

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Основы проектирования машин»

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

*Методические рекомендации к практическим занятиям  
для студентов специальности  
6-05-1042-01 «Транспортная логистика»  
очной формы обучения*



Могилев 2026

УДК 744: 621.791.053  
ББК 30.11  
И62

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Основы проектирования машин» «12» декабря 2025 г.,  
протокол № 5

Составитель ст. преподаватель О. А. Воробьева

Рецензент канд. техн. наук, доц. М. Н. Миронова

Методические рекомендации предназначены для студентов специальности 6-05-1042-01 «Транспортная логистика» очной формы обучения. В них рассматривается последовательность выполнения всех индивидуальных графических заданий по курсу дисциплины «Инженерная графика».

Учебное издание

## ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Ответственный за выпуск	А. П. Прудников
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2026

## Содержание

Введение.....	4
1 Геометрическое черчение. Уклон, конусность.....	5
2 Геометрическое черчение. Сопряжения.....	7
3 Проекционное черчение. Виды.....	10
4 Проекционное черчение. Простые разрезы.....	12
5 Проекционное черчение. Соединение части вида с частью разреза.....	15
6 Проекционное черчение. Сложные разрезы.....	16
7 Соединения разъемные .....	18
8 Соединения разъемные. Соединение болтом.....	20
9 Соединения разъемные. Соединение шпилькой.....	22
10 Соединения разъемные. Соединение винтом.....	24
11 Соединения разъемные. Спецификация.....	25
12 Соединения разъемные. Шпоночно-шлицевые соединения.....	28
Список литературы.....	30

## Введение

Одним из условий успешного овладения техническими знаниями является графическая грамотность, т. е. умение читать и выполнять чертежи.

Подготовку специалистов инженерно-технического профиля в вузах обеспечивает изучение курса «Инженерная графика», который является первой общетехнической дисциплиной, дающей знания, необходимые для изучения последующих технических дисциплин. Изложение материала в методических рекомендациях базируется на положении Государственных стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД), внедренных и действующих в настоящее время в Республике Беларусь.

В методических рекомендациях изложены основы инженерной графики, где последовательно рассмотрены правила выполнения геометрических построений, изображения – виды, разрезы, изображение и обозначение соединений, правила оформления спецификации сборочного чертежа.

Методические рекомендации к практическим занятиям по дисциплине «Инженерная графика» подготовлены на основе действующих стандартов и отвечают требованиям учебного процесса.

## 1 Геометрическое черчение. Уклон, конусность

В технике широко распространены детали, у которых имеются элементы в виде наклоненных друг к другу плоскостей [1].

Их наличие обусловлено технологией изготовления (на прокатных станках металлургических предприятий) и конструктивными решениями по повышению прочности. Наклонные плоскости, примыкающие к горизонтальным полкам швеллера, рельса и двутавра, образуют уклон (рисунок 1.1). Его величина стандартная и имеет определенные размеры. Поэтому есть специальные правила построения этого элемента на чертежах деталей.

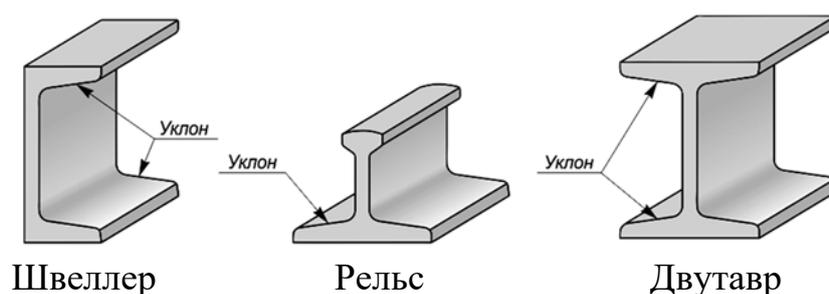


Рисунок 1.1 – Стальной фасонный прокат для металлоконструкций

*Уклон* – это величина, характеризующая наклон одной линии по отношению к другой. Она равна тангенсу угла между линиями и может быть выражена либо простой дробью, либо в процентах (рисунок 1.2).

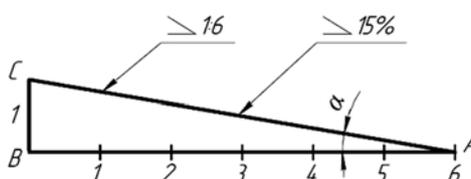


Рисунок 1.2 – Образование уклона двух прямых

Для обозначения величины уклона на чертежах от наклонного участка проводят линию выноску со стрелкой, а на ее горизонтальной полке помещают знак « $\angle$ » или знак « $\triangleright$ », рядом с которым записывают величину уклона. Острый угол знака уклона должен быть направлен в сторону занижения.

В индивидуальных графических работах студентов требуется построить профиль фасонного проката с заданным уклоном  $i$ .

Для этого вначале строят внешние контуры прокатного профиля по размерам  $b$  и  $h$ . Затем находят точки  $C$  и  $B$ . Далее, продлив линию полки профиля за точку  $B$ , откладывают на этой прямой требуемое по значению уклона  $i$  количество отрезков  $BC$  и находят точку  $A$ .

Переходы этой линии в вертикальные линии контура скругляют дугами радиусами  $R$  и  $r$ .

Уклон для верхней полки профиля строят аналогичным образом.

В конце на чертеже приводят обозначение уклона (рисунок 1.3).

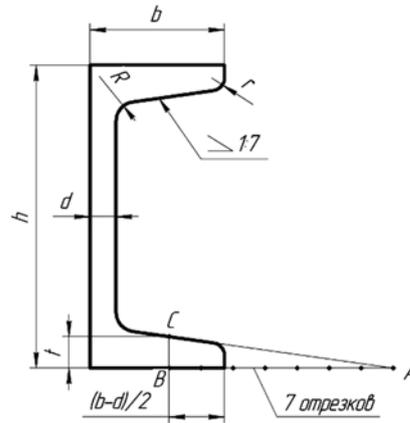


Рисунок 1.3 – Построение уклона полок швеллера

Контуры некоторых деталей машиностроительного производства формируются комбинацией поверхностей вращения, в том числе и конических. Часто к коническим участкам не предъявляется особых требований, например, фаскам на валах и осях. В некоторых случаях, а именно к посадочным поверхностям, требования по изготовлению довольно жесткие (рисунок 1.4).

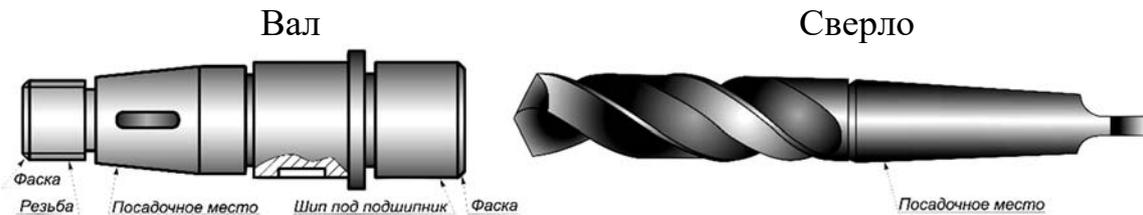


Рисунок 1.4 – Примеры деталей с коническими поверхностями

Поэтому необходимо уметь строить и читать чертежи конических участков.

*Конусностью* называется отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса вращения к расстоянию между ними.

Как видно из рисунка 1.5, конусность  $k$  равна удвоенному уклону  $i$  образующей конуса к его оси,  $k = 2i$ . Например, при  $i = 1:6$  конусность  $k = 2(1/6) = 1/3$ .

Для усеченного конуса  $k = 2 \operatorname{tg} \alpha = (D - d)/l$ .

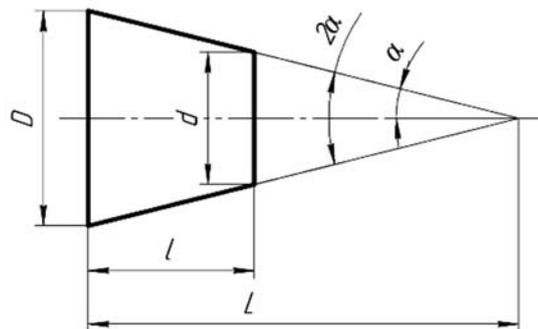


Рисунок 1.5 – Характеристика конусности

При построении деталей с заданной конусностью можно значения геометрических размеров  $d$ ,  $D$  и  $l$  определять вычислением или пользоваться графическими приемами.

Пусть требуется построить конический хвостовик детали по заданным известным значениям большего диаметра  $D$ , его длины  $l$  и величины конусности  $k = 1:5$  (рисунок 1.6).

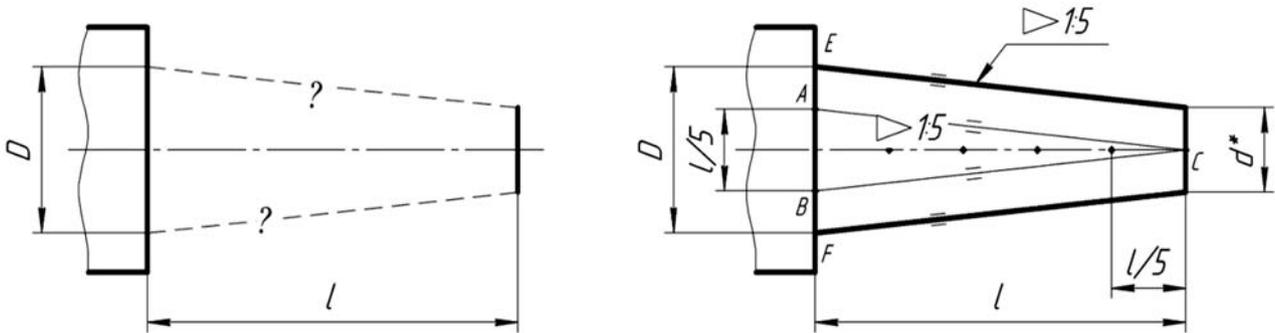


Рисунок 1.6 – Построение конусности на чертеже

Для этого величину  $l$  делят на пять равных частей. Полученные значения в миллиметрах откладывают симметрично по обе стороны оси осевой линии конуса на уровне сечения диаметра  $D$  (точки  $A$  и  $B$ ). Затем эти точки соединяют с точкой  $C$  на уровне искомого сечения диаметром  $d^*$ . Получился конус заданного угла с острой вершиной. Для построения требуемого изображения усеченного конуса следует от точек  $E$  и  $F$  провести параллельно  $AC$  и  $BC$  прямые до пересечения с границей конического участка длиной  $l$ .

В конце полученный чертеж следует дополнить обозначением конусности. Для этого используется знак равнобедренного треугольника « $\triangleleft$ », вершина которого направляется в сторону вершины конуса. Рядом с ней указывается величина конусности в виде дроби  $\triangleleft 1:5$ . Знак с величиной конусности можно помещать над осевой линией конуса или на полке выносной линии со стрелкой. Тогда искомое значение размера (в данном случае  $d$ ) можно не приводить или приводить со звездочкой «\*», что воспринимается как справочный размер.

## 2 Геометрическое черчение. Сопряжения

При выполнении чертежей различного назначения часто приходится строить плавные переходы прямых линий и окружностей друг в друга, что называется сопряжением. Широко такие работы выполняются в швейной промышленности, когда разрабатываются новые модели одежды и обуви. Выкройки этих моделей строят с помощью различных лекал (рисунок 2.1).

Конструирование лекал выполняется на основе сопряжений. Их существует довольно много типов, но наибольший интерес представляют сопряжения двух прямых, прямой и окружности, двух окружностей.

Построение сопряжения двух прямых дугой заданного радиуса сводится к

нахождению центра дуги (рисунок 2.2). Для этого необходимо на расстоянии  $R$  возле каждой прямой провести параллельные прямые. Они пересекутся в точке  $O$ , которая и будет искомым центром. Далее из точки  $O$  опускают перпендикуляры на исходные прямые для нахождения начала  $A$  и конца  $B$  сопряжения. В завершение между ними проводят дугу заданного радиуса. Установленным образом можно получить сопряжения для прямых, находящихся под острым, прямым и тупым друг к другу углом.



Рисунок 2.1 – Лекала

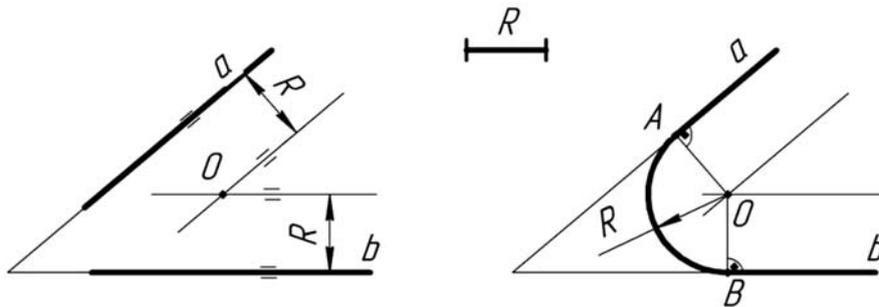


Рисунок 2.2 – Построение сопряжений двух прямых

Сопряжение прямой линии и окружности может быть внешним и внутренним. Основной задачей его построения также является определение центра дуги. Для внешнего сопряжения (рисунок 2.3) он находится на равном расстоянии от окружности и прямой, а именно в точке пересечения вспомогательной параллельной прямой, отстоящей от заданной на расстоянии  $R$ , и от дуги окружности радиусом  $R_1 + R$ , центр которой совпадает с центром заданной окружности. После нахождения центра сопряжения следует определить его начало и конец. Для чего из центра  $O$  опускают на исходную прямую перпендикуляр и находят точку  $B$ . Затем, соединив центр окружности  $O_1$  с центром  $O$  прямой, устанавливают точку  $A$ . Завершают построение проведением между  $A$  и  $B$  дуги радиусом  $R$ .

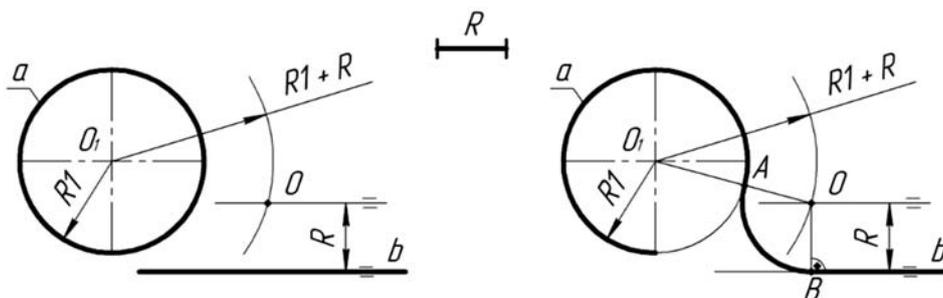


Рисунок 2.3 – Построение внешнего сопряжения прямой и окружности

Для внутреннего сопряжения (рисунок 2.4) радиус вспомогательной окружности равен либо радиусу  $R - R_1$ , либо разнице  $R_1 - R$ . Точка сопряжения  $A_1$  будет лежать на линии центров  $O_1O$  или на ее продолжении.

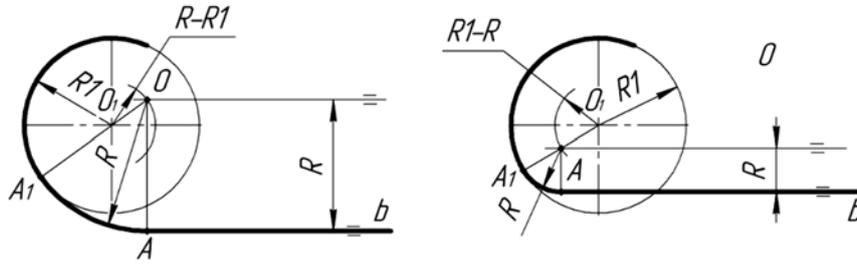


Рисунок 2.4 – Построение внутреннего сопряжения прямой и окружности

Сопряжение двух окружностей также бывает внешним и внутренним (рисунки 2.5 и 2.6). Построение их сводится, к определению местоположения центра сопрягающей дуги. У внешнего сопряжения он находится в точке пересечения вспомогательных окружностей радиусами  $R + R_1$  и  $R + R_2$ , у внутреннего радиусы вспомогательных дуг имеют значения  $R - R_1$  и  $R - R_2$ . Нахождение точек  $A$  и  $B$  начала и конца сопряжения аналогично вышеописанному.

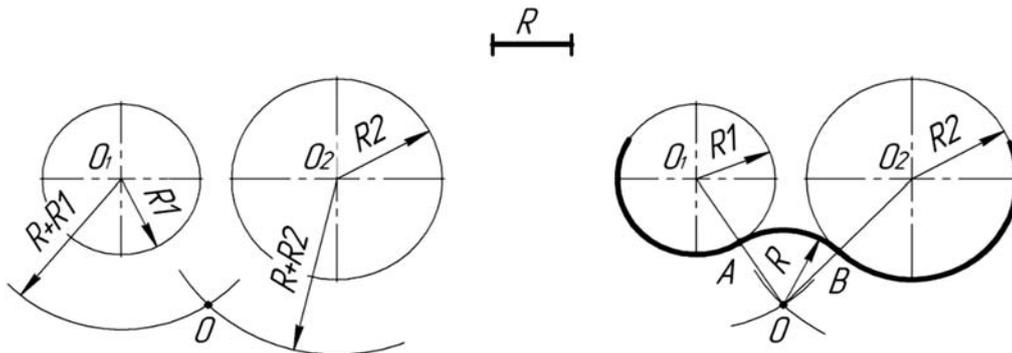


Рисунок 2.5 – Построение внешнего сопряжения двух окружностей

В случае внутреннего сопряжения радиус сопрягаемой дуги имеет значительно большую величину, чем радиусы исходных окружностей.

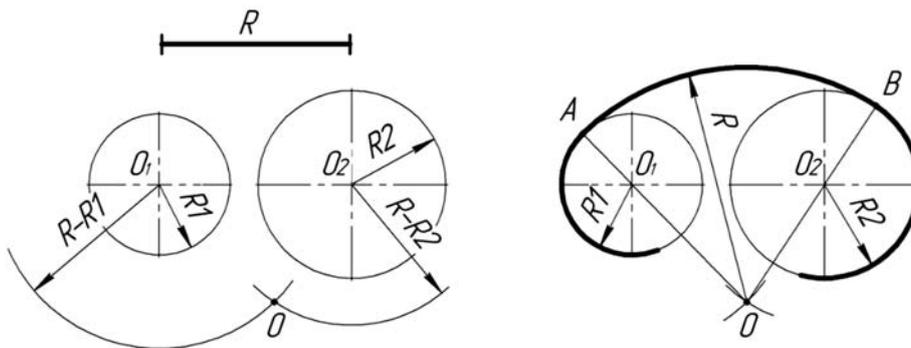


Рисунок 2.6 – Построение внутреннего сопряжения двух окружностей

### 3 Проекционное черчение. Виды

В общем случае чертеж любого предмета содержит графические изображения его видимых и невидимых поверхностей [3]. Эти изображения получаются путем прямоугольного (ортогонального) проецирования предмета на шесть граней куба, которые принимаются за основные плоскости проекций: фронтальную, горизонтальную, профильную и параллельные им.

ГОСТ 2.305–68 устанавливает правила выполнения всех упомянутых изображений. Количество изображений должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы полностью раскрыть форму предмета и найти все его размеры.

*Видом* называется изображение, на котором показана обращенная к наблюдателю видимая часть поверхности предмета.

ГОСТ 2.305–68 устанавливает шесть названий *основных видов*: вид спереди (главный вид), вид справа, вид сверху, вид снизу, вид слева, вид сзади (рисунок 3.1).

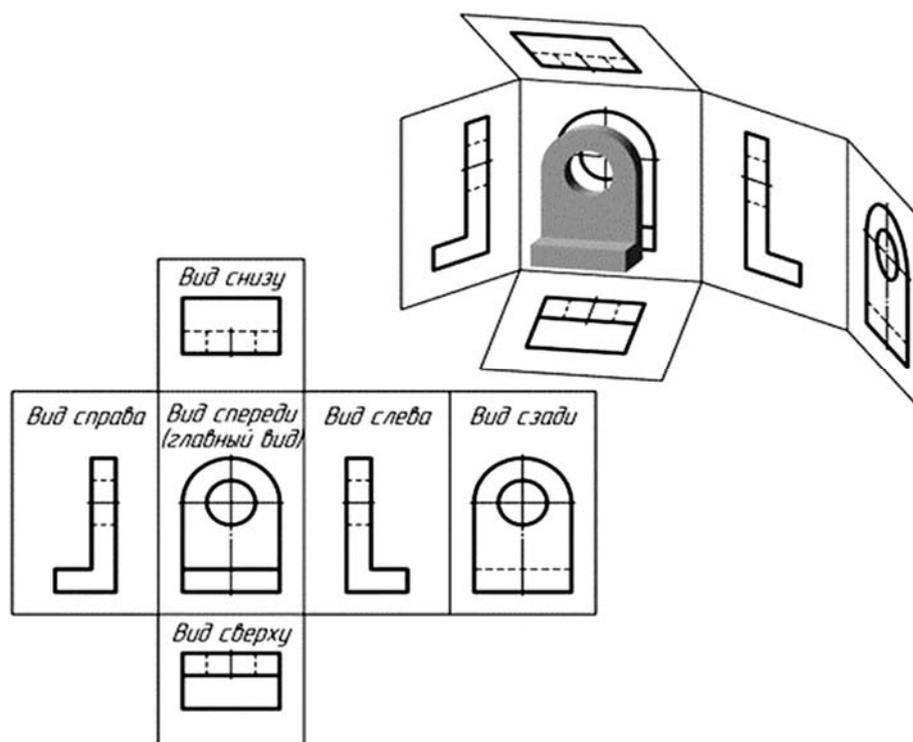


Рисунок 3.1 – Расположение основных видов

*Главный вид* должен давать наиболее полное представление о форме и размерах детали.

Виды должны, по возможности, располагаться в проекционной связи. В таких случаях на чертеж не наносят какие-либо надписи, разъясняющие наименования видов (рисунок 3.2). В целях уменьшения количества изображений допускается показывать на видах штриховыми линиями невидимые контуры предмета.

Если нарушается проекционная связь между видами, их необходимо обозначить: наносится стрелка, указывающая направление взгляда на предмет,

а вид, который получен при взгляде на предмет, должен быть отмечен на чертеже буквой в порядке алфавита. Размер шрифта буквенных обозначений должен быть больше размера цифр размерных чисел, применяемых на том же чертеже, приблизительно в 2 раза.

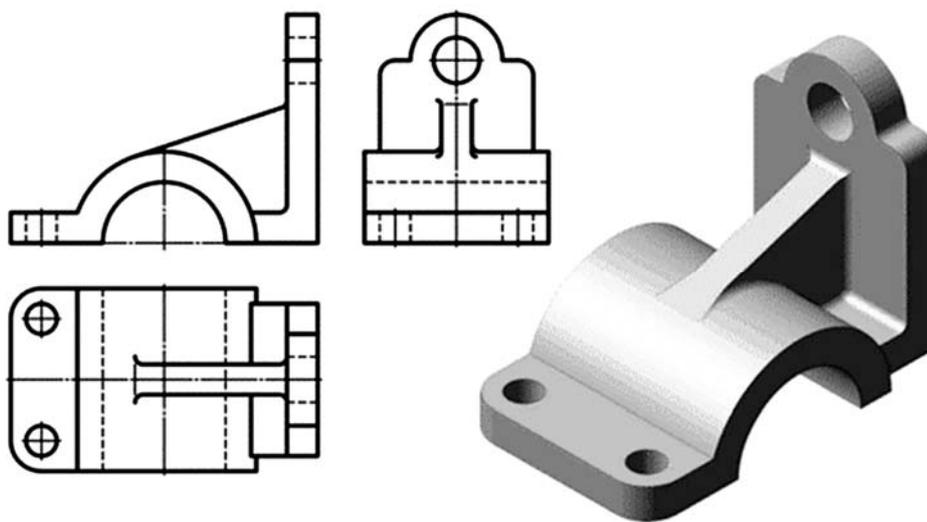


Рисунок 3.2 – Пример расположения трех основных видов (спереди, сверху, слева)

*Местный вид* – изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета. Местный вид может быть ограничен линией обрыва, осью симметрии или не ограничен. Местный вид применяется в тех случаях, когда из всего вида необходима только его часть для уточнения формы предмета.

Если изображение имеет ось симметрии, то допускается показывать его половину. Если местный вид выполняется в проекционной связи по направлению взгляда, то стрелку и надпись над местным видом не наносят. В противном случае – наносят. Применение местных видов позволяет уменьшить объем графической работы и сэкономить место на поле чертежа, обеспечивая полное представление о форме предмета (рисунок 3.3).

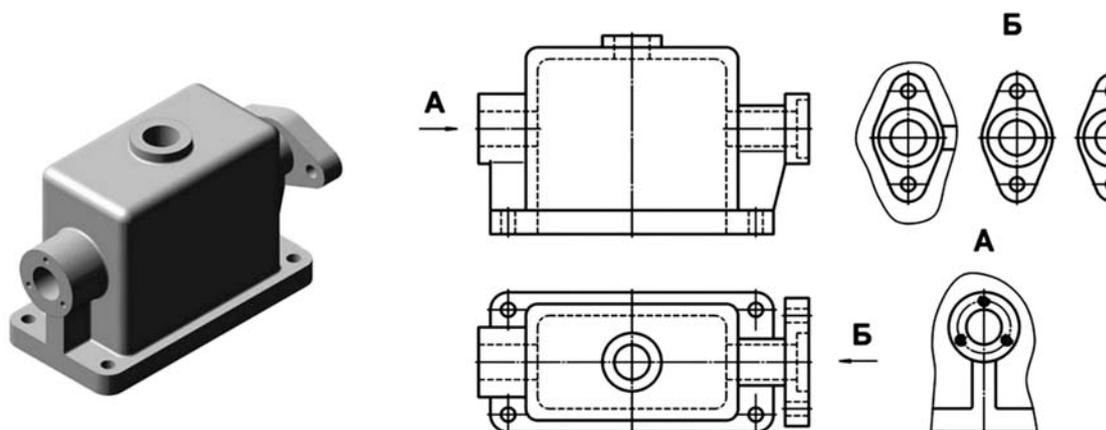


Рисунок 3.3 – Виды местные

*Дополнительный вид* получается проецированием предмета на плоскость, непараллельную ни одной из основных плоскостей проекций (рисунок 3.4).

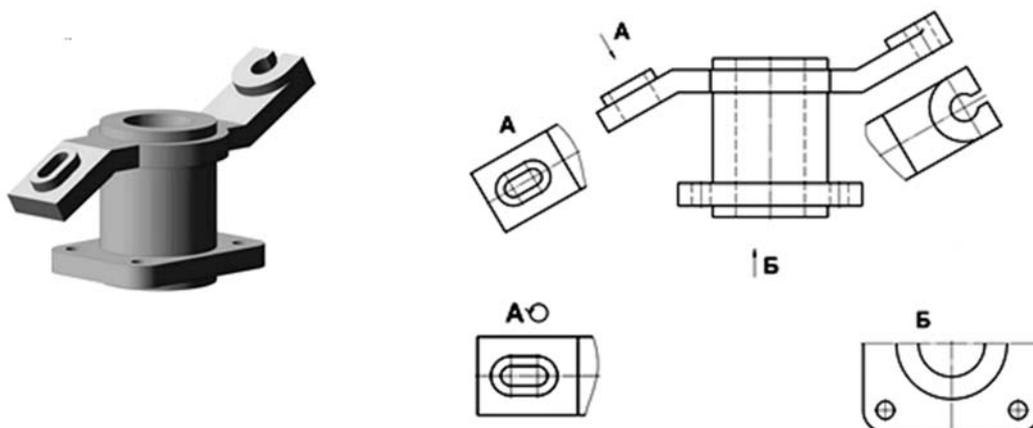


Рисунок 3.4 – Виды дополнительные

Дополнительные виды применяются в случаях, когда изображение предмета или его элемента не может быть показано на основных видах без искажения формы и размеров.

Если дополнительный вид расположен в проекционной связи, то он не обозначается. В противном случае – направление взгляда должно быть указано стрелкой, а над изображением делается надпись соответствующей буквой. Дополнительный вид допускается поворачивать. В этом случае к надписи добавляется знак – кружок со стрелкой (см. рисунок 3.4).

### ***Вопросы и задания для самоконтроля***

- 1 Основные, местные и дополнительные виды.
- 2 Правила обозначения видов.
- 3 Выполните задачу № 1 задания «Проекционное черчение». Бланки задания выдает преподаватель.

## **4 Проекционное черчение. Простые разрезы**

В результате выполнения разреза линии внутреннего контура, изображавшиеся на виде штриховыми линиями, становятся видимыми и должны быть изображены сплошными основными линиями.

*Разрез* – это изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. Если секущая плоскость одна – разрез простой (рисунок 4.1), две и более – сложный.

На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости, и то, что расположено за ней.

Разрезы в зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разделяют на:

- *горизонтальные* – секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций;
- *вертикальные* – секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (*фронтальный, профильный*);
- *наклонные* – секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого.

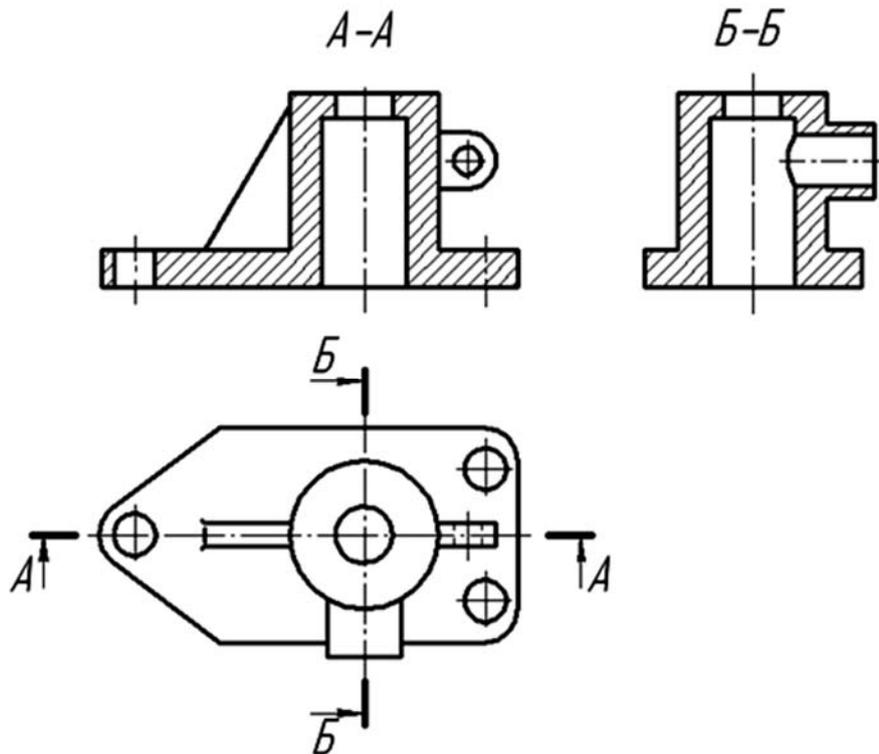


Рисунок 4.1 – Простые разрезы

Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы могут размещаться на месте соответствующих основных видов и на свободных местах чертежа. В продольных разрезах ребро жесткости не штрихуется (см. рисунок 4.1).

Материал, попадающий в плоскость разреза, необходимо заштриховать. Графические обозначения некоторых видов материалов приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Графическое обозначение штриховки в зависимости от материала

Материал	Обозначение
Металлы и твердые сплавы	
Неметаллические материалы	
Дерево	
Камень	
Керамика и силикатные материалы	

Наклонные параллельные линии штриховки должны проводиться под углом  $45^\circ$  к линиям рамки чертежа (рисунок 4.2, а), к линии контура изображения (рисунок 4.2, б) или к его оси (рисунок 4.2, в).

Если линии штриховки, приведенные к рамке чертежа под  $45^\circ$ , совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла  $45^\circ$  следует брать угол  $30^\circ$  или  $60^\circ$  (рисунок 4.2, з).

Расстояние между параллельными линиями штриховки (частота) должно быть от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных деталей.

Для смежных сечений двух деталей следует брать наклон линий штриховки для одного сечения вправо, для другого – влево (встречная штриховка). В смежных штриховках одинакового наклона и направления следует изменять расстояние между линиями штриховки или сдвигать эти линии в одном сечении по отношению к другому, не изменяя угла их наклона (рисунок 4.3).

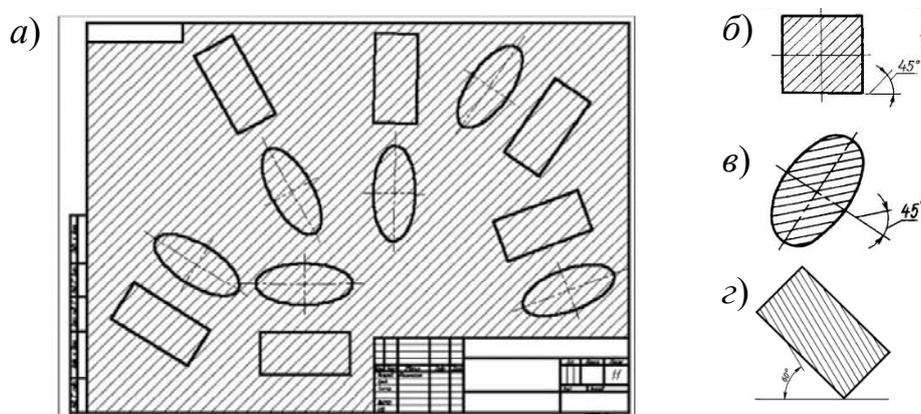


Рисунок 4.2 – Наклон штриховки на чертежах

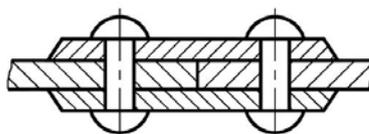


Рисунок 4.3 – Штриховка смежных деталей

Не обозначаются разрезы (горизонтальные, фронтальные, продольные):

– если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом;

– соответствующий разрез расположен на одном и том же листе в непосредственной проекционной связи с основными изображениями и не отделен от них какими-либо другими изображениями.

При обозначении разрезов положение секущей плоскости указывают на чертеже разомкнутой линией. Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур соответствующего изображения.

На этих штрихах наносят стрелки, на расстоянии 2...3 мм от внешних концов штриха. Стрелки указывают направление взгляда на разрез. У начала и конца

линии сечения (около стрелок) наносят одну и ту же прописную букву русского алфавита, а над выполненным разрезом пишут ту же букву дважды через тире (см. рисунок 4.1). Размер шрифта буквенных обозначений должен быть на два размера больше размерных чисел, нанесенных на том же чертеже (рисунок 4.4).

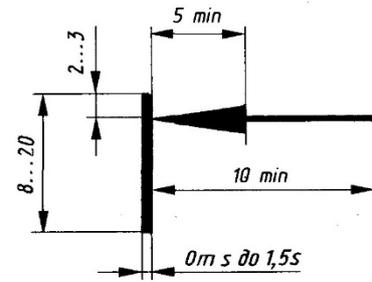


Рисунок 4.4 – Обозначение разреза

### Вопросы для самоконтроля

- 1 Какое изображение предмета называют разрезом?
- 2 Перечислите названия простых разрезов.
- 3 Расположение простых разрезов.
- 4 Штриховка и обозначение разрезов.

## 5 Проекционное черчение. Соединение части вида с частью разреза

Если деталь симметричная и разрез выполнен на месте какого-либо основного вида, то допускается соединять часть вида с частью разреза. Границей между ними служит штрихпунктирная тонкая линия, т. е. ось симметрии (рисунок 5.1).

Если на оси симметрии расположена линия видимого или невидимого контура, то видимость ее сохраняют, дополнительно проводя волнистую линию левее или правее оси симметрии (рисунок 5.2).

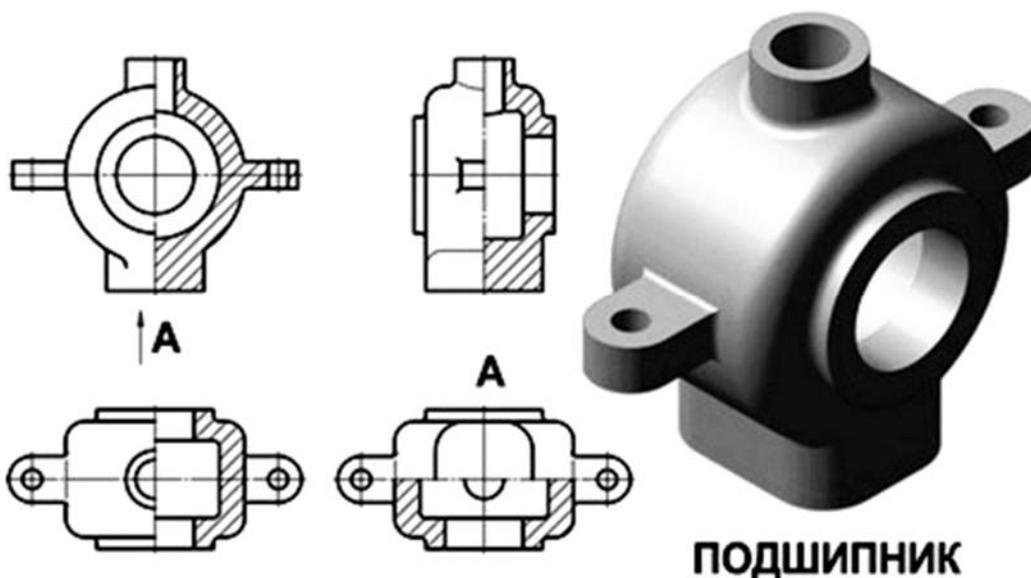


Рисунок 5.1 – Соединение половины вида и половины разреза

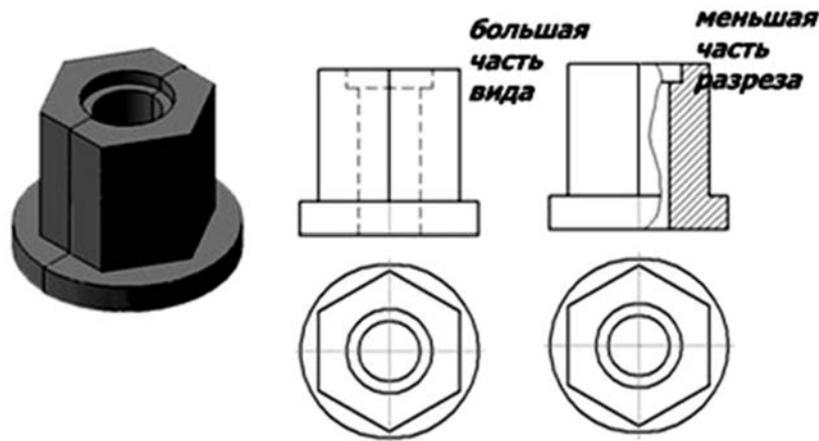


Рисунок 5.2 – Соединение части вида и части разреза

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

- 1 Правила выполнения соединения части вида с частью разреза.
- 2 Правила выполнения соединения половины вида и половины разреза.
- 3 Выполните задачу № 2 задания «Проекционное черчение». Бланки задания выдает преподаватель.

## **6 Проекционное черчение. Сложные разрезы**

*Сложными разрезами* называются разрезы, получаемые с помощью двух и более секущих плоскостей. Они применяются в случаях, когда количество элементов деталей, их форма и расположение не могут быть изображены на простом разрезе одной секущей плоскостью и это вызывает необходимость применения нескольких секущих плоскостей.

Сложные разрезы разделяются на *ступенчатые* и *ломаные*.

*Ступенчатыми разрезами* называют разрезы, выполненные несколькими параллельными секущими плоскостями (рисунок 6.1).

*Ломаными* называются разрезы, полученные от рассечения предмета не параллельными, а пересекающимися плоскостями (угол пересечения более  $90^\circ$ ).

Секущие плоскости условно поворачивают около линии взаимного пересечения до совмещения с плоскостью, параллельной какой-либо из основных плоскостей проекций, поэтому ломаные разрезы могут быть фронтальными, горизонтальными или профильными (рисунок 6.2).

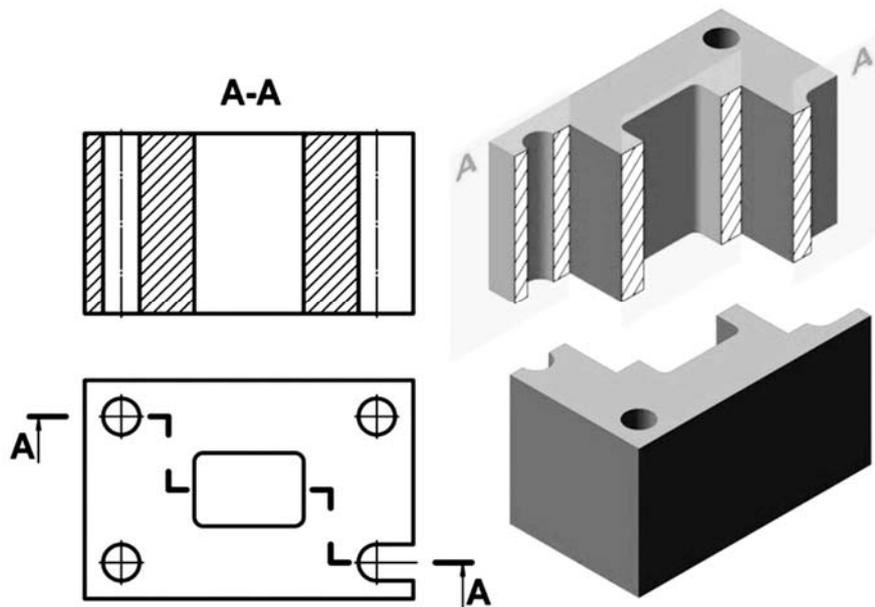


Рисунок 6.1 – Ступенчатый разрез

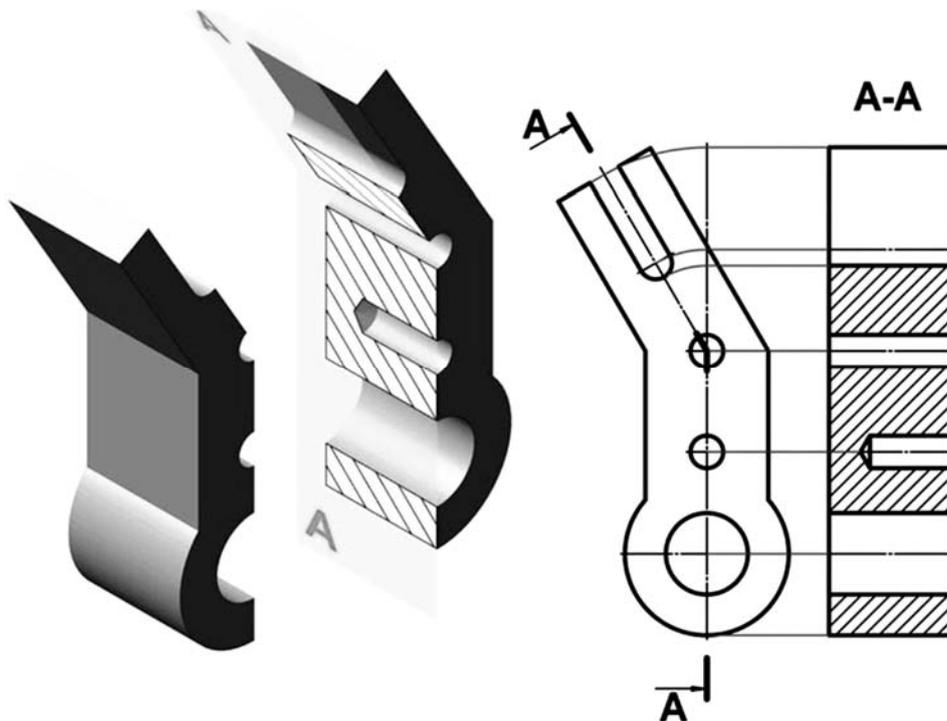


Рисунок 6.2 – Ломаный разрез

### ***Вопросы и задания для самоконтроля***

- 1 Какие разрезы называют *сложными*?
- 2 Какие разрезы называются *ступенчатыми*?
- 3 Какие разрезы называются *ломаными*?
- 4 Выполните задачу № 3 задания «Проекционное черчение». Бланки задания выдает преподаватель.

## 7 Соединения разъемные

Любая сборочная единица состоит из отдельных деталей, которые различными способами соединяются между собой [2].

Соединения, детали которых могут быть разъединены без разрушения самих деталей, называются разъемными. К таким соединениям относятся: резьбовые, соединения с помощью штифтов и шпонок, а также зубчатые (шлицевые) соединения и др. Разъемные соединения могут быть *подвижными*, когда возможны взаимные перемещения деталей (шпоночные) и *неподвижными* (соединения с помощью болтов, фитингов и т. д.).

Для жесткого соединения деталей машин применяют крепежные детали. К ним относят детали с резьбой: болты, винты, шпильки, гайки, фитинги, и без резьбы: шайбы, шплинты, штифты.

Штифтами называются стальные стержни, применяемые для жесткого соединения деталей (например, для закрепления маховиков, втулок, вала на ступице, установочных колец, рукояток и т. д.) или сохранения их правильного взаимного положения. В первом случае штифты называются соединительными (рисунок 7.1, *а*), а во втором – установочными (рисунок 7.2, *б*).



*а* – соединительные штифты; *б* – установочные штифты

Рисунок 7.1 – Соединение штифтами

Шплинт разводной, по ГОСТ 397–79, представляет собой двойной стержень, согнутый из проволоки специального полукруглого сечения. Шплинт используют для предотвращения самоотвинчивания гаек (рисунок 7.2).

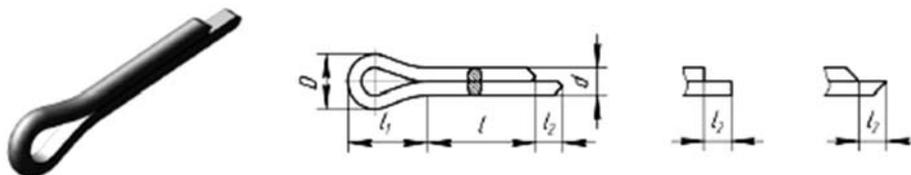
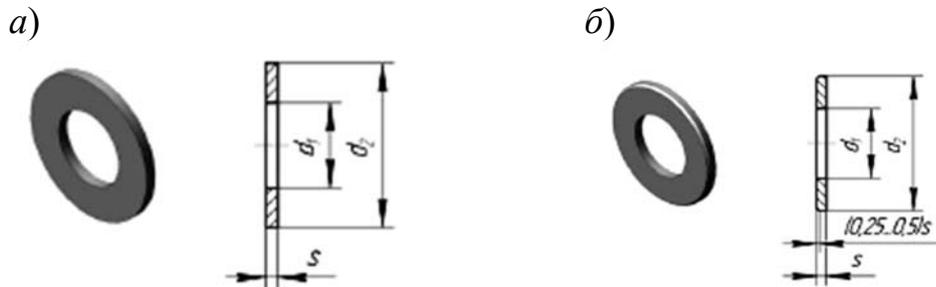


Рисунок 7.2 – Шплинт разводной

Шайба представляет собой плоское кольцо определенной толщины, которое подкладывают под гайку, головку болта или винта. Для увеличения их опорной поверхности и более равномерного распределения давления на соединяемые де-

тали применяют круглые шайбы. Определяющим размером шайбы является диаметр стержня, на который надевают шайбу.

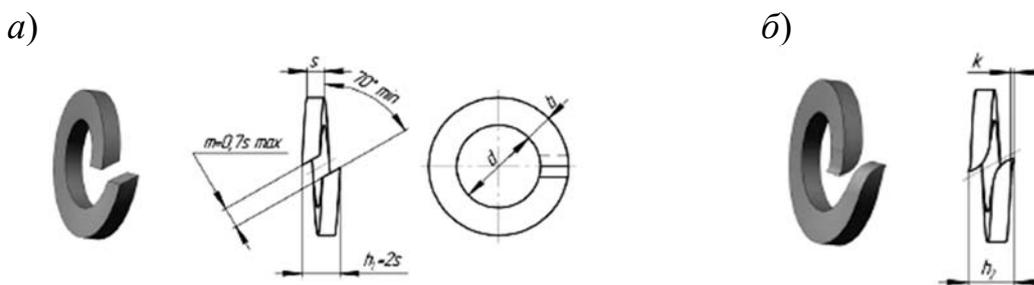
Шайбы круглые, по ГОСТ 11371–78, изготавливают в двух исполнениях: без фасок, с фасками (рисунок 7.3).



*a* – исполнение 1; *б* – исполнение 2

Рисунок 7.3 – Шайба круглая

Для устранения возможности самоотвинчивания гаек в соединениях, работающих в условиях вибрации, изменения температуры, применяют пружинные и стопорные шайбы. Шайбы пружинные по ГОСТ 6402–70\* (рисунок 7.4) представляют собой виток винтового выступа левого направления.



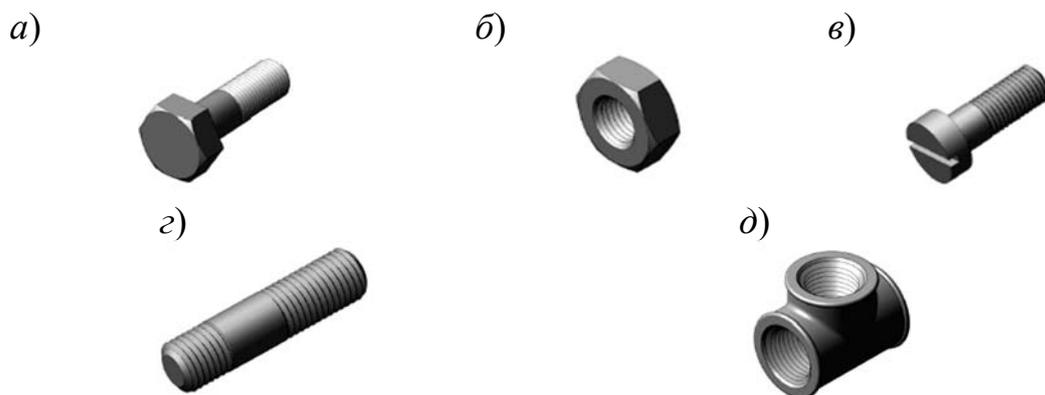
*a* – исполнение 1; *б* – исполнение 2

Рисунок 7.4 – Шайба пружинная

Широкое распространение в машиностроении получили резьбовые соединения. При всем разнообразии резьбовые соединения могут быть отнесены к одному из двух типов:

- 1) соединения, в которых резьба выполняется непосредственно на деталях, входящих в соединение;
- 2) соединения, осуществляемые с помощью специальных соединительных деталей, таких как болты, винты, шпильки, фитинги и др.

Наиболее распространенными резьбовыми стандартными изделиями являются болты, винты, шпильки, гайки, а также детали трубопроводов (фитинги, штуцера и т. д.). По форме, размерам, резьбе каждый тип детали изготавливают по соответствующим стандартам. Примеры наиболее распространенных стандартных изделий с резьбой приведены на рисунке 7.5.

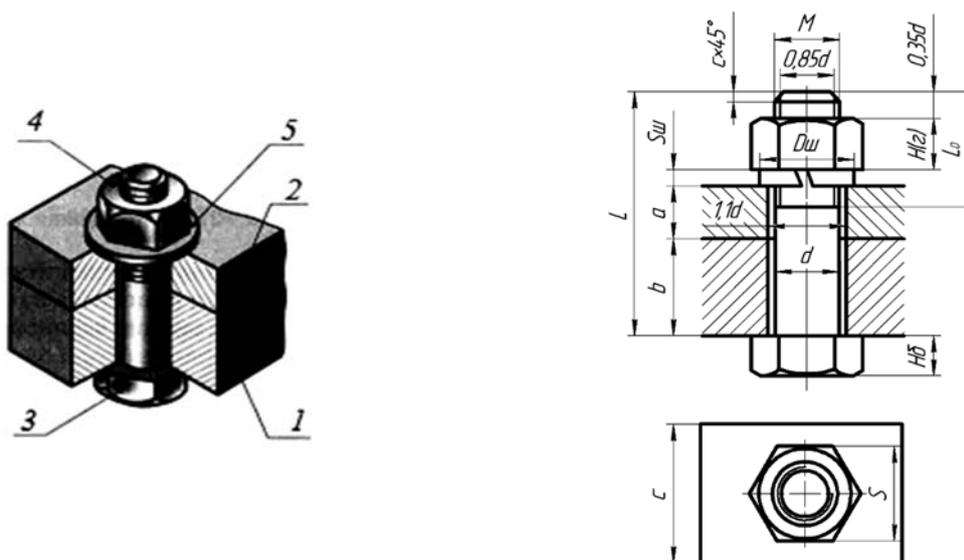


*a* – болт с шестигранной головкой первого исполнения ГОСТ 7798–70; *б* – шестигранная гайка первого исполнения ГОСТ 5915–70; *в* – винт с цилиндрической головкой ГОСТ 1491–80; *г* – шпилька общего назначения первого исполнения; *д* – тройник (фитинг)

Рисунок 7.5 – Примеры наиболее распространенных стандартных изделий с резьбой

## 8 Соединения разъемные. Соединение болтом

Болт представляет собой цилиндрический стержень, снабженный на одном конце головкой, на другом – резьбой, на которую навинчивается гайка. Обычно болты применяют для соединения деталей не очень большой толщины и при необходимости частого соединения и разъединения деталей. На рисунке 8.1 показаны наглядное изображение соединения деталей болтом и соединение болтом по действительным размерам. Исходные данные для выполнения задания выдает преподаватель.



*1* – корпус; *2* – крышка; *3* – болт; *4* – гайка; *5* – шайба

Рисунок 8.1 – Изображение соединения болтом

Исходным параметром болта является его наружный диаметр резьбы  $d$ . Расчетная длина болта:  $L_p = a + b + S_{ш} + H(z) + 0,35d$ . Размеры  $a$  и  $b$  берутся из схемы согласно выданному варианту. Размеры пружинной шайбы  $S_{ш}$ ,  $D_{ш}$  подбираются по ГОСТ 6402–70. Высота шестигранной гайки  $H(z)$  и размер «под ключ»  $S$  – из ГОСТ 5915–70. Стандартная длина болта  $L$  подбирается после расчета  $L_p$  по ГОСТ 7798–70. Величина фаски  $c$  зависит от шага резьбы.

*Гайка* – деталь, имеющая отверстие с резьбой.

Для построения гайки по действительным размерам необходимо знать диаметр  $d$  резьбы гайки. В соответствии с диаметром резьбы определяют диаметр описанной окружности  $e$  (рисунок 8.2). На виде спереди строят проекции шестигранной призмы заданной высоты  $m$ , которая равна размеру  $H(z)$  с рисунка 8.1. Далее определяют диаметр  $d_w$  окружности, ограничивающей торцовые плоскости гайки:  $d_w = (0,9...0,95) S$ .

*Шайба* – деталь резьбового соединения в виде тонкого плоского или фасонного диска с отверстием круглой формы. Стандартные плоские шайбы подкладываются под гайки или головки болтов (винтов) с целью предохранения свинчиваемых деталей от повреждения или увеличения опорной поверхности гайки или головки. Для предотвращения резьбовых соединений от самоотвинчивания широко применяются пружинные шайбы. Данные для построения шайб приведены в ГОСТах.

Вычерчивание проекций гипербола условно заменяют упрощенным вычерчиванием дуг окружностей. Для нахождения центров радиусов дуг окружностей используют три точки: вершину гипербола и две точки концов гипербола.

Через точку  $4''$  радиусом  $R = 1,5d$ , центр которого будет лежать на оси гайки, проводят дугу до пересечения с боковыми ребрами гайки.

Соединив полученные точки, определяют центры  $O''_1$  радиусов  $R_2$ , которые будут находиться посередине между ребрами гайки. Из центра  $O''_1$  радиусом  $R_2$  проводят дуги на боковых гранях гайки.

Заканчивают построение гайки изображением резьбы на виде сверху. Параметры гайки выбирают, руководствуясь ГОСТ 5915–70.

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

- 1 Какой параметр является исходным для выбора болта?
- 2 Формула для расчета длины болта.
- 3 Как рассчитать длину посадочного резьбового конца шпильки?
- 4 Как рассчитывают длину шпильки?
- 5 Выполните индивидуальное задание «Соединения резьбовые» на листе

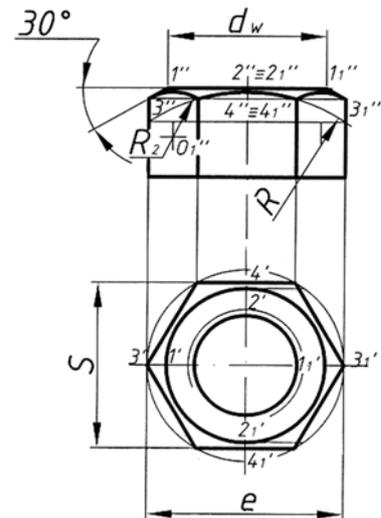


Рисунок 8.2 – Пример построения шестигранной гайки нормальной точности

формата А3, которое включает в себя выполнение построения резьбового соединения болтом и шпилькой по действительным размерам согласно выданному преподавателем бланку задания.

## 9 Соединения разъемные. Соединение шпилькой

Шпилька – крепежная деталь для разъемного резьбового соединения, представляющая собой цилиндрический стержень с нарезанной резьбой на обоих концах. Средняя часть шпильки без резьбы гладкая. Конструкции и размеры шпилек регламентированы ГОСТ 22032–76...ГОСТ 22043–76.

Шпильки общего назначения изготавливают в двух исполнениях:

- 1) с одинаковыми номинальными диаметрами резьбы и гладкой части (рисунок 9.1);
- 2) с номинальным диаметром гладкой части меньше номинального диаметра резьбы (рисунок 9.2).

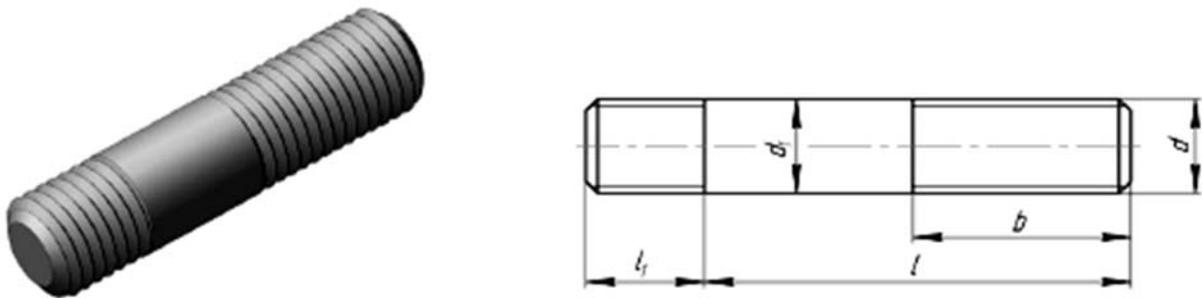


Рисунок 9.1 – Шпилька общего назначения исполнения 1

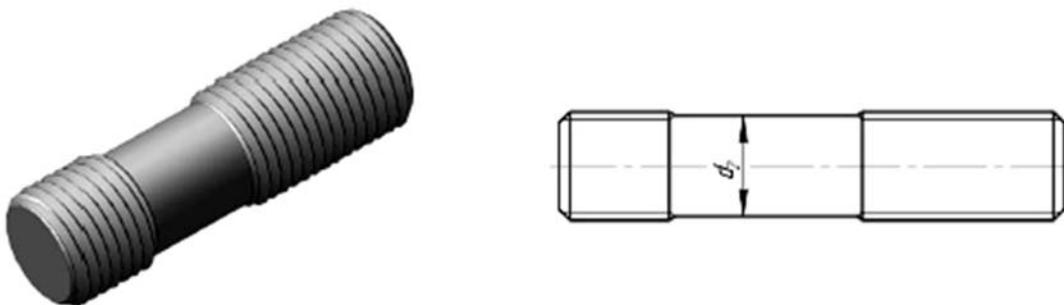


Рисунок 9.2 – Шпилька общего назначения исполнения 2

В корпусе (деталь 1) просверливают сверлом несквозное отверстие (гнездо) и нарезают резьбу. Посадочный конец шпильки  $b_1$  (деталь 5) полностью вкручивается в это отверстие. Сверху на шпильку надевается крышка (деталь 2), которую необходимо соединить с деталью 1. Диаметр отверстия в крышке берут на 1,0...1,5 мм больше, чем диаметр шпильки  $d$ . Как и при соединении болтом, надевают шайбу (деталь 4) и навинчивают гайку (деталь 3).

Исходным параметром для соединения шпилькой является диаметр резьбы

шпильки  $d$ . Все параметры для выполнения задания выдает преподаватель.

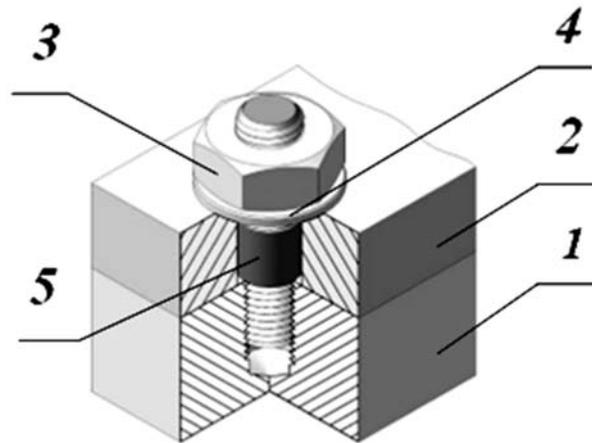


Рисунок 9.3 – Наглядное изображение соединения шпилькой

В зависимости от материала корпуса рассчитывают длину посадочного резьбового конца шпильки  $b_1$ . Она бывает различных исполнений:

- 1) для резьбовых отверстий в деталях из стали, бронзы и латуни (шпильки по ГОСТ 22032–76)  $b_1 = d$ ;
- 2) для резьбовых отверстий в деталях из серого и ковкого чугуна (шпильки по ГОСТ 22036–76)  $b_1 = 1,6d$ ;
- 3) для резьбовых отверстий в деталях из легких сплавов (шпильки по ГОСТ 22038–76)  $b_1 = 2d$ .

Затем рассчитывают длину шпильки  $L$  (рабочую длину шпильки). Это длина шпильки без посадочного конца, рассчитывается по формуле  $L_p = a + S_{ш} + H(z) + 0,35d$ . Размер  $a$  берётся из схемы согласно выданному варианту. Размеры шайбы  $S_{ш}$ ,  $D_{ш}$  подбираются по ГОСТ 6402–70. Высота шестигранной гайки  $H(z)$  и размер «под ключ»  $S$  – из ГОСТ 5915–70.

Полученное значение округляется до ближайшего стандартного значения длины шпильки. Это будет размер длины шпильки  $L$ . Величина фаски  $c$  зависит от шага резьбы.

На рисунке 9.4 показаны изображения соединения деталей шпилькой по действительным размерам, упрощенно и условно. Упрощенные и условные изображения соединения шпилькой устанавливают согласно ГОСТ 2.315–68. Условное изображение соединения шпилькой применяют в том случае, если диаметр шпильки равен или менее 2 мм.

Диаметр сверления  $d_1$  равен внутреннему диаметру резьбы. Глубина сверления  $l_c = b_1 + 0,5d$ . Резьба нарезается на глубину  $l_p = b_1 + 0,25d$ .

На сборочном чертеже линия раздела соединяемых деталей 1 и 2 должна совпасть с границей резьбы посадочного конца шпильки. На сборочном чертеже и чертеже общего вида рекомендуется выполнять упрощенное изображение соединения шпилькой.

Образец выполнения задания приведен на рисунке 9.5. Исходные данные для выполнения задания выдает преподаватель.

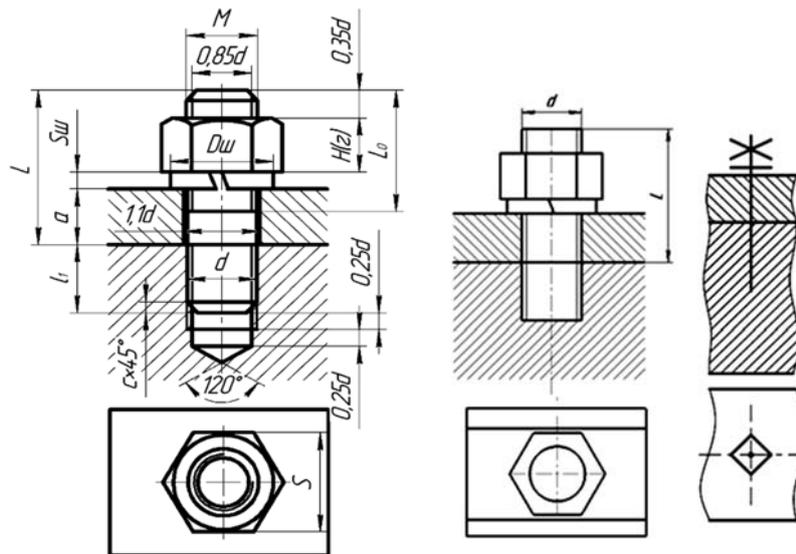


Рисунок 9.4 – Изображение соединения шпилькой



Рисунок 9.5 – Конструктивные размеры шпилек

## 10 Соединения разъемные. Соединение винтом

*Крепежный винт* – деталь, которая служит для разъемного соединения и представляет собой цилиндрический стержень с резьбой для ввинчивания в одну из соединяемых деталей и головкой различных форм «под ключ» или с прорезью «под отвертку».

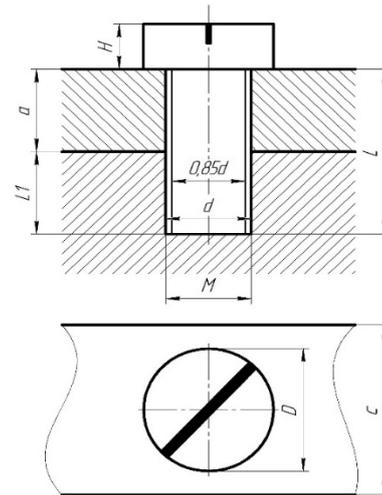
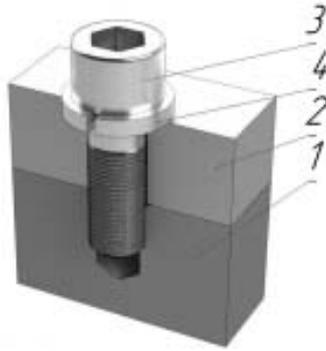
На рисунке 10.1 показаны наглядное и упрощенное изображение винтового соединения.

Винтовое соединение рассчитывают исходя из заданного диаметра резьбы  $d$ , толщины привинчиваемой детали  $a$ , марки материала детали с резьбовым гнездом ( $L1$  зависит от материала корпуса).

На сборочных чертежах шлицы (под отвертку) на головках винтов вычерчиваются под углом  $45^\circ$  относительно рамки чертежа.

Остальные размеры винта ( $D$ ,  $H$ ) выбирают руководствуясь ГОСТ.

Если материал корпуса – пластмасса или легкий сплав, то под винт необходимо класть шайбу, размеры которой берутся из ГОСТ 11371–78.



1 – корпус; 2 – крышка; 3 – винт;  
4 – шайба

Рисунок 10.1 – Изображение соединения винтом

## 11 Соединения разъемные. Спецификация

Спецификация – текстовый конструкторский документ, определяющий из какого количества и разновидностей частей собирается изделие и какие сопутствующие документы дополняют его сборочный чертеж. Спецификация является неотъемлемой частью сборочного чертежа.

Спецификацию составляют на отдельных листах формата А4. На первых ее листах высота основной надписи равна 40 мм, а на последующих – по 15 мм (рисунок 11.1).

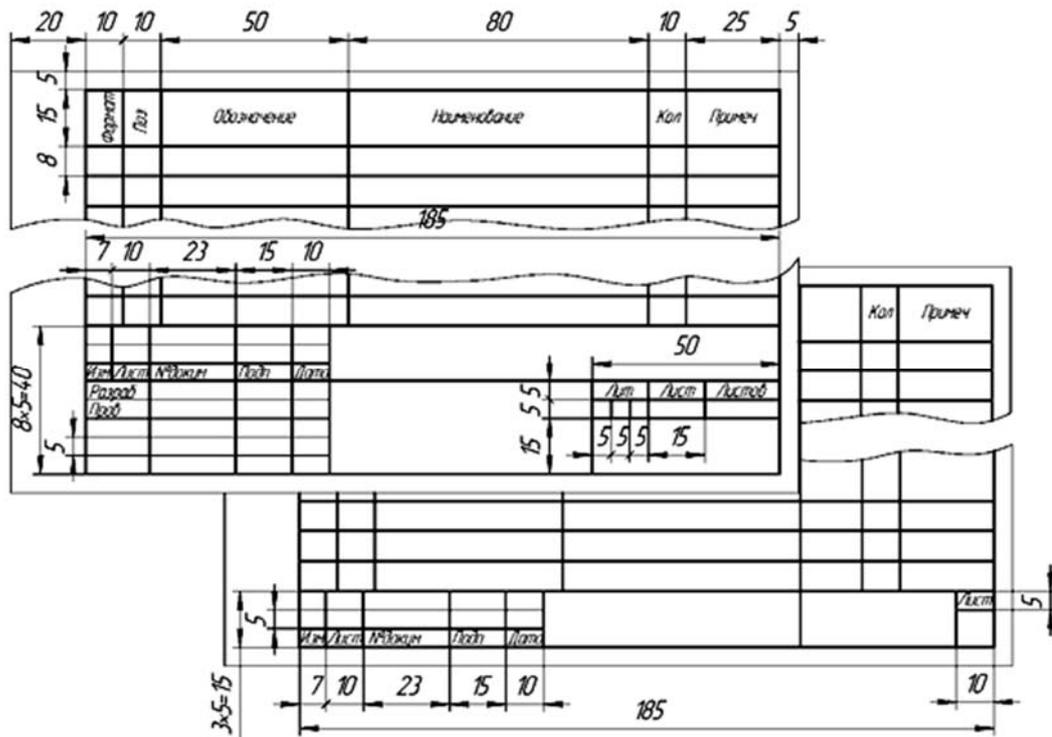


Рисунок 11.1 – Формы штампа основной надписи

В общем случае спецификация носит табличную форму, в колонках и строках которой помещается информация.

В колонке «Формат» указываются форматы (А1, А2, А3, А4) конструкторских документов (чертежей, схем, пояснительных записок и т. д.), поясняющих конструкцию изделия и особенности его работы.

В колонке «Зона» указывается номер зоны сборочного чертежа, откуда в спецификацию выносятся данные по составляющим частям изделия.

В колонке «Поз.» (Позиция) записываются цифры-номера позиций, которыми отмечены составляющие части изделия (подборки, детали, стандартные изделия, материалы и прочие изделия). В этой колонке цифры приводятся в сквозном возрастающем порядке сверху вниз через все разделы спецификации.

На сборочном чертеже номера позиций ставятся на полках линий-выносок, окружающих его изображения. Эти линии-выноски между собой не пересекаются, имеют угол наклона  $30^{\circ} \dots 60^{\circ}$  к штампу основной надписи и опираются четко очерченным своим концом в изображение помечаемой части изделия. Для удобства работы со сборочным чертежом полки линий-выносок выравнивают по горизонтали и вертикали. Иногда для группы деталей, работающих, как правило, вместе, например, болт + гайка + шайба, применяют одну линию-выноску, к которой лесенкой пристраивают полки по количеству деталей. Кроме того, цифры, указывающие номера позиций, должны быть крупнее размерных чисел на 1–2 номера чертежного шрифта.

Колонка «Обозначение» заполняется только для разделов спецификации «Сборочные единицы» и «Детали», в ней записывается шифр конструкторской документации, состоящий из комбинации заглавных букв русского алфавита и цифр.

В колонке «Наименование» записываются наименования разделов спецификации и наименования составных частей, относящихся к данным разделам. Для удобства работы названия разделов помещают посередине строки колонки, подчеркивают сплошной линией и отделяют от предыдущей и последующей надписей пустой строкой.

Перечень разделов спецификации в порядке их перечисления следующий: «Документация», «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали», «Стандартные изделия», «Материалы», «Комплекты», «Прочие изделия».

В раздел «Документация» вносятся все документы конструкторской документации на изделие.

В раздел «Комплексы» вносятся части изделия, являющиеся самостоятельным изделием, выполняющим с основным взаимосвязанные функции.

В раздел «Сборочные единицы» вносятся подборки, которые при сборке основного изделия поступают уже в собранном виде, например, колеса на автомобиль.

В разделе «Детали» перечисляются наименования всех деталей, участвующих в сборке изделия.

В разделе «Стандартные изделия» записывают составные части изделия, выполненные по государственным или другим стандартам, начиная с государственных. В пределах каждой категории стандартов запись производят по группам,

объединенным по функциональному назначению (например, подшипники, метизные изделия, электротехническая продукция и т. п.), но первой рассматривается группа метизных изделий. В пределах каждой группы наименования записывают в алфавитном порядке первой буквы (например, *Болт*, *Винт*, *Гайка*, *Шайба*, *Штилька*); в пределах каждого наименования – в порядке возрастания номера стандарта (например, *Болт М20×30 ГОСТ 7798–70*, затем *Болт М20×30 ГОСТ 7802–72*); в пределах каждого стандарта – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия (например, *Болт М12×30 ГОСТ 7798–70*, *Болт М20×50 ГОСТ 7798–70* и т. д.).

В раздел «Материалы» вносятся все материалы, непосредственно входящие в специфицируемые изделия с указанием их обозначения, марки, названия.

В раздел «Комплекты» помещают составные части изделия, которые образуют сборочную единицу, собираются не на предприятии-изготовителе и носят вспомогательный характер (например, комплект ключей, ремонтный комплект).

В колонке «Кол.» (Количество) указывается количество составных частей изделия, упоминаемых в других колонках спецификации. Для подборок, деталей, стандартных изделий это их количество в штуках, а для материалов – вес или объем.

В колонке «Примечание» можно приводить информацию второстепенного характера, например, материал деталей, их особенность.

После каждого раздела спецификации целесообразно, особенно для сложных изделий, оставлять несколько свободных строк с резервированием запасных номеров позиций.

Наименование изделий всегда записывают в именительном падеже единственного числа, например, *Корпус*, *Втулка*, *Редуктор*. Если же наименование состоит из двух слов и более, то первым записывают имя существительное. Например: *Планка нажимная*, *Колесо зубчатое*, *Насос шестеренный*.

Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе «Формат» приводят аббревиатуру БЧ (без чертежа), графу «Обозначение» не заполняют, а в графе «Наименование» записывают наименование детали и материал, из которого она выполнена, например: *Втулка Труба 20×2,8 ГОСТ 3262–75, l = 100 мм*.

Заполнение основной надписи спецификации аналогично основной надписи сборочного чертежа, но шифр ее не содержит аббревиатуру СБ (сборочный чертеж) и название изделия также не содержит это пояснение. В графе «Лист» приводится порядковый номер листа спецификации, а в графе «Листов» их общее количество.

### ***Вопросы и задания для самоконтроля***

- 1 Дайте определение термину *спецификация*.
- 2 Перечислите разделы спецификации в порядке их перечисления.
- 3 Для каких разделов спецификации заполняется колонка «Обозначение»?
- 4 Правила оформления разделов «Документация», «Стандартные изделия».

5 Оформите лист спецификации к сборочному чертежу «Соединения резьбовые» согласно своему варианту.

## 12 Соединения разъемные. Шпоночно-шлицевые соединения

Шпонкой называется деталь, устанавливаемая в пазах соединяемых деталей для предотвращения их относительного перемещения при передаче крутящего момента [1]. Применяются для соединения валов со ступицами вращающихся деталей. Шпонка представляет собой деталь, которая в сборе частично входит в шпоночную канавку (паз) на валу, а частично в продольную канавку (паз) во втулке насаживаемого колеса. В зависимости от условий работы и требований, предъявляемых к соединениям, шпонки бывают призматические (обыкновенного и направляющего типов) ГОСТ 23360–78\*, клиновые (с головкой и без головки) ГОСТ 24068–80\* и сегментные ГОСТ 24071–97\* (рисунки 12.1–12.3).

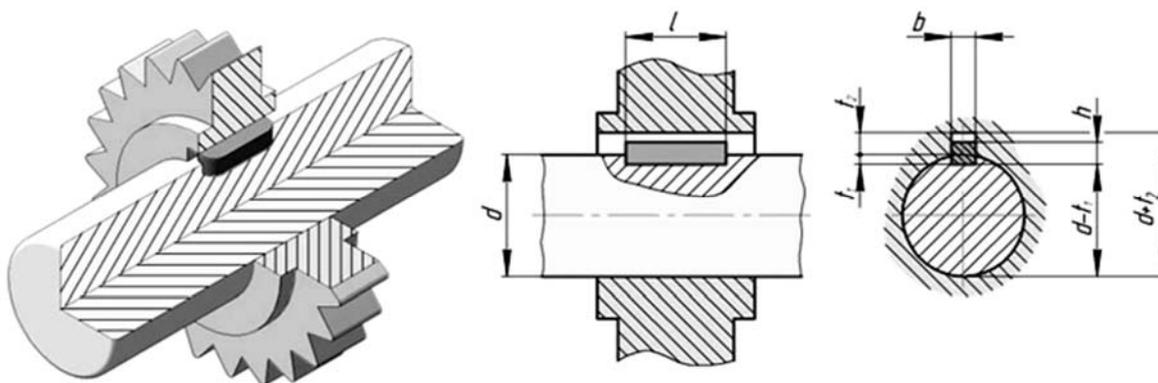


Рисунок 12.1 – Соединение шпоночное с призматической шпонкой

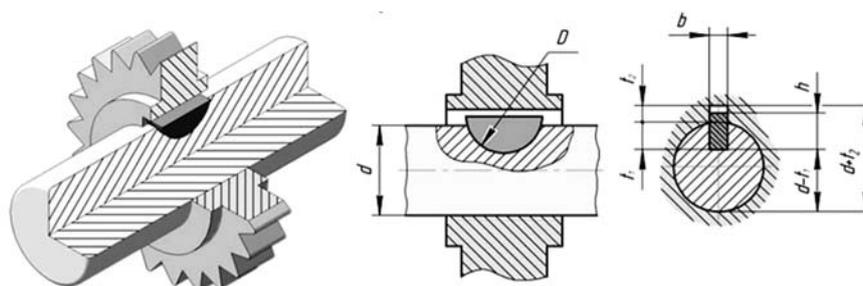


Рисунок 12.2 – Соединение шпоночное с сегментной шпонкой

В обозначении призматической шпонки должны указываться ее ширина, высота, длина и номер стандарта. Пример обозначения призматической шпонки исполнения 1 с размерами  $b = 16$  мм,  $h = 10$  мм,  $l = 100$  мм:

*Шпонка 16×10×100 ГОСТ 23360–78.*

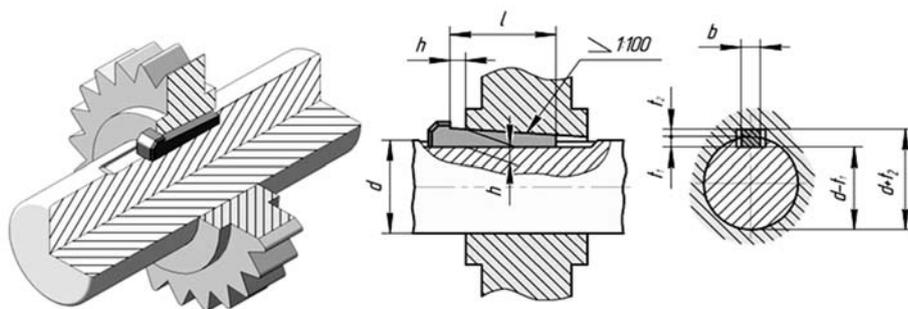


Рисунок 12.3 – Соединение шпоночное с клиновой шпонкой

В обозначении сегментной шпонки должны указываться ее ширина, высота и номер стандарта. Пример обозначения сегментной шпонки нормальной формы и сечением  $b \times h_1 = 5 \times 6,5$ :

*Шпонка 5×6,5 ГОСТ 24071–97.*

В обозначении клиновой шпонки должны указываться ее ширина, высота, длина и номер стандарта. Пример обозначения клиновой шпонки первого исполнения с размерами  $b = 18$  мм,  $h = 11$  мм,  $l = 100$  мм:

*Шпонка 18×11×100 ГОСТ 24068–80.*

Длину ступицы  $l_{ст}$  принимают на 8...10 мм больше длины шпонки. Если длина ступицы больше величины  $1,5d$ , то шпоночное соединение целесообразно заменить на шлицевое или соединение с натягом.

Соединение вал–втулка, осуществляемое без применения вспомогательной детали при помощи зубьев (шлицев) и впадин (пазов), выполненных на валу и в отверстии втулки, входящих друг в друга, называют зубчатым (шлицевым) соединением [1].

Шлицевое соединение можно представить как многошпоночное соединение, в котором шпонки выполнены заодно с валом (рисунок 12.4). К преимуществам шлицевых соединений можно отнести:

- уменьшение концентрации напряжений;
- увеличение нагрузочной способности;
- способность работать при высоких частотах вращения;
- жесткое фиксирования деталей.

При этом сложное и дорогое изготовление является недостатком таких соединений. По сравнению со шпоночными, шлицевые соединения позволяют осуществить лучшее центрирование деталей, обеспечивают большую направленность и равномерность движения колеса вдоль вала, большую прочность соединения при динамических переменных нагрузках, уменьшают величину смятия на гранях зубьев.

Форма зубьев может быть прямоугольного, эвольвентного и треугольного профилей (рисунок 12.5).

Пример условного обозначения соединения с числом зубьев  $z = 8$ , внутренним диаметром  $d = 36$  мм, наружным диаметром  $D = 40$  мм, параметр ширины зуба  $b = 7$  мм, центрирование по внутреннему диаметру:  $d-8 \times 36 \times 40 \times 7$ .

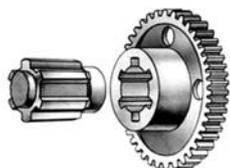


Рисунок 12.4 – Соединение шлицевое



Рисунок 12.5 – Профиль зубьев шлицевого соединения

## Список литературы

- 1 Инженерная графика: учебник / Н. П. Сорокин; под ред. Н. П. Сорокина. – 6-е изд., стер. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2022. – 392 с.
- 2 **Цакунов, А. А.** Инженерная графика. Основы начертательной геометрии. Основы технического черчения. Основы машиностроительного черчения : учеб. пособие / А. А. Цакунов, Т. Э. Каптилович ; под ред. Г. Ф. Ласуты. – Мн. : Минфин, 2020. – 195 с.
- 3 **Чекмарев, А. А.** Инженерная графика. Машиностроительное черчение : учебник / А. А. Чекмарев. – М. : ИНФРА-М, 2021. – 396 с.
- 4 Изображения – виды, разрезы, сечения : ГОСТ 2.305–2008. – Мн. : Госстандарт, 2010. – 28 с.
- 5 Изображение резьбы : ГОСТ 2.311–68. – Мн. : Госстандарт, 2010. – 7 с.
- 6 Шпонки призматические. Размеры, допуски и посадки. – М. : Изд-во стандартов, 1979. – 19 с.
- 7 Сегментные шпонки и шпоночные пазы : ГОСТ 24071–97. – М. : Изд-во стандартов, 2000. – 6 с.
- 8 Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски : ГОСТ 1139–80. – Мн. : Госстандарт, 2011. – 9 с.
- 9 Проекционное черчение. Инженерная графика : метод. рекомендации к практ. занятиям / Бел.-Рос. ун-т ; сост. О. А. Воробьева, Ж. В. Рымкевич. – Могилев : Бел.-Рос. ун-т, 2018. – 25 с.
- 10 Шпоночные и шлицевые соединения. Инженерная графика : метод. рекомендации к практ. занятиям / Бел.-Рос. ун-т ; сост. О. А. Воробьева, Ж. В. Рымкевич. – Могилев : Бел.-Рос. ун-т, 2019. – 24 с.
- 11 Инженерная графика : метод. рекомендации к лаб. работам / Бел.-Рос. ун-т ; сост. Ж. В. Рымкевич. – Могилев : Бел.-Рос. ун-т, 2022. – 48 с.