмета, на котором выполняется разрез, имеет симметрию. В этом случае разрез выполняется справа или снизу. Половину вида и половину разреза разделяет штрихпунктирная линия (см. разрез Б-Б). Если при соединении вида с разрезом ось симметрии заменяет линия видимого контура, принадлежащая виду или разрезу, то часть вида от части разреза отделяют тонкой линией обрыва (рис. 3.4).

**г.** Не заштриховывают в разрезе ребро жесткости, если секущая плоскость направлена вдоль его толщины (см. разрез А-А).

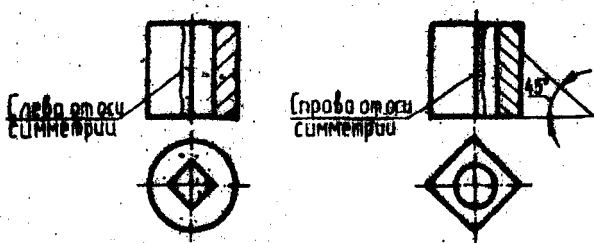


Рис. 3.4

### Сложные разрезы

Сложные разрезы выполняют двумя и более секущими плоскостями (рис. 3.5, а и б). Сложные разрезы разделяют на:  
ступенчатые – секущие плоскости параллельны;  
ломанные – секущие плоскости пересекаются.

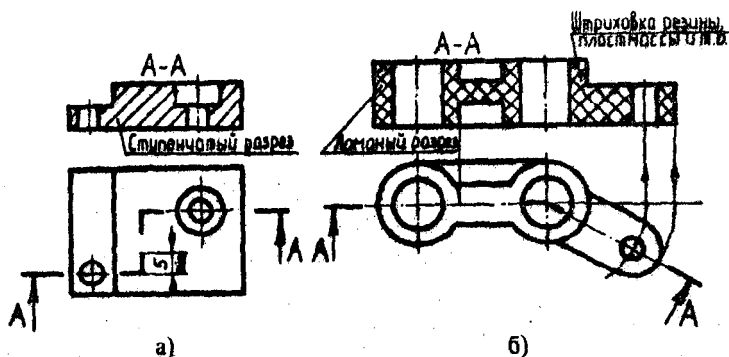


Рис. 3.5

### Условности, принятые при выполнении сложных разрезов

а. Сложные разрезы обозначаются всегда. Положение секущей плоскости дополняется короткими штрихами разомкнутой линии в местах перегиба секущих плоскостей.

б. При выполнении ступенчатого разреза сечения, лежащие в параллельных секущих плоскостях, совмещают в одну плоскость уровня и далее выполняют разрез как простой (рис. 3.5, а).

в. При выполнении ломаного разреза часть предмета между плоскостями разреза со стороны наблюдателя удаляют, затем сечения, поворачивая, совмещают в одну плоскость уровня и далее выполняют разрез как простой (рис. 3.5, б).

### Местный разрез

Местный разрез служит для выявления устройства предмета в отдельном, ограниченном месте.

Местный разрез можно выполнять на виде (тогда он отделяется от вида волнистой линией обрыва и не обозначается (рис. 3.3, вид слева)) или на свободном поле чертежа (тогда его обозначают по общему правилу, а выполненный разрез надписывают и ограничивают волнистой линией обрыва (рис. 3.3, разрез В-В)).

Продолжение темы ГОСТ 2.305-68 "Сечения" будет рассматриваться в разделе "Машиностроительное черчение".

## Тема 4. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ТРЕХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

### 1. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ СЛУЧАЕВ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ДВУХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Форма каждой детали в любом механизме определяется его конструкцией и технологическими возможностями производства. Для формообразования применяются те поверхности, изучению которых был посвящен большой раздел в начертательной геометрии.

В деталях сложной формы используются различные комбинации как простых геометрических (призма, цилиндр и др.), так и сложных (линейчатых, каркасных и др.) поверхностей, и при этом возможны различные случаи их пересечения на поверхности детали.

В начертательной геометрии рассматриваются различные случаи пересечения лишь простых геометрических поверхностей, имеющих наиболее широкое применение в производстве механизмов и машин (призматических, пирамидальных, цилиндрических, конических, сферических и торовых), и соответствующие правила или способы построения линии пересечения двух таких поверхностей.

Случай пересечения поверхностей определяется анализом формообразующих поверхностей конкретной задачи и зависит от следующих условий:

а) типа участвующих в пересечении поверхностей (например, цилиндр и конус, цилиндр и призма и т.д.);

б) положения поверхностей относительно плоскостей проекций (например, цилиндр может быть просецирующим, т.е. боковая поверхность перпендикулярна плоскости проекций или наклонным и т.д.);

в) взаимного расположения осей этих поверхностей (пересекаются, скрещиваются, параллельны или имеют общую ось, т.е. соосны).

Все изученные в начертательной геометрии случаи пересечения поверхностей для выбора оптимального метода решения систематизированы и по степени сложности условно разделены на две основные группы: частные случаи и общие случаи.

К первой группе отнесены все те случаи, для которых построение линии пересечения выполняется по известным правилам (например, случай соосных поверхностей) и не требуется дополнительных построений, т.е. применения известных способов (например, вспомогательных секущих плоскостей).

Ко второй группе отнесены те случаи, для которых построение линии пересечения возможно только с помощью известных способов – вспомогательных секущих плоскостей, концентрических или неконцентрических сфер.

В пределах каждой группы соответствующие случаи пересечения также расположены в порядке возрастания сложности.

Таким образом, все рассмотренные в начертательной геометрии случаи пересечения поверхностей сведены в следующую таблицу.

Первая группа	
Частные случаи пересечения поверхностей	Правила построения линии пересечения и условия применения каждого правила
а. Соосные поверхности вращения с пересекающимися очерками	пересекаются по окружности, которая проецируется в прямую линию, перпендикулярную их общей оси
б. Пересечение поверхностей вращения второго порядка, описанных вокруг сферы	построение линии пересечения выполняется по теореме Г. Монжа; общая плоскость симметрии должна быть плоскостью уровня
в. Пересечение двух поверхностей, имеющих боковые проецирующие поверхности (варианты пересечения прямой призмы и прямого цилиндра)	в этом случае две проекции линии пересечения можно определить по условию задачи, т.к. эти две проекции совпадают с вырожденными проекциями поверхностей, а третья проекция линии пересечения строится по проекциям точек, взятым на линии пересечения и принадлежащим пересекающимся поверхностям; оси поверхностей должны быть проецирующими прямыми
г. Пересечение двух поверхностей, из которых одна имеет боковую проецирующую поверхность (т.е. в пересечении одна из поверхностей обязательно или прямая призма, или прямой цилиндр)	в этом случае одну проекцию линии пересечения можно определить по условию задачи, т.к. эта проекция совпадает с вырожденной проекцией боковой поверхности, а две другие проекции линии пересечения строятся по проекциям точек, взятым на линии пересечения, и по принадлежности непроецирующей поверхности; ось проецирующей поверхности должна быть проецирующей прямой

Вторая группа	
Общие случаи пересечения поверхностей	Условия применения каждого способа
д. Случай пересечения, для которого возможно применить способ вспомогательных секущих плоскостей уровня (поверхности вращения и гранные поверхности)	одна из плоскостей уровня в пересечении с каждой из поверхностей дает простую линию пересечения: окружность или образующие; общая плоскость симметрии поверхностей должна быть плоскостью уровня (по условию или с помощью дополнительных построений); в этом случае точки пересечения очерков принадлежат искомой линии пересечения и определяют границы введения вспомогательных плоскостей-посредников
е. Случай пересечения, для которого возможно применить способ концентрических сфер (только поверхности вращения)	оси поверхностей должны пересекаться с осями вспомогательных сфер; вспомогательные сферы при этом соосны каждой из пересекающихся поверхностей; общая плоскость симметрии должна быть плоскостью уровня
ж. Случай пересечения, для которого возможно применить способ вспомогательных неконцентрических сфер (только поверхности вращения)	оси поверхностей могут пересекаться, быть параллельными или скрещиваться; общая плоскость симметрии должна быть плоскостью уровня

## 2. АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ТРЕХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Рассмотрим случай повышенной сложности, когда пересекаются три формообразующие поверхности и, следовательно, требуется построить линию пересечения **трех** поверхностей. Такие случаи часто встречаются на наружной и внутренней поверхностях деталей как при конструировании формы, так и при технологическом изготовлении и имеются в семестровых и зачетных заданиях.

Построение линии пересечения **трех** поверхностей может быть основано только на известных случаях пересечения двух поверхностей, приведенных выше, так как **нет** специального способа построения линии пересечения трех поверхностей.

Следовательно, построение линии пересечения трех поверхностей сводится к построению линий пересечения нескольких пар поверхностей, которые можно образовать из трех, участвующих в пересечении, и к определению путем анализа *общей* для трех поверхностей линии пересечения.

Предлагаемая методика построения линии пересечения трех поверхностей содержит определенный порядок действий, т.е. алгоритм решения, основанный на знании вышеизложенного материала и умении аналитически подходить к каждому действию алгоритма исходя из условий конкретной задачи. Это позволит решать задачи такого уровня сложности.

### Алгоритм решения

1. По заданным изображениям предмета выяснить наличие случая пересечения трех геометрических поверхностей и определить тип этих поверхностей.

2. Определить по заданному условию задачи проекцию предмета, на которой будет выполняться построение искомой линии пересечения трех поверхностей (при этом общая плоскость симметрии предмета должна быть параллельна плоскости проекций выбранного изображения предмета).

3. Выделить возможные пары пересекающихся поверхностей из трех, участвующих в пересечении.

4. Определить случай пересечения каждой выделенной пары и, соответственно, правило или способ построения линий пересечения выделенных пар поверхностей (см. табл. 4.1).

5. Построить последовательно линии пересечения каждой пары. Поскольку в рассматриваемом случае каждая выделенная пара имеет частичное (неполное) пересечение поверхностей и одна из двух точек пересечения очерков, принадлежащих линии пересечения, отсутствует по условию задачи, следует продлить на изображении, где выполняются построения, очерковые линии каждой пары поверхностей до их пересечения и таким образом определить эти недостающие точки (мнимые). Все эти вспомогательные построения выполнять тонкими линиями и оставить на чертеже.

6. Определить, анализируя условие задачи, те участки построенных линий пересечения каждой выделенной пары поверхностей, которые образуют общую линию пересечения трех поверхностей.

### 3. ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ТРЕХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Рассмотрим теперь на двух примерах построение линии пересечения трех поверхностей по предложенному алгоритму.

В первом примере (рис. 4.1, а, б) даны изображения фронтальной и горизонтальной проекций предмета, который образован сочетанием формообразующих геометрических тел (задача решается на заданных проекциях без построения профильной проекции предмета).

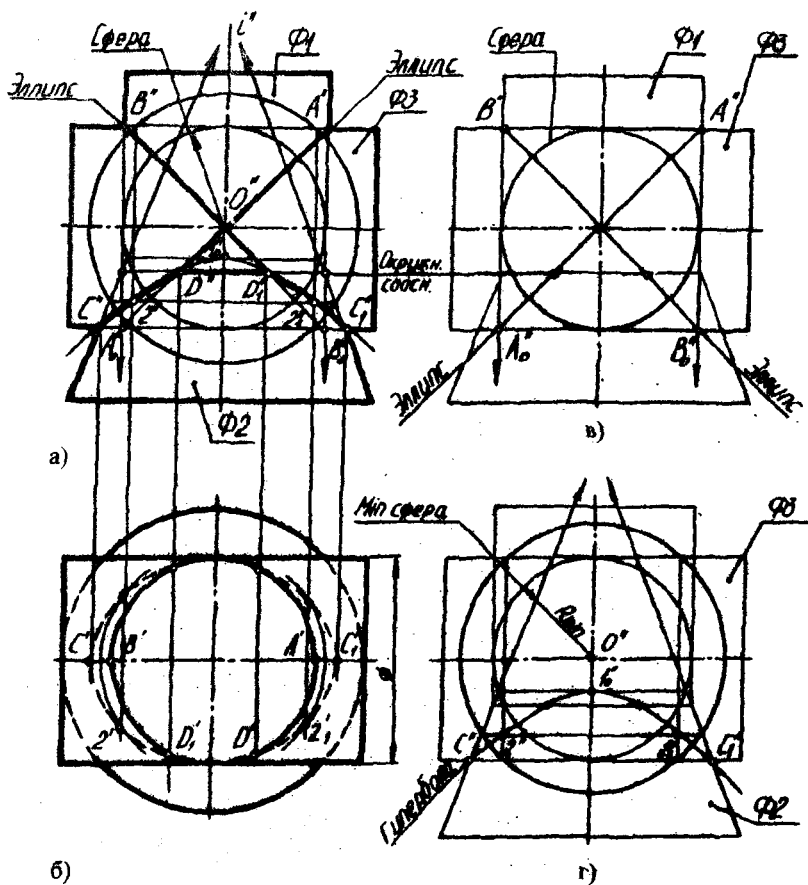


Рис. 4.1

Для решения задачи выполним последовательно аналитические действия алгоритма и соответствующие графические построения.

1. Анализ заданных изображений предмета показывает наличие пересечения трех формообразующих геометрических тел:

- Φ1 – горизонтально-проецирующий круговой цилиндр;
- Φ2 – прямой круговой конус;
- Φ3 – профильно-проецирующий круговой цилиндр.

2. Определяем по заданным проекциям, что графические построения линии пересечения следует выполнять на фронтальной проекции предмета, где можно определить точки пересечения очерков заданных поверхностей, а общая плоскость симметрии предмета является фронтальной плоскостью уровня.



3. Выделяем три пары пересекающихся поверхностей.  $\Phi 1 - \Phi 2$ ,  $\Phi 1 - \Phi 3$  и  $\Phi 2 - \Phi 3$ .

4. Определяем случай пересечения каждой пары:

первая пара  $\Phi 1 - \Phi 2$ : частный случай пересечения соосных поверхностей (случай **а** по табл. 4.1);

вторая пара  $\Phi 1 - \Phi 3$ : частный случай пересечения цилиндрических поверхностей второго порядка, описанных вокруг сферы, где можно применить теорему Г. Монжа (случай **б** по табл. 4.1);

третья пара  $\Phi 2 - \Phi 3$ : частный случай пересечения поверхностей, из которых одна профильно-проецирующая цилиндрическая ( $\Phi 3$ ); так как профильная проекция предмета не будет выполняться, а линия пересечения поверхностей будет строиться на его фронтальной проекции, пересечение третьей пары поверхностей следует отнести ко второй группе общих случаев пересечения (случай **в** по табл. 4.1).

5. Выполняем графические построения на фронтальной проекции:

первая пара  $\Phi 1 - \Phi 2$ : линия пересечения соосных поверхностей есть окружность, которая проецируется в прямую линию, перпендикулярную их общей оси, проходящую через точки пересечения очерков (рис. 4.1, в);

вторая пара  $\Phi 1 - \Phi 3$ : линия пересечения поверхностей вращения второго порядка, описанных вокруг сферы, распадается на две плоские кривые второго порядка (в данном случае это эллипсы), которые проецируются в прямые линии (проекции эллипсов), проходящие через точки пересечения очерков — линии  $A A_0 (A'' A_0'')$  и  $B B_0 (B'' B_0'')$ ; так как по условию задачи эта пара поверхностей имеет частичное (неполное) пересечение, для построения проекций этих двух эллипсов по теореме Г. Монжа потребовалось определить мнимые точки  $A_0$  и  $B_0$ , для чего следует продлить очерковые образующие цилиндрической поверхности  $\Phi 1$  до пересечения с очерковой образующей цилиндра  $\Phi 3$  (построение показано тонкими линиями на рис. 4.1, в).

третья пара  $\Phi 2 - \Phi 3$ : линия пересечения строится способом вспомогательных концентрических сфер; центр вспомогательных сфер находится в точке пересечения осей этой пары — точке  $O (O'')$ , по известному правилу для этого способа строим полную линию пересечения третьей пары поверхностей — линию  $C 2 1_0 2_1 C_1 (C'' 2'' 1_0'' 2_1'' C_1'')$ , для чего потребовалось продлить очерковые образующие конуса  $\Phi 2$  (построение показано тонкими линиями на рис. 4.1, г).

6. Определяем, анализируя условие задачи и построенные линии пересечения каждой выделенной пары, те участки построенных линий пересечения трех пар (рис. 4.1, а), которые образуют общую линию пересечения трех заданных поверхностей (конечные точки этих участков определяются на пересечении построенных линий пересечения каждой пары):

от первой пары поверхностей  $\Phi 1 - \Phi 2$  общей линии пересечения принадлежит участок  $D D_1 (D'' D_1'')$ ;

от второй пары поверхностей  $\Phi 1 - \Phi 3$  общей линии пересечения принадлежат участки прямых линий (просекций эллипсов)  $A D (A'' D'')$  и  $B D_1 (B'' D_1'')$ ;

от третьей пары поверхностей  $\Phi 2 - \Phi 3$ , фронтальная проекция которой является гиперболой, общей линии пересечения принадлежат два участка этой гиперболы: слева –  $C 2 D (C'' 2'' D'')$  и справа –  $D_1 2_1 C_1 (D_1'' 2_1'' C_1'')$ .

Конечный результат построения фронтальной и горизонтальной проекций линии пересечения трех поверхностей дан на фронтальной проекции рис. 4.1 (построение горизонтальной проекции линии пересечения выполняется по известным правилам построения горизонтальных проекций точек на геометрических поверхностях).

Во втором примере на рис. 4.2 даны фронтальная (с разрезом) и горизонтальная проекции предмета, внутреннюю поверхность которого образует сочетание цилиндрических отверстий – самый распространенный в машиностроении случай при изготовлении деталей. В задаче требуется построить профильную проекцию предмета с профильным разрезом и необходимые линии пересечения формообразующих поверхностей.

Следовательно, сначала в тонких линиях необходимо построить профильную проекцию (заготовку) предмета с нанесением очерковых линий всех участвующих в формообразовании поверхностей по известным правилам построения проекционного комплексного чертежа.

Для решения задачи выполним последовательно аналитические действия алгоритма и соответствующие графические построения.

1. Анализ заданных изображений предмета показывает наличие на внутренней поверхности предмета пересечения трех цилиндрических поверхностей:

$\Phi 1$  – горизонтально-проецирующее цилиндрическое отверстие;

$\Phi 2$  – горизонтально-проецирующее отверстие меньшего диаметра;

$\Phi 3$  – фронтально-проецирующее цилиндрическое отверстие, диаметр которого равен диаметру отверстия  $\Phi 2$ .

2. Определяем по заданным проекциям, что графические построения линии пересечения следует выполнять на профильной проекции предмета, где можно определить точки пересечения очерков заданных поверхностей, а общая плоскость симметрии предмета является профильной плоскостью уровня.

3. Выделяем три пары поверхностей из трех, образующих его внутреннюю форму:  $\Phi 1 - \Phi 2$ ,  $\Phi 1 - \Phi 3$  и  $\Phi 2 - \Phi 3$ .

**Примечание.** В задаче есть также пара пересекающихся поверхностей  $\Phi 2 - \Phi 3$ . Но это известный случай пересечения двух проецирующих цилиндрических поверхностей (случай а по таблице), и построение на наружной поверхности предмета линии пересечения этих поверхностей (линии  $A B C (A''' B''' C''')$ ) дано без дополнительных объяснений (рис. 4.2 в)

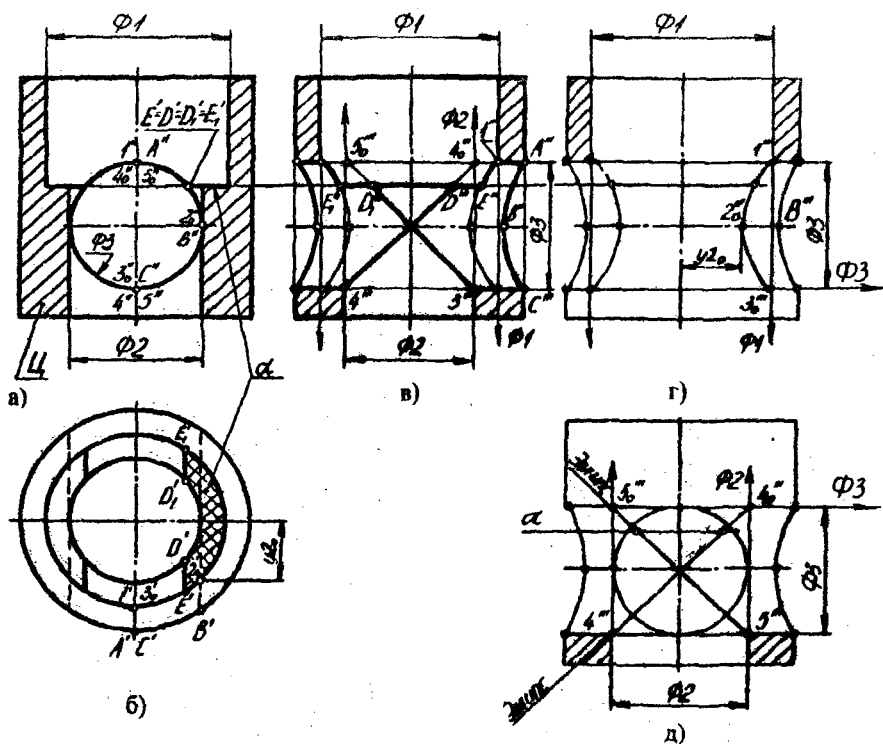


Рис. 4.2

#### 4. Определяем случай пересечения каждой пары:

первая пара поверхностей  $\Phi 1 - \Phi 2$ : наиболее широко распространенный в формообразовании частный случай соосных поверхностей с **непересекающимися** очерками, не внесенный в таблицу, так как здесь **нет пересечения** поверхностей, а есть разделяющая эти поверхности некоторая кольцевая плоскость, перпендикулярная их общей оси, которую ограничивают две линии, повторяющие геометрические фигуры (окружности, треугольники и т.д.), лежащие в основании этих соосных поверхностей; в нашем случае – это пара соосных цилиндрических поверхностей разного диаметра, которая разделяется плоскостью кругового кольца (см. плоскость  $\alpha$ ), ограниченного двумя окружностями, лежащими в основании этих поверхностей, фронтальная и профильная проекции которого являются прямыми линиями, перпендикулярными их общей оси  $I$ ;

вторая пара  $\Phi 1 - \Phi 3$ : частный случай пересечения двух проецирующих цилиндрических поверхностей (случай а по табл. 4.1);

третья пара  $\Phi 2 - \Phi 3$ : частный случай пересечения двух цилиндрических поверхностей второго порядка, описанных вокруг сферы, т.е. можно применить теорему Г. Монжа (случай б по табл. 4.1);

5. Выполняем графические построения на профильной проекции:

первая пара  $\Phi 1 - \Phi 2$ : проводим прямую линию, перпендикулярную их общей оси  $i$ , которая является профильной проекцией кольцевой плоскости, разделяющей эти соосные поверхности (рис. 4.2,а;  $\alpha_w$ );

вторая пара  $\Phi 1 - \Phi 3$ : строим линии пересечения двух проецирующих цилиндрических поверхностей по известному правилу – это симметричные линии  $1\ 2_0\ 3_0 (1''\ 2_0''\ 3_0'')$ , одна из которых обозначена (справа); так как по условию задачи эта пара поверхностей имеет частичное (неполное) пересечение, для построения полных линий пересечения этой пары потребовалось определить мнимые точки  $2_0$  и  $3_0 (2_0''$  и  $3_0'')$ , для чего необходимо продлить вниз очерковые образующие поверхности  $\Phi 1$  до их пересечения с нижней образующей поверхности  $\Phi 3$  (построение показано тонкими линиями на рис. 4.2,г);

третья пара  $\Phi 2 - \Phi 3$ : линия пересечения поверхностей второго порядка, описанных вокруг сферы, распадается на две плоские кривые второго порядка (в данном случае – эллипсы), которые проецируются в прямые линии (проекции эллипсов), проходящие через точки пересечения очерков – это линии  $4\ 4_0 (4''\ 4_0'')$  и  $5\ 5_0 (5''\ 5_0'')$ ; так как по условию задачи эта пара поверхностей имеет частичное (неполное) пересечение, для построения полных линий пересечения этой пары по теореме Г. Монжа потребовалось определить мнимые точки  $4_0$  и  $5_0$ , для чего необходимо продлить вверх очерковые образующие цилиндрической поверхности  $\Phi 2$  до их пересечения с верхней образующей цилиндрической поверхности  $\Phi 3$  (построение показано тонкими линиями на рис. 4.2,д).

6. Определяем, анализируя условие задачи и построенные линии пересечения каждой выделенной пары, те участки построенных линий пересечения пар (рис. 4.2, в), которые образуют общую линию пересечения трех заданных цилиндрических поверхностей:

от первой пары  $\Phi 1 - \Phi 2$ : кольцевая плоскость  $\alpha$ , разделяющая эти поверхности, состоит из двух кольцевых участков (один из них заштрихован на горизонтальной проекции); профильные проекции этих участков кольцевой плоскости совпадают и проецируются в прямую линию от точки  $E (E'')$  до точки  $E_1 (E_1'')$ ;

от второй пары  $\Phi 1 - \Phi 3$  общей линии пересечения принадлежат участки  $1\ E (1''\ E'')$  до профильной проекции плоскости  $\alpha$ ;

от третьей пары  $\Phi 2 - \Phi 3$  общей линии пересечения принадлежат участки прямых линий (проекций эллипсов)  $D\ 4 (D''\ 4'')$  и  $D_1\ 5 (D_1''\ 5'')$ .

Конечный результат построения профильной проекции предмета с выполненным профильным разрезом дан на рис. 4.2,в.

## Тема 5. РАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ. РЕЗЬБА И РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ (к заданию "Соединения резьбовые")

В современном машиностроении широко применяются разъемные соединения деталей машин посредством винтовой резьбы, т.е. резьбовые соединения, осуществляемые различными типами резьб и большим разнообразием деталей специального назначения. Чтобы унифицировать чертежи и обеспечить взаимозаменяемость резьбовых деталей, в настоящее время стандартизованы:

изображения на чертежах резьб и резьбовых соединений;

параметры и обозначение на чертежах десяти типов резьбы – метрических, дюймовых, ходовых и т.д.;

размеры крепежных изделий – болтов, винтов, гаек, шпилек и т.д.;

размеры других специальных изделий – пробок, муфт, штуцеров и т.д.

Следовательно, для выполнения изображения резьбы и обозначения различных видов резьб на чертежах деталей, а также изображения резьбовых соединений на сборочных чертежах нужно изучить соответствующие государственные стандарты, основное содержание которых изложено ниже.

### 1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЗЬБЫ

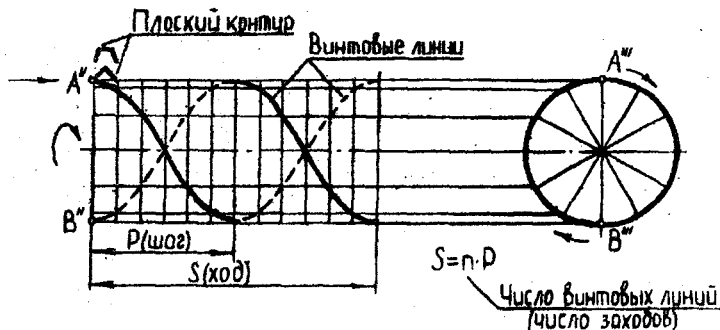


Рис. 5.1

Параметры резьбы связаны с понятием "винтовые линии", которое было рассмотрено в начертательной геометрии.

На рис. 5.1 изображен стержень с двумя винтовыми линиями, образованными точками А и В, которые совершают равномерное осевое и угловое перемещение по боковой поверхности кругового цилиндра.

Винтовая линия, как известно, характеризуется шагом  $P$  и направлением винтовой линии.

Если вместо точки взять произвольный плоский контур (треугольный, прямоугольный и т.д.) и придать ему винтовое движение, то на поверхности стержня образуется винтовая поверхность резьбы.

**Винтовая резьба** – это поверхность выступа, образованная при винтовом движении плоского контура по боковой поверхности прямого кругового цилиндра или конуса.

Резьба характеризуется шагом  $P$ , ходом  $S$ , направлением винтового выступа, числом заходов  $n$  и формой профиля (рис. 5.1).

**Шаг  $P$**  – это расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между ближайшими точками одноименных боковых сторон профиля резьбы, взятыми на среднем диаметре резьбы.

**Ход  $S$**  – это расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между любой исходной точкой на боковой стороне профиля резьбы, взятой на среднем диаметре резьбы, и точкой, полученной при перемещении той же исходной точки по винтовой линии за один оборот ( $360^\circ$ ). Из определения шага и хода вытекает формула для подсчета величины хода:  $S = n \cdot P$ , где  $n$  – число заходов резьбы.

**Направление винтового выступа** определяет правую и левую резьбу:

*правая резьба*: винтовой выступ, удаляясь от наблюдателя, вращается по часовой стрелке;

*левая резьба*: винтовой выступ, удаляясь от наблюдателя, вращается против часовой стрелки.

**Число заходов** (заход – это начало выступа резьбы; количество заходов можно определить, если смотреть в торец стержня, на котором нарезана резьба) определяет:

*однозаходную резьбу* ( $n = 1$ ), образованную одним выступом резьбы;

*многозаходную резьбу* ( $n = 2$  и более), образованную двумя и более выступами резьбы с равномерно расположенными заходами.

**Профиль резьбы** – это форма выступа и канавки резьбы в плоскости осевого сечения. По профилю различают треугольную, трапецидальную (и ее разновидность – упорную), круглую и прямоугольную резьбы.

## 2. ОБЩЕПОТРЕБИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ

**Наружная резьба** выполняется на цилиндрическом или коническом стержне.

**Внутренняя резьба** выполняется в цилиндрическом или коническом отверстии.

**Цилиндрическая резьба** выполняется на поверхности прямого кругового цилиндра.

**Коническая резьба** выполняется на поверхности прямого кругового конуса.

**Крепежные резьбы** применяются для соединения деталей (метрическая, трубная, конические и т.д.).

**Ходовые резьбы** служат для преобразования вращательного движения в поступательное (трапецидальная, упорная, прямоугольная).

**Стандартные резьбы** – все параметры резьбы определяет ГОСТ.

Нестандартные резьбы – параметры произвольные.

Специальные резьбы – с некоторыми стандартными параметрами.

### 3. ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗЬБЫ И РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

ГОСТ 2.311-68 устанавливает правила изображения резьбы и резьбовых соединений на чертежах. Все типы резьбы изображают на чертежах одинаково.

1. Цилиндрическая и коническая наружная резьба (рис. 5.2, а, б).

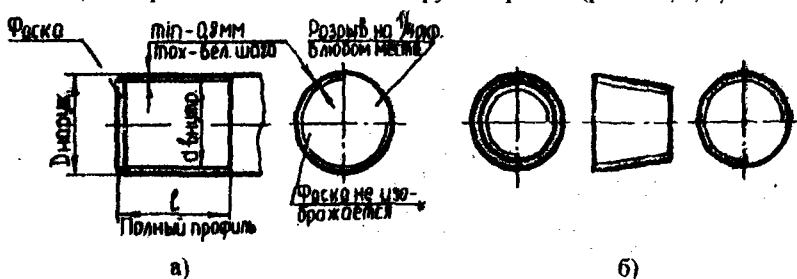


Рис. 5.2

2. Цилиндрическая и коническая внутренняя резьба (рис. 5.3, а, б).

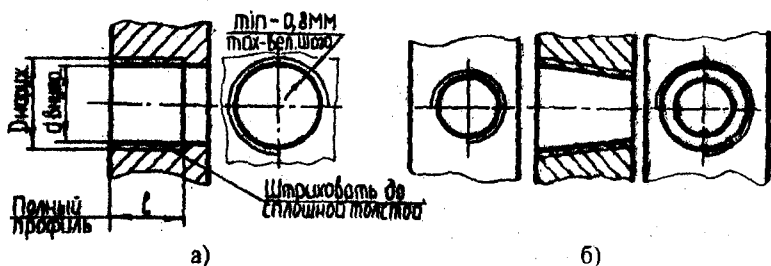


Рис. 5.3

3. Изображение резьбового соединения (рис. 5.4).

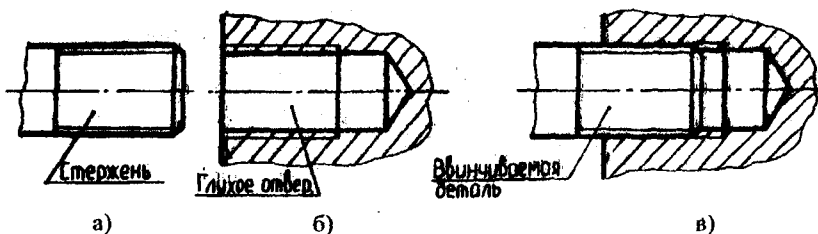


Рис. 5.4

**Примечание.** На изображениях резьбового соединения предпочтение отдается ввинчиваемой детали.

## 4. ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ

### Крепежные резьбы

#### 4.1. Метрическая резьба

Метрическая резьба имеет профиль равнобедренного треугольника с углом при вершине  $60^\circ$ . ГОСТ 8724-81 устанавливает обозначение, диаметры (от 0,25 до 600 мм) и шаги (от 0,075 до 6 мм) метрической резьбы.

В условное обозначение метрической резьбы входит (рис. 5.5, а, б):  
первая буква наименования резьбы *M* (латинская);  
наружный диаметр резьбы;  
размер шага (только мелкий шаг);  
буквы *LH* для левой резьбы.

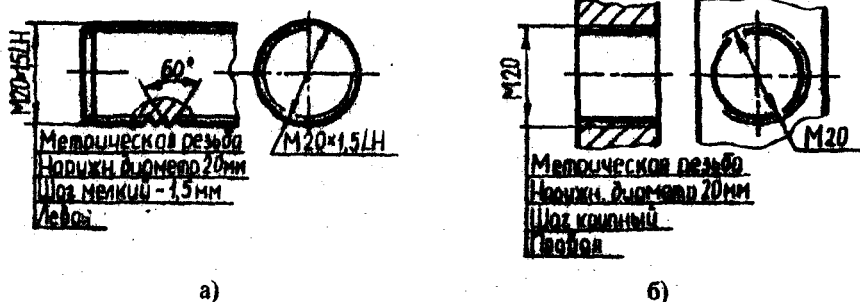


Рис. 5.5

#### 4.2. Резьба трубная цилиндрическая (дюймовая)

Трубная цилиндрическая резьба имеет треугольный профиль с углом при вершине  $55^\circ$ , ГОСТ 6357-81 устанавливает все параметры и обозначение резьбы от  $1/16''$  до  $6''$ . Напоминаем:  $1'' = 25,4$  мм.

В обозначение трубной цилиндрической резьбы входит (рис. 5.6, а, б):  
первая буква *G* наименования резьбы;

обозначение резьбы в дюймах (знак  $''$  не наносят); обозначенный размер в дюймах – это диаметр отверстия (условный проход) в трубе, на которой эта резьба может быть выполнена; обозначение резьбы наносят на полке линии-выноски со стрелкой, всегда направленной к сплошной толстой линии и на стержне, и в отверстии;

буквы *LH* для левой резьбы.



Для изображения резьбы на чертеже ее действительный наружный диаметр определяется по стандарту. Например, если требуется изобразить и обозначить трубную резьбу  $G\ 3/4$ , то ее наружный диаметр по стандарту будет равен 26,444 мм, а труба, на которой эта резьба может быть выполнена, будет иметь отверстие диаметром 20 мм ( $3/4 \times 25,4$  мм).

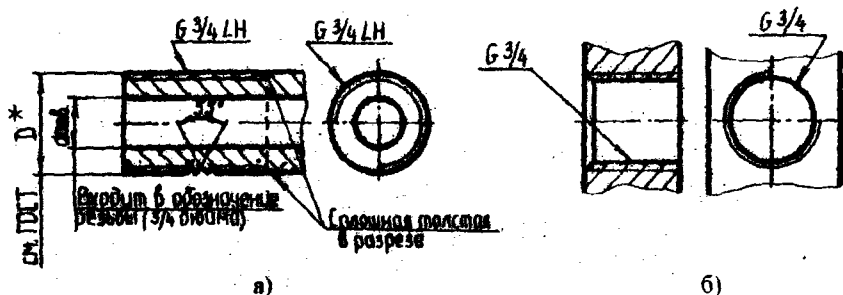


Рис. 5.6

Если резьба выполнена в отверстии, то размер, данный в обозначении резьбы, относится к отверстию в той условной трубе, которую можно ввинтить в это отверстие.

#### 4.3. Резьба трубная коническая (дюймовая)

Трубная коническая резьба имеет треугольный профиль с углом при вершине  $55^\circ$  и конусность 1:16. ГОСТ 6211-81 устанавливает параметры и обозначение резьбы от 1/16" до 6".

В обозначение трубной конической резьбы входит (рис. 5.7, а, б): первая буква  $R$  наименования резьбы (для резьбы в отверстиях –  $R_c$ ); обозначение резьбы в дюймах на полке линии-выноски со стрелкой, всегда направленной к сплошной толстой линии и на стержне, и в отверстии; буквы  $LH$  для левой резьбы.

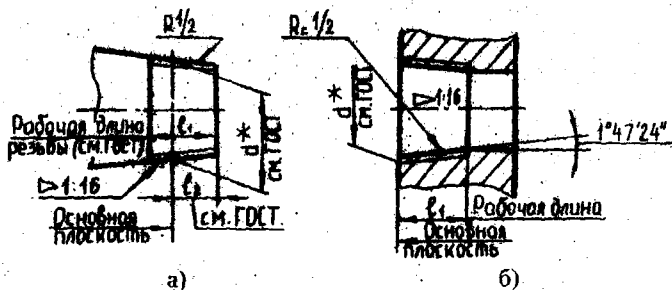


Рис. 5.7

Для изображения трубной конической резьбы на чертеже определяется по стандарту действительный наружный диаметр резьбы в **основной плоскости** резьбы (размер этого диаметра равен наружному диаметру трубной цилиндрической резьбы с таким же обозначением). Например, если требуется изобразить и обозначить коническую трубную резьбу  $R\ 3/4$ , то ее наружный диаметр в основной плоскости равен 20,955 мм.

На стержне расстояние  $l_2$  от торца стержня до основной плоскости резьбы определяется стандартом.

В отверстии с конической трубной резьбой основная плоскость совпадает с торцом детали.

#### 4.4. Коническая дюймовая резьба

Коническая дюймовая резьба имеет треугольный профиль с углом при вершине  $60^\circ$  и конусность 1:16. ГОСТ 6111-52 устанавливает параметры и обозначение резьбы от  $1/16''$  до  $2''$ . В обозначение конической дюймовой резьбы входит (рис. 5.8):

- первая буква **К** (русская) наименования резьбы;
- обозначение резьбы в дюймах (со знаком  $''$ );
- номер стандарта – ГОСТ 6111-52.

Действительный наружный диаметр конической дюймовой резьбы также относится к основной плоскости резьбы и определяется по стандарту. Расстояние  $l_2$  до основной плоскости на стержне дано в стандарте, а в отверстии основная плоскость совпадает с его торцом.

**Примечание:** все дюймовые резьбы характеризуются числом витков винтового выступа на длине в один дюйм (числом витков). Например, у резьбы с обозначением  $1/2''$  выполняется 14 витков на  $1''$  (размер шага будет равен:  $1'' : 14 = 1,814$  мм).

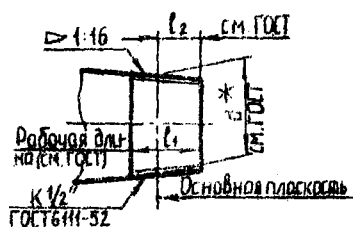


Рис. 5.8

#### Ходовые резьбы

#### 4.5. Трапецидальная резьба

Трапецидальная резьба имеет профиль равнобокой трапеции с углом при вершине  $30^\circ$ . ГОСТ 24738-81 устанавливает параметры и обозначение однозаходной трапецидальной резьбы, а ГОСТ 24739-81 – все параметры и обозначение многозаходной трапецидальной резьбы.

В обозначение трапецидальной резьбы входит (рис. 5.9, а, б):

**а)** для однозаходной резьбы:

**Tr** (первые две буквы наименования резьбы);

**б)** для многозаходной резьбы:

**Tr** (первые две буквы наименования резьбы);

наружный диаметр резьбы;  
 размер шага;  
 буквы *LH* для левой резьбы;

наружный диаметр;  
 размер хода ( $S = n \times P$ );  
 размер шага с латинской буквой *P* в  
 круглых скобках;  
 буквы *LH* для левой резьбы

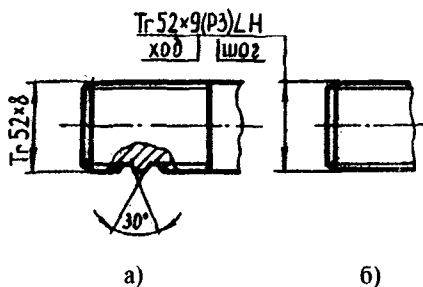


Рис. 5.9

#### 4.6. Упорная резьба

Упорная резьба является разновидностью трапецидальной резьбы и имеет профиль неравнобокой трапеции. ГОСТ 10177-82 устанавливает параметры и обозначение упорной резьбы.

В обозначение упорной резьбы входит (рис. 5.10, а, б):

*а)* для однозаходной резьбы:

*S* (первая буква наименования резьбы);  
 наружный диаметр;  
 размер шага;  
 буквы *LH* для левой резьбы;

*б)* для многозаходной резьбы:

*S* (первая буква наименования резьбы);  
 наружный диаметр;  
 размер хода;  
 размер шага с буквой *P* в скобках;  
 буквы *LH* для левой резьбы.

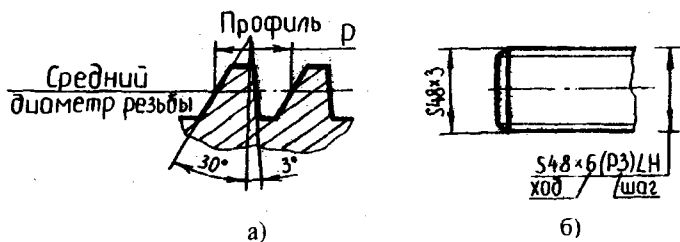


Рис. 5.10

#### 4.7. Прямоугольная резьба (нестандартная)

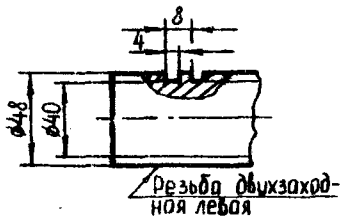


Рис. 5 11

Прямоугольная резьба имеет прямоугольный или квадратный профиль. Параметры резьбы соответствуют прочности и долговечности изделия. Все размеры для выполнения резьбы наносят на чертеж, как показано на рис. 5.11. Для левой или многозаходной резьбы на полке линии-выноски выполняют соответствующую надпись.

### 5. СОЕДИНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ КРЕПЕЖНЫМИ ИЗДЕЛИЯМИ

В машиностроении для соединения деталей чаще всего используют специальные изделия типа болтов, винтов, гаек, шайб, шпилек и т.д., все параметры которых стандартизованы и которые получили общее название **крепежных изделий**.

Изображения соединений деталей различными крепежными изделиями выполняются по определенным правилам. Вычерчивание крепежных изделий в соединениях на учебном задании выполняется по действительным размерам, т.е. все необходимые размеры крепежных изделий нужно брать из соответствующих стандартов.

**Примечание.** Для нижеприведенного материала по соединениям деталей крепежными изделиями в скобках указываются страницы из учебника "Справочник по машиностроительному черчению" авторов В.А.Федоренко и А.И.Шошина за 1984 г.

#### 5.1. Изображение соединения деталей болтом

ГОСТ 7798-70 устанавливает размеры и обозначение болтов с шестигранной головкой [8, с. 297]. Характерная особенность соединения деталей болтом в том, что в крышке и корпусе выполняются отверстия без резьбы (так называемые свободные отверстия), размеры которых также стандартизованы (на чертежах диаметры свободных отверстий можно выполнять по относительному размеру, равному  $1,1d$ , где  $d$  – диаметр стержня крепежного изделия). Болт вставляется в отверстия крышки и корпуса, а на его свободный конец накладывается шайба и навинчивается гайка (рис. 5.12).

На шестигранной головке болта и шестигранной гайке выполнены фаски под углом  $30^\circ$  к их торцам. Следовательно, на главном виде изображения нужно построить фронтальные проекции гипербол – линий пересечения конической поверхности фаски плоскостями (гранями гайки), которыми образованы шестигранники под гаечный ключ (построение показано на рис. 5.12).

Принято на главном виде чертежа изображать три грани шестигранных элементов крепежных изделий.

Длина стержня болта (без головки) определяется как сумма размеров:  $S$  крышки +  $S$  корпуса +  $S$  шайбы +  $H$  гайки + 5 мм. Полученный суммарный размер уточняется по справочной таблице, в которой даны стандартные длины болтов и соответствующая длина резьбы  $l_1$  на стержне болта [8, с. 298].

Примеры упрощенного (без класса прочности, покрытия, поля допуска и т.д.) обозначения крепежных изделий, входящих в болтовое соединение:

а. Болт М16 длиной 95 мм:

Болт М16 × 95 ГОСТ 7798-70.

б. Шестигранная гайка М16 второго исполнения – с одной фаской [8, с. 340]:

Гайка 2 М16 ГОСТ 5915-70.

в. Шайба для резьбовых стержней диаметром 16 мм [8, с. 357]:

Шайба 16 ГОСТ 11371-78.

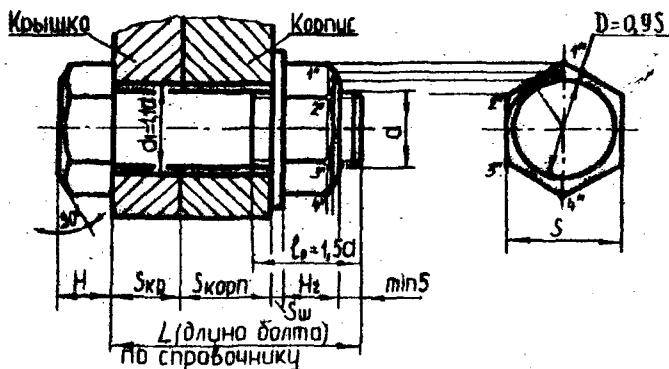


Рис. 5.12

**Примечание.** В осевых разрезах крепежные изделия принято изображать нерассеченными и не заштриховывать.

## 5.2. Изображение соединения деталей шпилькой

**Шпилька** – это цилиндрический стержень, на двух концах которого выполнена резьба [8, с. 328]. Длина винчиваемого конца  $l_1$  зависит от материала детали (корпуса), в которую винчивается шпилька, и определяет стандарт шпильки. Например, если материал корпуса – сталь, то  $l_1 = d$  шпильки, а стандарт такой шпильки – ГОСТ 22032-76 [8, с. 339].

**Примечание.** Длина винчиваемого конца  $l_1$  не входит в обозначаемую длину шпильки  $l$ .

Длину шпильки  $L$  в соединении определяет сумма размеров:  $S$  крышки +  $S$  шайбы +  $H$  гайки + 5 мм. Полученный суммарный размер уточняется по справочной таблице [8, с. 332], в которой даны стандартные длины шпилек и длина  $l_0$  второго (гаечного) резьбового конца шпильки.

Если шпилька ввинчивается в глухое отверстие, то в нем выполняют запас резьбы на глубину, равную примерно  $(1/4 - 1/2) d$  шпильки, и запас сверленного отверстия на такую же глубину.

Соединение деталей шпилькой выполняется так: шпилька ввинчивается в корпус на всю длину  $l_0$ , на ее свободный конец накладывается крышка со свободными отверстиями без резьбы, затем накладывается шайба и навинчивается гайка. Поэтому характерной особенностью изображения соединения деталей шпилькой на чертеже является линия разреза корпуса и крышки, совпадающая с линией конца резьбы на ввинчиваемом конце шпильки  $l_1$  (рис. 5.13).

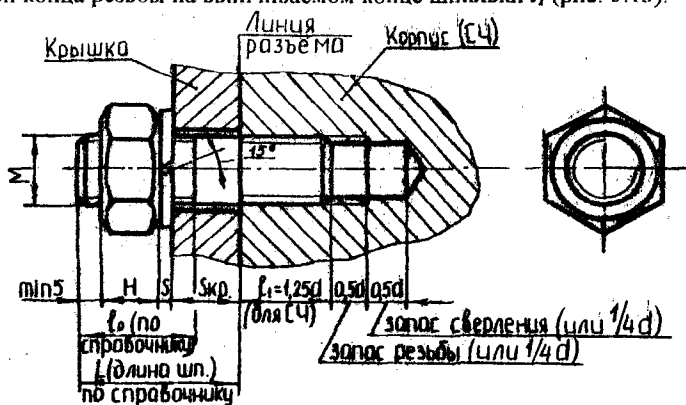


Рис. 5.13

Пример упрощенного обозначения входящих в соединение крепежных изделий

а. Шпилька М16 длиной 80 мм, ввинчиваемая в серый чугун:

Шпилька М16 × 80 ГОСТ 22034-76 [8, с. 330].

б. Шайба пружинная (шайба Гровера [8, с. 358]):

Шайба 16 65Г ГОСТ 6402-70 (65Г – обозначение материала шайбы).

в. Шестигранная гайка М16 первого исполнения (с двумя фасками):

Гайка М16 ГОСТ 5915-70 (номер первого исполнения в обозначение не входит).

### 5.3. Изображение соединения деталей винтами

Существует много типов винтов, отличающихся формой головки, конструктивными элементами для ввинчивания – шлицами под простую или кресто-

вую отвертку. Каждый тип винта имеет стандарт, устанавливающий размеры головки, а также размеры и форму элемента для ввинчивания, диаметры и длины винтов, а также длину резьбовых концов и обозначение винта [8, с. 310-325].

В соединении винтами длина резьбового стержня, ввинчиваемого в корпус, и глубина глухого отверстия с резьбой рассчитываются так же, как и для шпильки.

На видах сверху или слева шлиц под отвертку изображают с наклоном вправо под углом  $45^\circ$  к горизонтальной линии рамки.

Характерной особенностью изображения на чертежах соединений винтами является линия, которая обозначает конец резьбы на стержне винта: эта линия должна располагаться в пределах толщины крышки (если резьба не выполнена на всю длину стержня винта), так как крышка прижимается к корпусу именно головкой винта.

Соединение винтами выполняется следующим образом: на деталь с резьбовыми отверстиями (корпус) накладывается крышка со свободными отверстиями (без резьбы), а затем в резьбовые отверстия ввинчиваются винты и головками прижимают крышку к корпусу.

### 5.3.1. Изображение соединения деталей винтом с цилиндрической головкой (ГОСТ 1491-80)

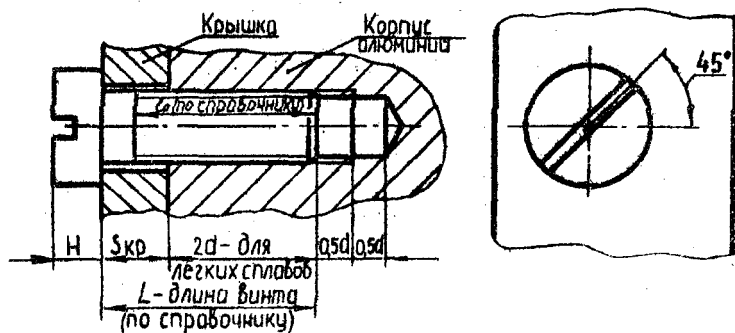


Рис. 5.14

Упрощенное обозначение винта М12 длиной 45 мм:  
Винт М12 × 45 ГОСТ 1491-80.

### 5.3.2. Изображение соединений винтами с полукруглой (ГОСТ 17473-80), потайной (ГОСТ 17475-80) и полупотайной (ГОСТ 17474-80) головками

Соединения винтами с полукруглой, потайной и полупотайной головками даны на рис. 5.15. Поскольку изображение ввинченного в корпус резьбового конца для всех винтов одинаково, на рисунках показаны правила изображения головок и стержней винтов в крышке (рис. 5.15, а, б, в).

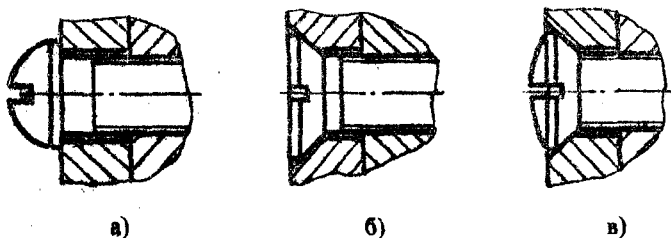


Рис. 5.15

Упрощенное обозначение этих винтов (например, М16 длиной 40 мм):

**а.** Винт с полукруглой головкой:

*Винт М16 × 40 ГОСТ 17473-80.*

**б.** Винт с потайной головкой (высота головки входит в длину этого винта):

*Винт М16 × 40 ГОСТ 17475-80.*

**в.** Винт с полупотайной головкой (в длину винта входит коническая часть головки):

*Винт М16 × 40 ГОСТ 17474-80.*

## 6. УПРОЩЕНИЯ ПРИ ИЗОБРАЖЕНИИ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ КРЕПЕЖНЫМИ ИЗДЕЛИЯМИ

На сборочных чертежах допускается изображать соединения крепежными изделиями упрощенно в соответствии с ГОСТ 2.315-68 [8, с. 211]. На рис. 5.16 даны примеры упрощенного изображения соединений шпилькой и винтом с потайной головкой.

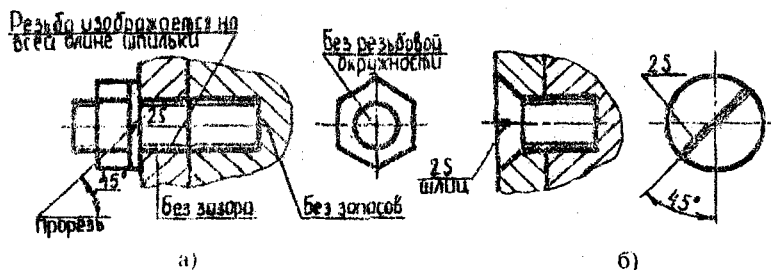


Рис. 5.16



## Тема 6. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ И СПЕЦИФИКАЦИЯ (к заданию "Соединения резьбовые")

### 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Производство любого механизма – автомобиля, трактора, станка и т.п. – сложный творческий и технологический процесс. Первоначально разрабатывается техническая идея конструкции механизма и, пройдя несколько стадий разработки технической документации (техническое предложение, эскизный проект и технический проект), воплощается в чертежах и других конструкторских документах, виды которых установлены ГОСТ 2.102-68.

К конструкторским документам стандарт относит графические и текстовые документы, которые определяют состав и устройство изделия (механизма) и содержат необходимые данные для его изготовления, контроля и эксплуатации (чертежи общих видов, сборочные чертежи, спецификации, схемы и т.д.).

Для удобства разработки конструкторской документации сложные механизмы условно разделяют на отдельные функциональные части (сборочные единицы или "узлы"), на которые выполняются **сборочные чертежи**. Затем на производстве по сборочным чертежам осуществляют сборку узлов (сборочных единиц) по деталям, изготовленным по **чертежам деталей**. Количество сборочных чертежей и, соответственно, сборочных единиц на одно изделие должно быть минимальным, но достаточным для рациональной организации производства, т.е. сборки и контроля готового изделия.

Основным конструкторским документом для сборочной единицы является **сборочный чертеж**.

### 2. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ

Основные требования к выполнению и содержанию сборочных и других чертежей определены ГОСТ 2.109-73 "Основные требования к чертежам". В стандарте дан очень обширный материал к выполнению сборочных чертежей, из которого мы рассмотрим только некоторые пункты, необходимые для оформления сборочного чертежа по заданию "Соединения резьбовые".

**Сборочный чертеж** – это рабочий документ, содержащий изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи ее составных частей (деталей), соединяемых по данному чертежу и обеспечивающих возможность сборки и контроля этой сборочной единицы.

При выполнении изображений на сборочном чертеже приняты некоторые условности и упрощения:

смежные детали, не имеющие зазора, отделяются на видах и разрезах **одной линией видимого контура (сплошной толстой основной)**.

на разрезах смежные детали штрихуются с противоположным наклоном линий штриховки, а при невозможности соблюсти разный наклон – со смеше-

нием линий штриховки или с изменением расстояния между ними (от 1 до 10 мм); на различных изображениях в разрезе наклон и частота линий штриховки одной и той же детали должны **сохраняться**;

стандартные крепежные детали (болты, винты, гайки, шайбы, шпильки и т.д.) в осевых разрезах изображаются нерассеченными и не штрихуются.

Кроме изображений сборочной единицы, сборочный чертеж должен **содержать**:

номера позиций составных частей, входящих в сборочную единицу;

габаритные размеры сборочной единицы (даются как справочные со знаком \* (ГОСТ 2.307-68, пункт 1.5е) и соответствующей надписью над основной надписью чертежа) (рис. 6.1);

размеры элементов, выполняемых в процессе или после сборки узла (в задании – глухое отверстие с метрической резьбой).

## 2.1. Нанесение позиций

На сборочном чертеже все составные части сборочной единицы – детали и стандартные изделия – нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации этой сборочной единицы, и наносят на чертеж по определенным правилам:

номера позиций указывают арабскими цифрами на полках линии-выносок, проводимых от изображений составных частей на видах или разрезах; линии-выноски и полки к ним (длина 10 мм) проводят тонкими сплошными линиями; линия-выноска на изображении составной части должна начинаться отчетливой точкой внутри ее контура;

размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два номера больше, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на этом же чертеже (№ 7 для формата А3);

номер позиции одной и той же детали наносят, как правило, только один раз; если номер позиции повторяется, то полку линии-выноски под этой позицией следует подчеркнуть тонкой линией;

полки для номеров позиций располагают вне контура изображения горизонтально или вертикально (в колонку) примерно с равными расстояниями между полками по горизонтали и вертикали;

линии-выноски не должны **пересекаться** между собой и пересекать размерные линии чертежа;

допускается делать общую линию-выноску для группы крепежных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления; полки позиций при этом располагают только вертикально и их концы соединяют тонкой вертикальной линией (справа или слева), а линию-выноску проводят при этом к верхней полке группы позиций со стороны соединяющей их линии.

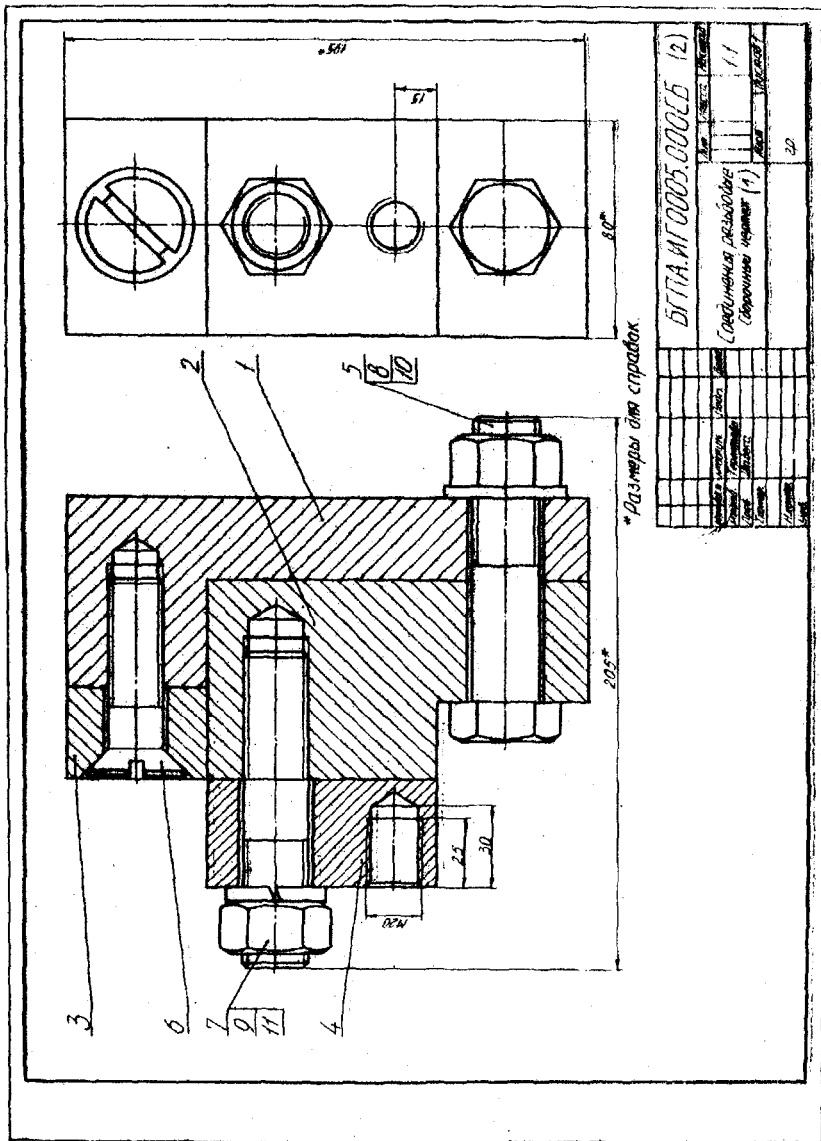


Рис. 6.1

## 2.2. Заполнение основной надписи

Для сборочных чертежей применяется та же основная надпись по форме 1 с размерами сторон 185 x 55 мм, установленная ГОСТ 2.104-68 "Основные надписи", которая выполнялась на чертежах деталей в проекционном черчении.

**Примечание.** Основная надпись располагается в правом нижнем углу чертежа, а для формата А4 – вдоль его короткой стороны. Основная надпись оформляется стандартными линиями по ГОСТ 2.303-68.

Заполнение основной надписи для сборочного чертежа аналогично заполнению основной надписи для чертежей деталей, кроме граф 1 и 2 (рис. 6.1):

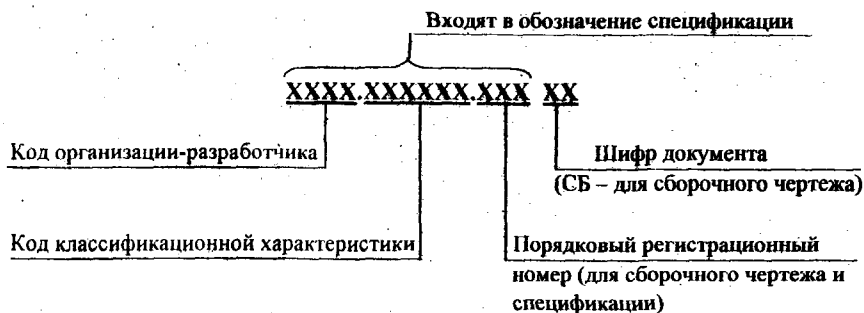
в графу 1 вписывается наименование изделия в именительном падеже единственного числа и наименование документа (сборочный чертеж), если ему присвоен шифр (например, сборочным чертежам по ГОСТ 2.102-68 присвоен шифр СБ); в наименовании, состоящем из нескольких слов, впереди помещают имя существительное; слова наименования нельзя выполнять с переносом части слова на другую строку;

пример выполнения наименования сборочного чертежа в графе 1:

Соединения резьбовые  
Сборочный чертеж

в графу 2 вписывают обозначение сборочного чертежа.

Единую обезличенную классификационную систему обозначения изделий и конструкторских документов определяет ГОСТ 2.201-68. В соответствии с этим стандартом установлена следующая структура обозначения:



На производстве обозначение изделий в соответствии с предложенной структурой выполняется по классификаторам ЕСКД специалистами с определенным опытом конструкторской работы. Поэтому для выполняемого учебного задания, соблюдая при этом общую стандартную структуру обозначения и количество знаков в ней, вводят упрощенную учебную классификацию.

## Учебная классификация обозначения изделий

Код организации-разработчика	<b>БГПА</b>
Код классификационной характеристики	<b>ИГ0000</b> (ИГ – инженерная графика, а последний нуль или два нуля заменяются порядковым номером студента в списке группы)
Порядковый регистрационный номер для сборочного чертежа	<b>000</b>
Шифр документа (ГОСТ 2.102-68)	<b>СБ</b> (сборочный чертеж)

Например, в обозначении сборочного чертежа БГПА.ИГ0005.000 СБ – студент пятый в списке группы.

**Примечание.** Единая обезличенная классификационная система обозначения изделий и конструкторских документов в полном объеме будет изучаться в специальном предметном курсе.

### 3. СПЕЦИФИКАЦИЯ

Спецификация является основным конструкторским документом для сборочного чертежа сборочной единицы и полностью определяет ее состав. В спецификацию вносят составные части (детали и стандартные изделия), входящие в специфицируемую сборочную единицу, а также конструкторские документы (сборочный чертеж, рабочие чертежи деталей и т.д.), относящиеся к этому узлу.

Спецификацию в соответствии с ГОСТ 2.108-68 "Спецификация" составляют на отдельных листах по форме 1 (первый лист) и форме 1а (последующие листы). На первом листе выполняется основная надпись по форме 2 в соответствии с ГОСТ 2.104-68.

Форма спецификации разделена на графы, из которых для учебного задания заполняются следующие:

графа "Поз.", в которой указывают номера позиций деталей и стандартных изделий;

графа "Обозначение", в которой указывают обозначение сборочного чертежа и обозначение деталей; для стандартных деталей эта графа не заполняется;

графа "Наименование", в которой указывают: наименование "Сборочный чертеж" напротив его обозначения, наименования деталей напротив их обозначений и номеров позиций, наименования и обозначения стандартных изделий в соответствии со стандартами на эти изделия напротив номеров их позиций;

графа "Кол.", в которой указывают количество деталей и стандартных изделий напротив их обозначений.

Спецификация в общем случае содержит несколько разделов, из которых в учебном задании используются нижеследующие, располагаемые в определен-

ной последовательности. Наименование каждого раздела указывают в графе "Наименование" и подчеркивают тонкой сплошной линией.

В раздел "Документация" вносят наименование документа (сборочной единицы) и его обозначение (БГПА.ИГ0005.000 СБ – сборочный чертеж).

В раздел "Детали" вносят все детали, кроме стандартных, входящие в специфицируемую сборочную единицу, обозначения и номера позиции, присвоенные каждой детали: 1, 2, 3, 4 и т.д. Обозначения деталей для выполняемого учебного задания также упрощены: десять первых знаков соответствуют обозначению спецификации сборочной единицы, а порядковый регистрационный номер присваивается детали по номеру ее позиции, т.е. деталь с позицией 2 будет иметь обозначение БГПА.ИГ0005 002 (рис. 6.2).

В раздел "Стандартные изделия" вносят входящие в сборочную единицу изделия, выполняемые и обозначаемые по соответствующим стандартам, и номера их позиций (порядок нумерации продолжается без пропусков после нумерации деталей). Стандартные изделия записывают по функциональным группам, начиная с крепежных изделий. В пределах группы крепежных изделий запись производится в следующем порядке:

в алфавитном порядке наименования изделий: болт, гайка, винт и т.д.;

в пределах каждого наименования – в порядке возрастания обозначения стандарта;

в пределах одного и того же стандарта – в порядке возрастания основных параметров изделия (диаметров или длины – для болтов, винтов и шпилек).

### **3.1. Заполнение основной надписи первого листа спецификации**

Основная надпись по форме 2 для первого листа спецификации имеет размеры 185 x 40 мм и заполняется, как основная надпись для сборочного чертежа, кроме граф 1 и 2 (рис. 6.2):

в графе 1 указывают только наименование сборочного чертежа, например – Соединения резьбовые;

в графе 2 указывают обозначение спецификации – БГПА.ИГ0005.000.

**Примечание.** С формой 1а последующих листов спецификации и основной надписью для последующих листов по форме 2а, а также с другими разделами спецификации студенты познакомятся при выполнении более сложных сборочных чертежей в разделе "Машиностроительное черчение" инженерной графики и при выполнении курсовых и дипломных проектов.

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
А3			БГПА.ИГ0005.000СВ	Сборочный чертёж		
				Автомат		
А4	1		БГПА.ИГ 0005.001	Корпус	1	
А4	2		БГПА.ИГ 0005.002	Крышка	1	
А4	3		БГПА.ИГ 0005.003	Накладка	1	
А4	4		БГПА.ИГ 0005.004	Пластина	1	
				Стандартные изделия		
		5		Болт М24 - 105 ГОСТ 7798-70	1	
		6		Винт М20 - 70 ГОСТ 17475-80	1	
				Гайки ГОСТ 5915-70		
		7		М24	1	
		8		2М24	1	
		9		Шайба 24. 65Г ГОСТ 6402-70	1	
		10		Шайба 24 ГОСТ 11371-78	1	
		11		Шпилька М24 - 70 ГОСТ 22038-76	1	
БГПА.ИГ0005.000 (2)						
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата	Лист Листов	
Разраб	Проектиров	Шайба				
Проед					1	
Исполн.					2Р	
Вид					(1)	

Рис 62

**Тема 7. ПЕРЕДАЧИ ЗУБЧАТЫЕ, УСЛОВНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ  
И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПРЯМОЗУБЫХ  
КОЛЕС. ШПОНОЧНЫЕ И ШЛИЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ  
(к заданию "Передача зубчатая")**

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Зубчатые передачи широко применяются в различных механизмах (редукторах, коробках скоростей и подач и т.д.) для передачи вращательного движения от любого типа двигателя к рабочему органу механизма, например колесам автомобиля, шпинделю токарного и сверлильного станков, шлифовальному кругу и т.д.

Зубчатые передачи осуществляются с помощью пары деталей, имеющих так называемый зубчатый венец, содержащий зубья. Зубья каждой пары таких деталей (зубчатых колес) при вращении входят в зацепление, передают вращательное движение от одного колеса другому и обеспечивают таким образом вращение выходного вала механизма, несущего рабочий орган. Имея определенный рассчитанный набор зубчатых колес с различным количеством зубьев, можно получить на выходном валу требуемые числа оборотов, т.е. одну или несколько скоростей. Например, в сложных механизмах типа "коробка скоростей" получают: в автомобилях разных марок – до 8 скоростей, в различных моделях станков – до 32 скоростей.

В настоящее время изготавливаются и широко применяются в производстве механизмов и машин зубчатые передачи различного функционального назначения с различными видами зубчатых венцов на взаимодействующих деталях. Наиболее просты в изготовлении и чаще всего используются в машиностроении цилиндрические, конические, червячные и реечные передачи.

Цилиндрические передачи осуществляют передачу вращения между параллельными валами. Зубчатые венцы выполняются на цилиндрической поверхности, а зубья могут быть прямыми, косыми или шевронными.

Конические передачи осуществляют передачу вращения между пересекающимися валами, при этом чаще всего валы располагаются под прямым углом, реже – под острым. Зубчатые венцы выполняются на конической поверхности, а зубья могут быть прямыми или спиральными.

Червячные передачи осуществляют передачу вращения между скрещивающимися под прямым углом валами. Червячная пара состоит из червяка – детали типа вала с винтовой зубчатой поверхностью (есть два типа червяков – цилиндрические и глобоидные) и червячного колеса с зубчатым венцом соответствующей типу червяка формы.

Реечные передачи осуществляются посредством находящихся в зацеплении зубчатого колеса и плоской рейки с зубьями (пара "колесо-рейка"). Вращательное движение зубчатого колеса преобразуется в поступательное движение рабочего органа механизма, с которым конструктивно соединена зубчатая рейка.



**Примечание.** Более глубокие знания о зубчатых передачах (типах, изготовлении, расчете и т.д.) студенты получают при изучении специальных дисциплин – "Детали машин", "Теория механизмов и машин" и т.д.

## 2. ПОНЯТИЕ ОБ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРАХ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

Наиболее широко в различных механизмах используются цилиндрические передачи, зубчатые колеса которых имеют венцы с прямыми зубьями эвольвентного профиля, прочными и сравнительно простыми в изготовлении (рис. 7.1).

Основными параметрами зубчатых колес передачи являются:

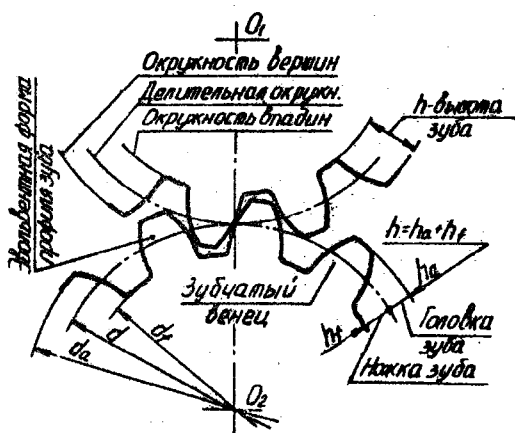


Рис. 7.1

$d$  – делительные окружности – это соприкасающиеся окружности пары колес, находящиеся в зацеплении, служащие основой для определения некоторых параметров зубчатых колес;

$d_a$  – окружность вершин зубчатого колеса (наружный диаметр заготовки колеса);

$d_f$  – окружность впадин (получается в процессе изготовления зубчатого венца соответствующим инструментом).

Делительная окружность делит зубья по высоте на две части – головку и ножку зуба:

головка зуба  $h_a$  (часть зуба между делительной окружностью и окружностью вершин зубчатого колеса);

ножка зуба  $h_f$  (часть зуба между делительной окружностью и окружностью впадин зубчатого колеса);

межосевое расстояние зубчатой передачи  $a_w$  – расстояние между центрами зубчатых колес.

## 3. РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕС ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

Основными расчетными параметрами зубчатого колеса являются делительный окружной модуль  $m$  и число зубьев  $z$ .

Модуль определяет величину зуба зубчатого колеса и является стандартизированной величиной для всех типов зубчатых передач. Величину модулей можно выбирать из рядов, принятых ГОСТ 9563-60:

1-й ряд: ... 2, 2,5; 3; 4; 5; 6. ... 100 (предпочтительный);

2-й ряд: ... 2,75; 3,5; 4,5; ... 90.

Для пары зубчатых колес, находящихся в зацеплении, модуль одинаков.

Число зубьев каждой пары зубчатых колес определяется расчетными характеристиками механизма; отношение большего числа зубьев к меньшему числу зубьев сопряженной пары зубчатых колес ( $i = z_2/z_1$ ) называется **передаточным отношением** зубчатой передачи.

Изменение числа зубьев зубчатого колеса (так называется колесо с большим количеством зубьев) и шестерни (колесо с меньшим количеством зубьев) изменяет передаточное отношение пары колес и, следовательно, количество оборотов на валах, с которыми колеса соединены. Это свойство зубчатых передач применяется в многоступенчатых конструкциях различных механизмов для получения расчетных чисел оборотов рабочего органа или выходного вала.

Приведем формулы геометрического расчета зубчатого цилиндрического колеса с заданным числом зубьев  $z$  и модулем  $m$ :

делительная окружность (делительный диаметр):

$$d = m \cdot z; \quad (7.1)$$

диаметр окружности вершин

$$d_a = d + 2h_a = d + 2m = m(z + 2), \quad (7.2)$$

где  $h_a = m$  — высота головки зуба;

диаметр окружности впадин

$$d_f = d - 2h_f = d - 2,5m = m(z - 2,5), \quad (7.3)$$

где  $h_f = 1,25 m$  — высота ножки зуба;

межосевое расстояние

$$a_w = 0,5(d_1 + d_2) = 0,5m(z_1 + z_2). \quad (7.4)$$

Для зубчатой пары с заданным модулем  $m$  и заданными числами зубьев  $z_1$  и  $z_2$  рассчитывают по приведенным формулам (7.1), (7.2), (7.3) параметры каждого зубчатого колеса, а по формуле (7.4) — межосевое расстояние.

Ширина зубчатых венцов пары колес (без расчета на прочность) задается в рекомендуемых пределах:  $B = (6 \dots 8) m$ .

#### 4. ИЗОБРАЖЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПРЯМОЗУБЫХ КОЛЕС НА ЧЕРТЕЖАХ (ГОСТ 2.402-68)

В учебном задании "Передача зубчатая" требуется выполнить изображение пары прямозубых зубчатых колес, находящихся в зацеплении, по модулю  $m$  и числам зубьев  $z_1$  и  $z_2$  (рис. 7.2).

На чертежах зубчатых колес зубчатые венцы изображаются условно. Вместо вычерчивания зубьев сложного эвольвентного профиля проводят три окружности для каждого колеса (рис. 7.2, вид слева):

делительные окружности  $d_1$ ,  $d_2$  выполняют штрихпунктирной линией; при точном геометрическом расчете они должны касаться в точке на линии, соединяющей центры колес;

окружности вершин  $d_{a1}$  и  $d_{a2}$  выполняют сплошной толстой основной линией;

окружности впадин  $d_f1$  и  $d_f2$  выполняют сплошными тонкими линиями.

При изображении зубчатых колес в разрезе (рис. 7.2, главный вид) принято считать, что секущая плоскость пересекает зубья колеса (а не впадины), и не штриховать их (как ребра жесткости). Поэтому образующая окружности впадин, отделяющая зуб от тела колеса, выполняется сплошной толстой линией. Образующая делительной окружности выполняется штрихпунктирной линией и делит зуб на головку и ножку.

При изображении зубьев двух колес в зацеплении принято отдавать предпочтение зубу ведущего колеса, поэтому образующая окружности выступов ведомого колеса (в учебном задании это нижнее колесо) выполняется штриховой линией, т.е. зуб ведомого колеса находится как бы за зубом ведущего колеса. Так как делительные окружности в зацеплении совпадают, то в разрезе совпадают образующие делительных окружностей, и в месте совпадения выполняется одна штрихпунктирная линия.

#### 5. СОЕДИНЕНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС С ВАЛАМИ

В механизмах зубчатые колеса устанавливаются на валах с помощью различных соединений, чтобы передавать валам вращательное движение (крутящий момент). Наиболее широко применяются соединения различными шпонками (призматическими, сегментными и клиновыми) и зубчатыми (шлицевыми) соединениями прямобочного, треугольного и эвольвентного профилей. Применение того или иного вида соединения определяется его прочностью (шпоночные и шлицевые соединения рассчитываются на срез) при передаче расчетного крутящего момента.

Для соединения колеса с валом шпоночным соединением на валу и в отверстии колеса выполняются специальные шпоночные пазы. Размеры шпоночных пазов на валу и в отверстии колеса для каждого типа шпонок и размеры самих шпонок стандартизованы.

Соединения шлицами применяются для передачи больших крутящих моментов и для обеспечения осевого перемещения зубчатого колеса по валу, чтобы вводить колесо в зацепление попеременно с несколькими ведомыми колесами. В этих соединениях на валу и в отверстии колеса выполняются выступы и впадины соответствующего профиля. Все виды шлицевых соединений и их параметры (диаметры, количество шлицев и т.д.) стандартизованы.

В зубчатых колесах учебного задания выполняются только отверстия для шпоночного и шлицевого соединений (валы не изображаются).

В ведущей шестерне выполняется отверстие со шпоночным пазом под призматическую шпонку. Параметры пазов даны в ГОСТ 23360-78 "Шпонки призматические". По заданному диаметру отверстия  $d$ , нужно выбрать ширину шпоночного паза  $b$  и глубину паза  $f$ . Правила изображения отверстия со шпоночным пазом на главном виде и виде слева показаны на рис. 7.2.

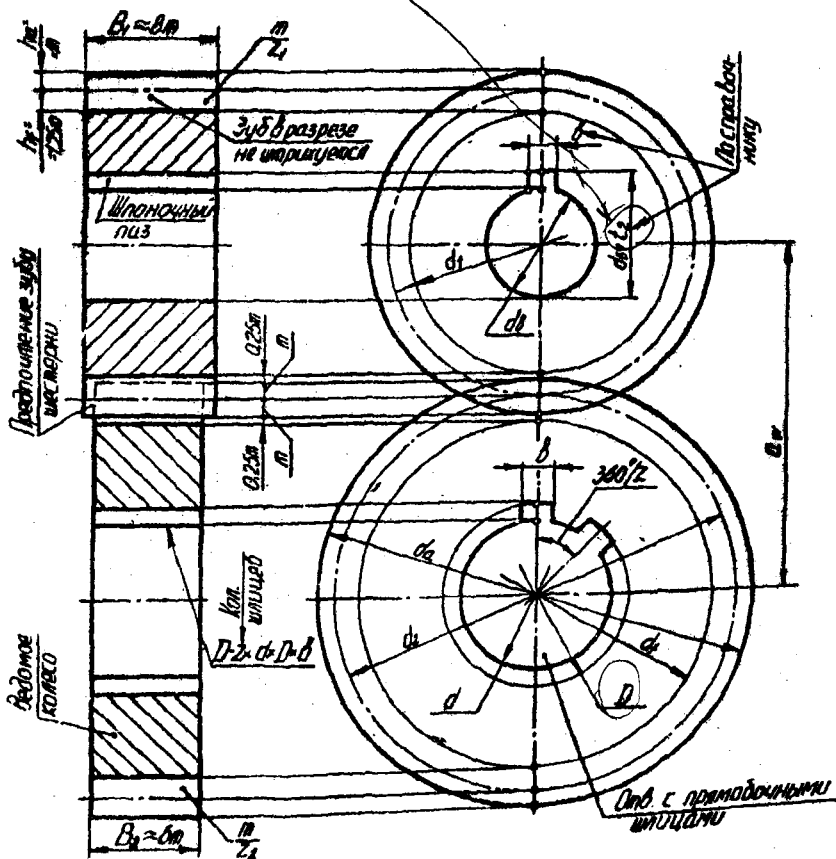


Рис. 7.2

В ведомом колесе выполняется отверстие с прямобочными шлицами по заданным параметрам ГОСТ 1139-80:  $z \times d \times D \times b$ , где  $z$  – число шлицев,  $d$  – диаметр выступов (диаметр отверстия),  $D$  – диаметр впадин и  $b$  – ширина впадины. В соответствии с ГОСТ 2.409-68 шлицы в отверстии изображаются условно:

на виде, перпендикулярном оси отверстия (рис. 7.2, вид слева), показывают две впадины, окружность выступов  $d$  выполняют сплошной толстой линией, а окружность впадин  $D$  – сплошной тонкой;

на изображениях шлицев в осевом разрезе (рис. 7.2, главный вид) принято считать, что секущая плоскость пересекает впадины шлицев, и поэтому в отверстии проводят четыре сплошные толстые линии, изображающие образующие диаметров выступов и впадин.

**Примечание.** Правила изображения шпоночных пазов и шлицев на валах и правила соединения зубчатых колес с валами шпонками и шлицами будут рассматриваться в разделе "Машиностроительное черчение". Более глубокие знания по зубчатым передачам студенты получают при изучении дисциплины "Детали машин" и других специальных дисциплин.

## Литература

1. Вяткин Г. П. и др. Машиностроительное черчение. – М.: Машиностроение, 1985. – 304 с.
2. Маянц Д. Ю. и др. Проекционное черчение с задачами. – Мн.: Выш. школа, 1978. – 337 с.
3. Гордон В. О. и др. Курс начертательной геометрии. – М.: Наука, 1985. – 366 с.
4. Левицкий В. С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей: Учеб. для вузов. – 4-е изд., испр. – М.: Высш. школа, 2000. – 422 с.
5. Государственные стандарты. Резьбы. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 359 с.
6. ЕСКД. Общие правила выполнения чертежей. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 240 с.
7. ЕСКД. Основные положения. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 351 с.
8. Федоренко В. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. – Л.: Машиностроение, 1984. – 416 с.
9. Шабеева Л. С. и др. Методические указания по выполнению сборочного чертежа: Справочник. – Мн., 1986. – 77 с.
10. Шабеева Л. С., Белякова Е. И. и др. Проекционные изображения: Метод. указания по курсу "Начертательная геометрия и черчение". – Мн., 1983. – 58 с.
11. Якубенко В. С. и др. Черчение. – Мн.: Выш. школа, 1983. – 286 с.

## Содержание

Введение.....	3
Тема 1. ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ (ЕСКД). ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ (ГОСТ 2.301-68, 2.302-68, 2.303-68, 2.304-81, 2.305-68, 2.306-68 и 2.307-68).....	4
Тема 2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ – СОПРЯЖЕНИЯ, УКЛОН И КОНУСНОСТЬ.....	16
Тема 3. ИЗОБРАЖЕНИЯ – ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ (ГОСТ 2.305-68).....	21
Тема 4. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ТРЕХ ПОВЕРХНОСТЕЙ.....	27
Тема 5. РАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ. РЕЗЬБА И РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ (к заданию "Соединения резьбовые").....	36
Тема 6. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ И СПЕЦИФИКАЦИЯ (к заданию "Соединения резьбовые").....	48
Тема 7. ПЕРЕДАЧИ ЗУБЧАТЫЕ. УСЛОВНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПРЯМОЗУБЫХ КОЛЕС. ШПОНОЧНЫЕ И ШЛИЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ (к заданию "Передача зубчатая").....	55
Литература.....	60