

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Основы проектирования машин»

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

*Методические рекомендации к практическим занятиям  
для студентов направления подготовки  
21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
очной формы обучения*



Могилев 2024

УДК 744: 621.791.053  
ББК 30.11  
И62

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Техносферная безопасность и производственный дизайн» «21» мая 2024 г., протокол № 10

Составители: ст. преподаватель Ж. В. Рымкевич;  
ст. преподаватель О. А. Воробьева

Рецензент канд. техн. наук, доц. Е. В. Ильюшина

Методические рекомендации предназначены для студентов направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело» 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 36 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, 2024

## Содержание

Введение.....	4
1 Геометрическое черчение. Уклон, конусность.....	5
2 Геометрическое черчение. Сопряжения.....	8
3 Проекционное черчение. Виды.....	10
4 Проекционное черчение. Простые разрезы.....	13
5 Соединение части вида с частью разреза.....	16
6 Проекционное черчение. Сложные разрезы.....	17
7 Соединения разъемные и неразъемные.....	18
8 Соединение болтом и шпилькой.....	27
9 Спецификация.....	32
10 Шпоночно-шлицевые соединения.....	35
11 Чтение сборочного чертежа.....	38
12 Детализирование сборочного чертежа.....	41
Список литературы.....	44

## 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 положениях 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, правила чтения и детализирования 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.

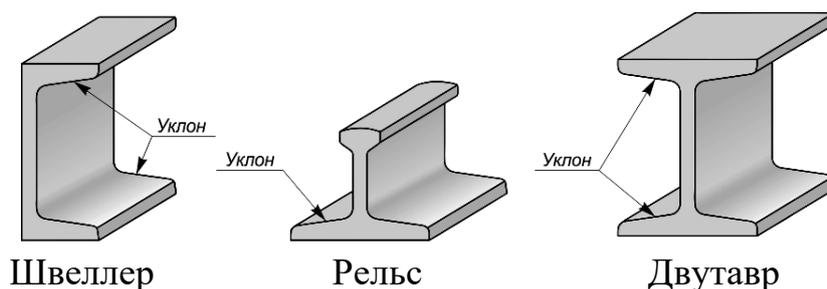


Рисунок 1.1 – Стальной фасонный прокат для металлоконструкций

*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).

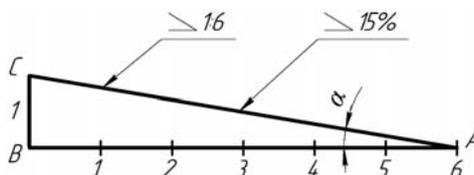


Рисунок 1.2 – Образование уклона двух прямых

Для обозначения величины уклона на чертежах от наклонного участка проводят линию выноски со стрелкой, а на ее горизонтальной полке помещают знак « $\sphericalangle$ » или знак « $\sphericalangle$ », 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).

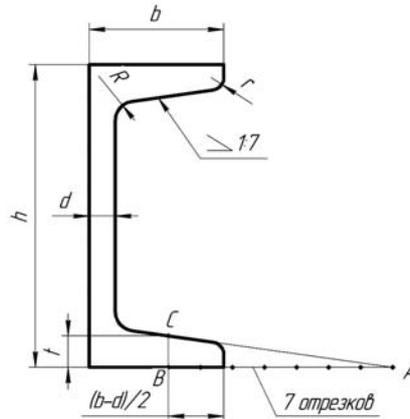


Рисунок 1.3 – Построение уклона полка швеллера

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).

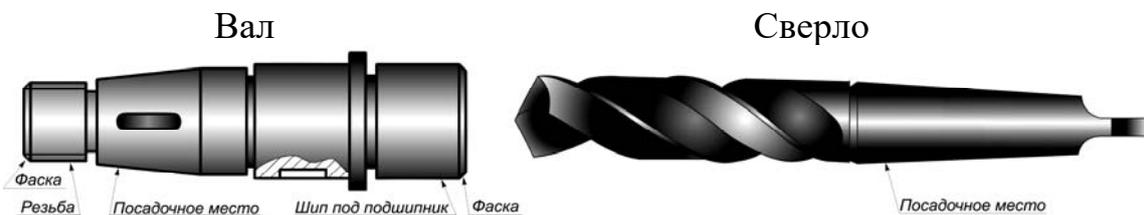


Рисунок 1.4 – Примеры деталей с коническими поверхностями

Поэтому необходимо уметь строить и читать чертежи конических участков.

*Конусность* 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  $k = 2tg\alpha = (D - d)/l$ .

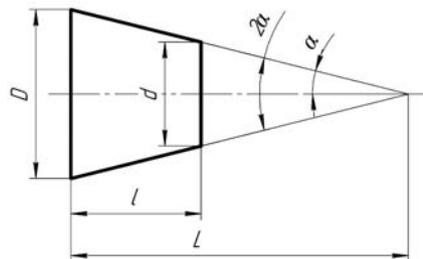


Рисунок 1.5 – Характеристика конусности

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).

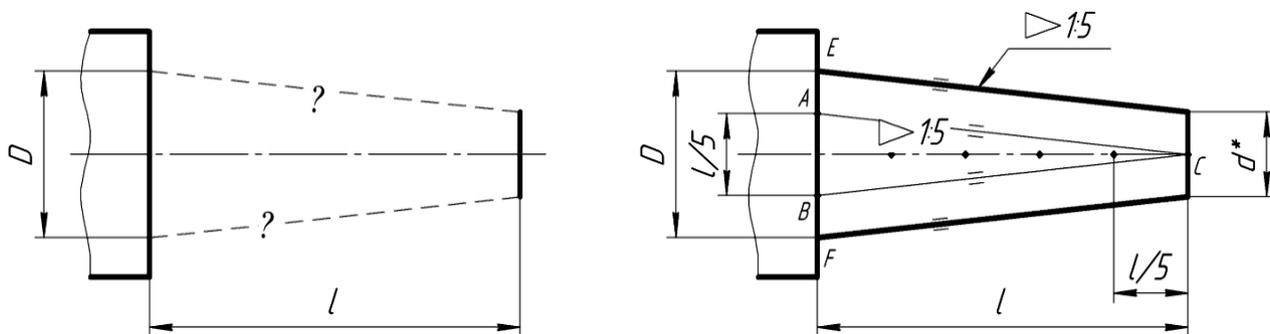


Рисунок 1.6 – Построение конусности на чертеже

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.

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

1 Дайте определение уклону, как он обозначается на чертеже и расскажите принцип его построения.

2 Дайте определение конусности, как она обозначается на чертеже и расскажите принцип ее построения.

3 Выполните задачи № 1 и 2 задания «Геометрическое черчение». Бланки задания выдает преподаватель.

## 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).



Рисунок 2.1 – Лекала

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.

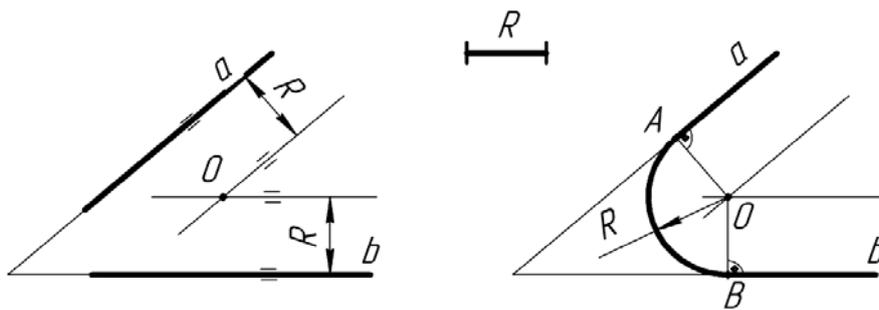


Рисунок 2.2 – Построение сопряжений двух прямых

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  $R$ .

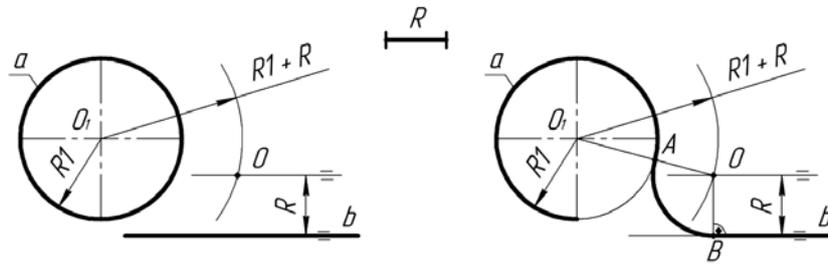


Рисунок 2.3 – Построение внешнего сопряжения прямой и окружности

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.

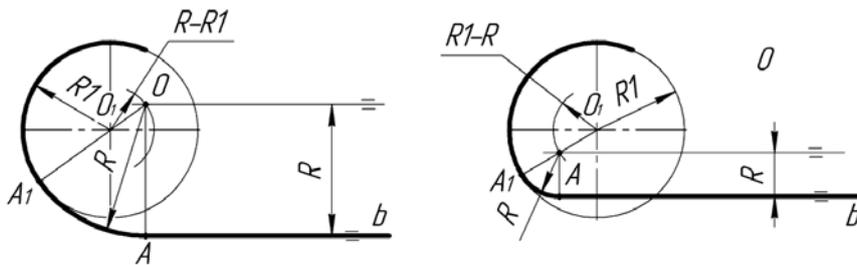


Рисунок 2.4 – Построение внутреннего сопряжения прямой и окружности

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.

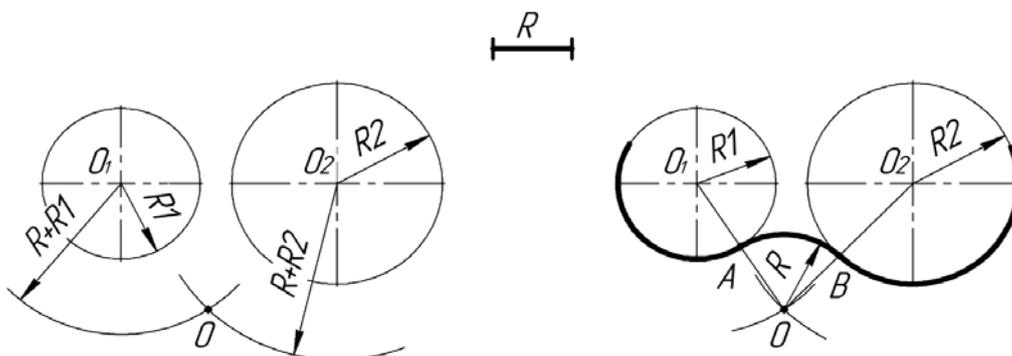


Рисунок 2.5 – Построение внешнего сопряжения двух окружностей

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

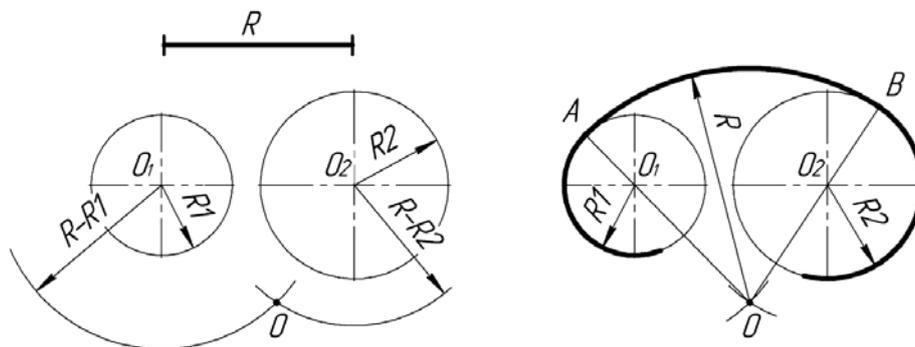


Рисунок 2.6 – Построение внутреннего сопряжения двух окружностей

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

- 1 Что такое сопряжения?
- 2 Принцип построения сопряжений.
- 3 Виды сопряжений.
- 4 Выполните задачу № 3 задания «Геометрическое черчение». Бланки задания выдает преподаватель.

## **3 Проекционное черчение. Виды**

В общем случае чертеж любого предмета содержит графические изображения его видимых и невидимых поверхностей [3]. Эти изображения получают 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).

*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.

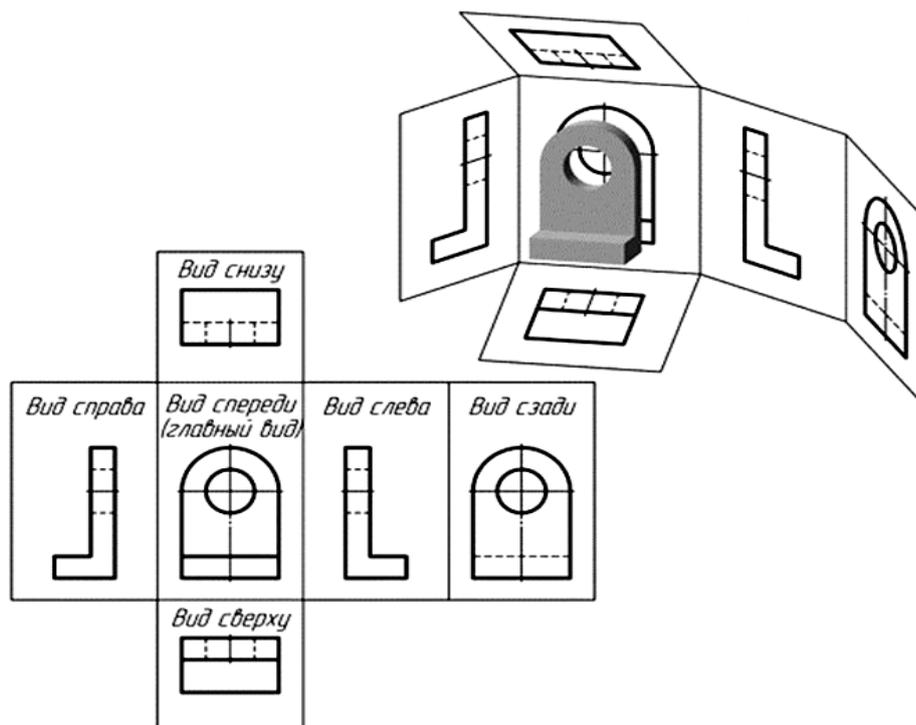


Рисунок 3.1 – Расположение основных видов

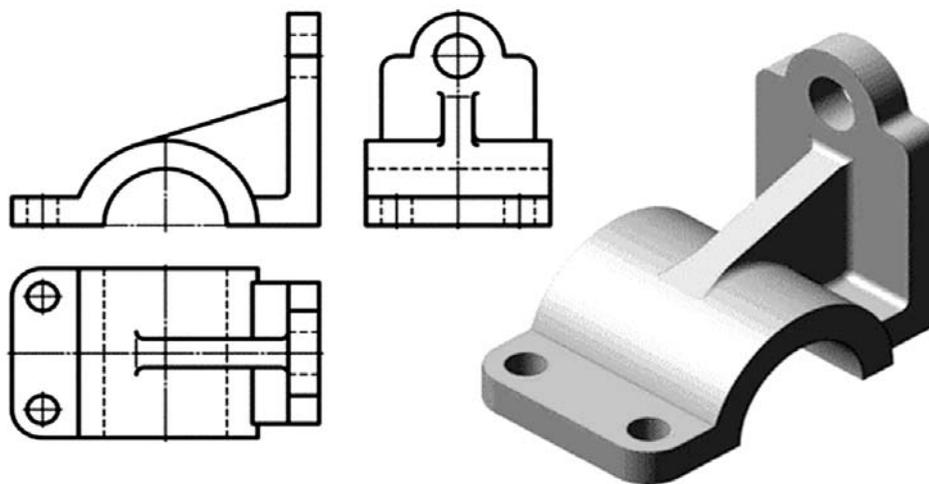


Рисунок 3.2 – Пример расположения трех основных видов (спереди, сверху, слева)

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.

*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).

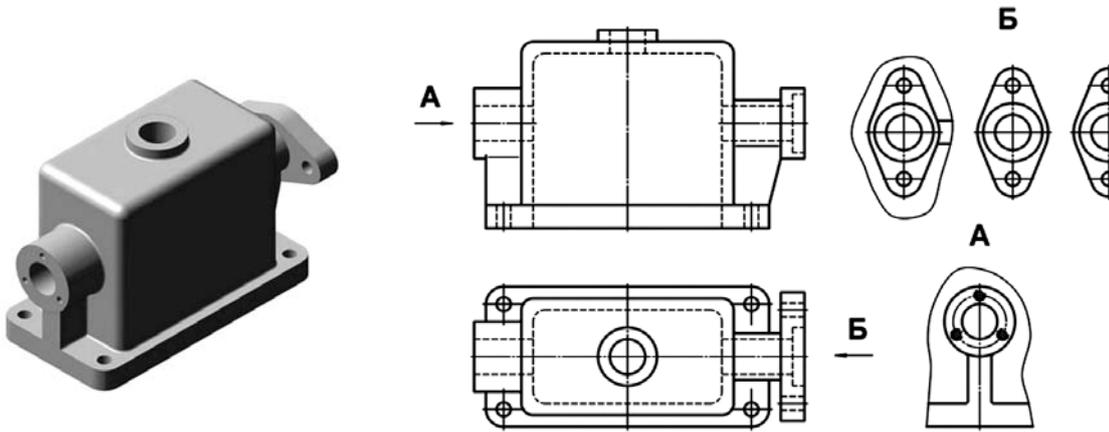


Рисунок 3.3 – Виды местные

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

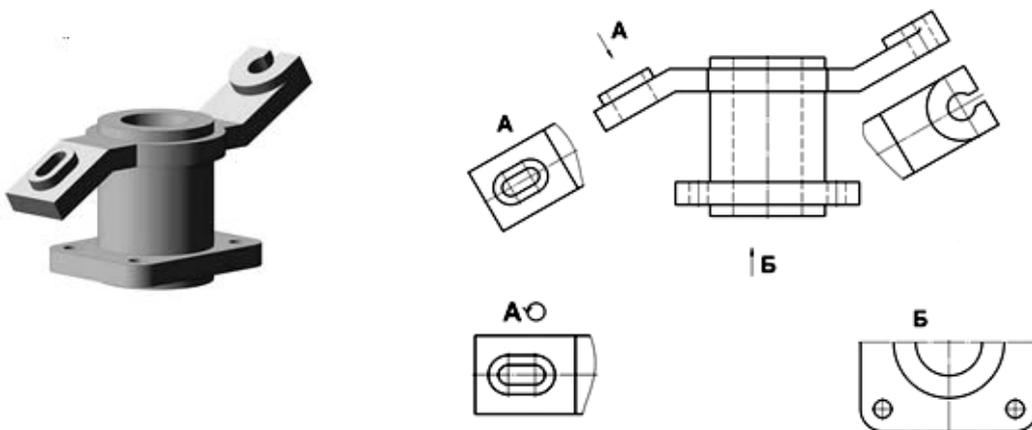


Рисунок 3.4 – Виды дополнительные

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.

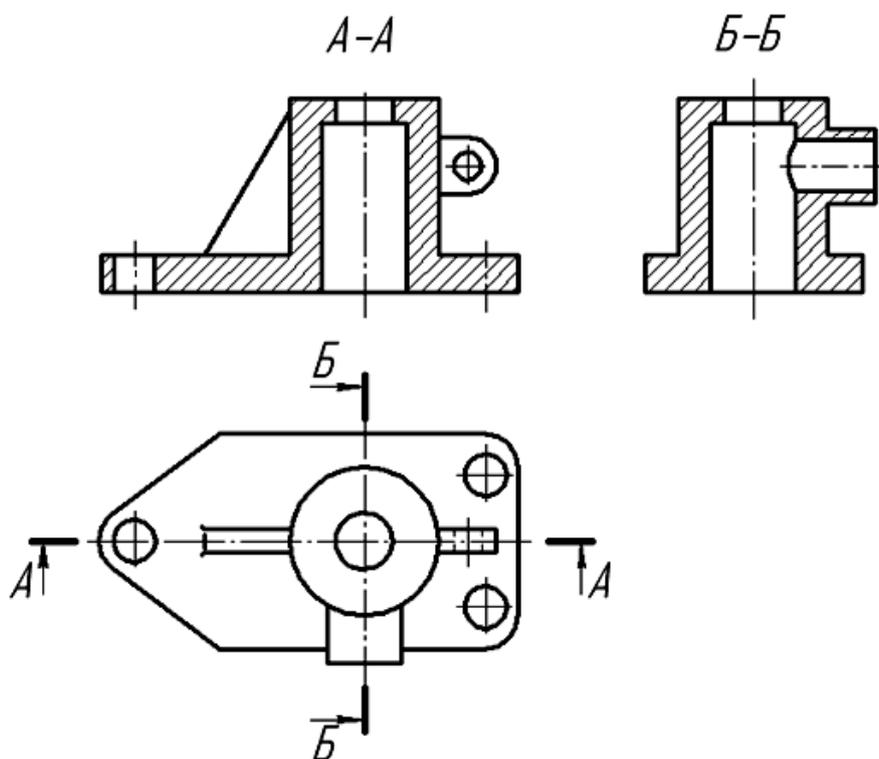


Рисунок 4.1 – Простые разрезы

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.

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*).

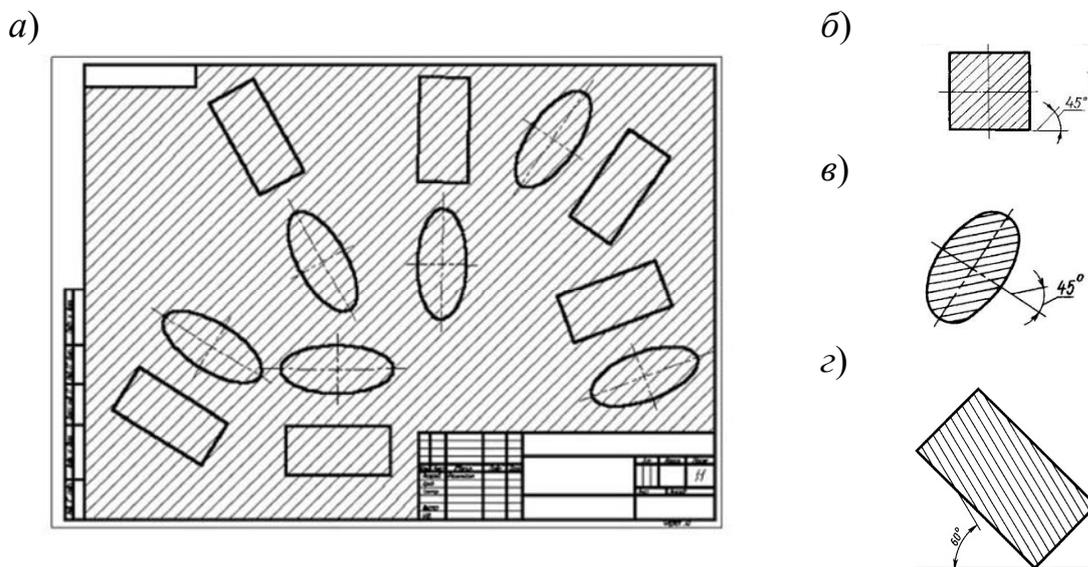


Рисунок 4.2 – Наклон штриховки на чертежах

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

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).

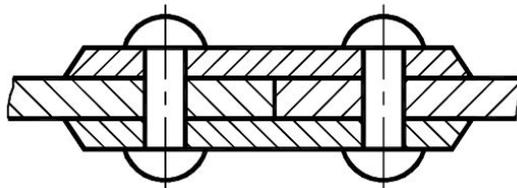


Рисунок 4.3 – Штриховка смежных деталей

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).

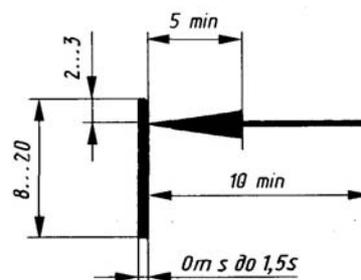


Рисунок 4.4 – Обозначение разреза

### **Вопросы для самоконтроля**

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

## 5 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).

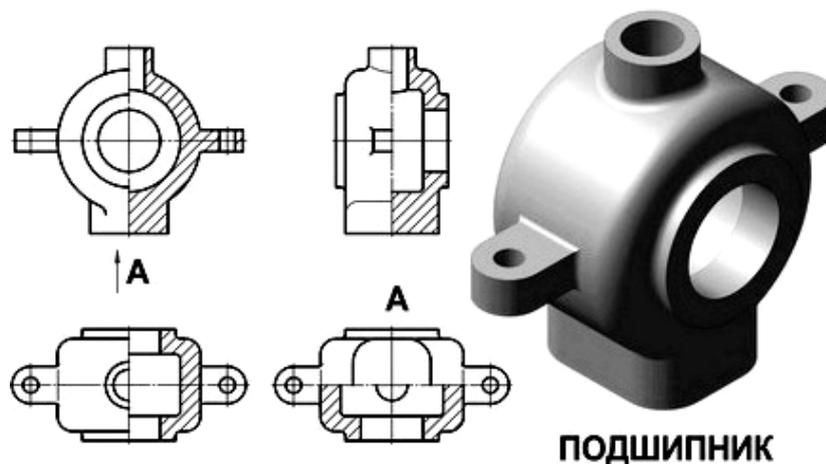


Рисунок 5.1 – Соединение половины вида и половины разреза

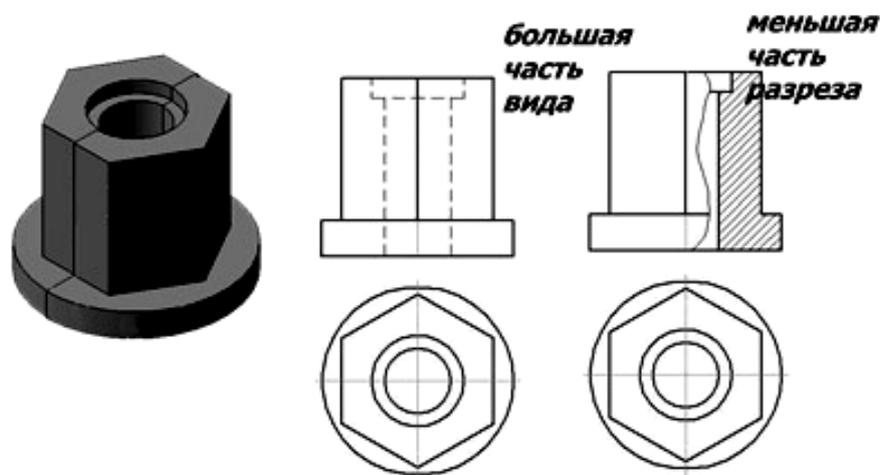


Рисунок 5.2 – Соединение части вида и части разреза

### **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).

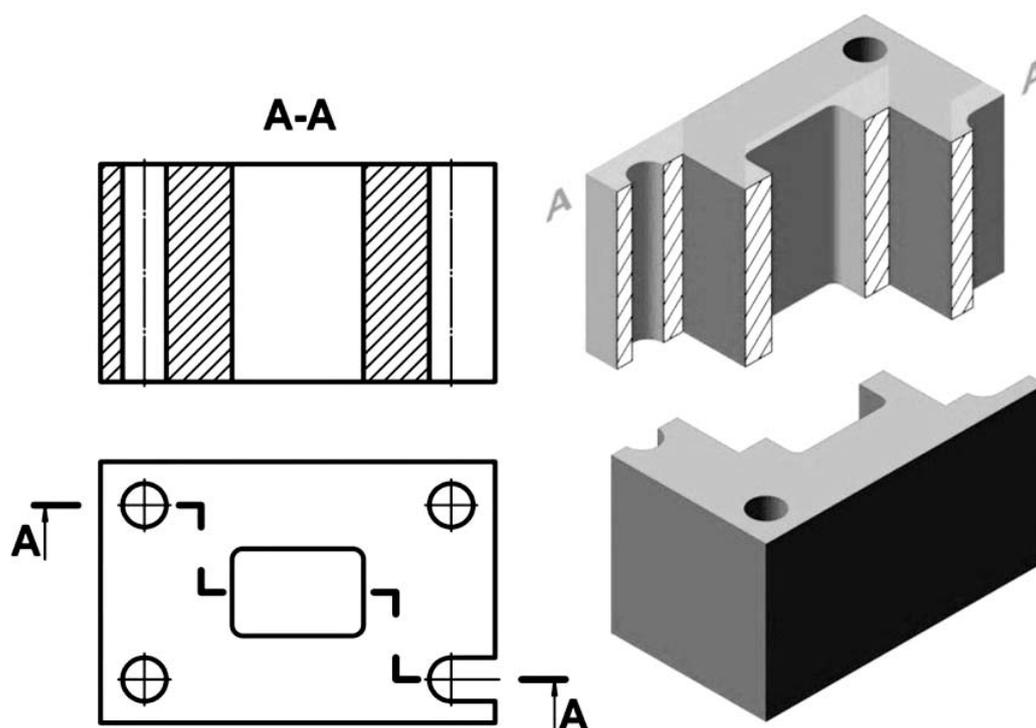


Рисунок 6.1 – Ступенчатый разрез

*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).

### *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.

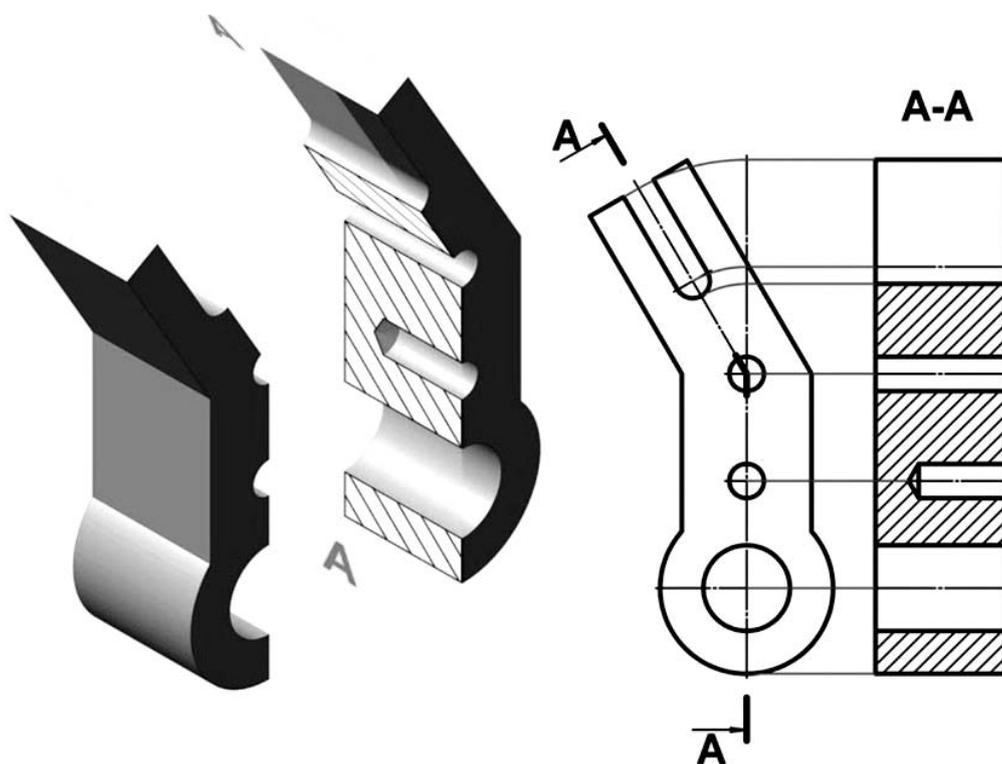


Рисунок 6.2 – Ломаный разрез

## 7 Соединения разъемные и неразъемные

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*).

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).

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



*a* – соединительные штифты; *б* – установочные штифты

Рисунок 7.1 – Соединение штифтами

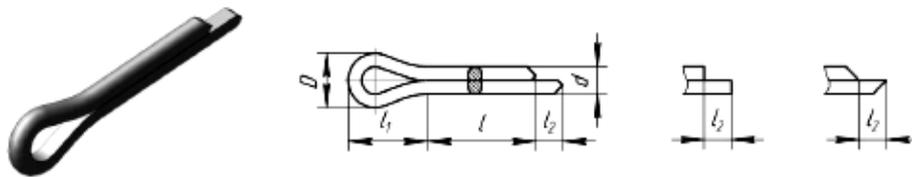
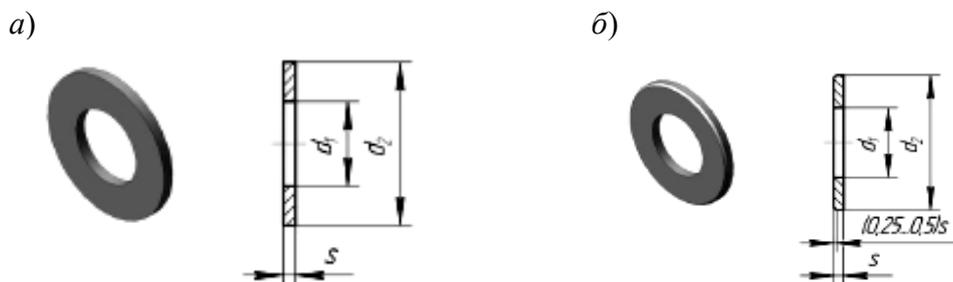


Рисунок 7.2 – Шплинт разводной

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



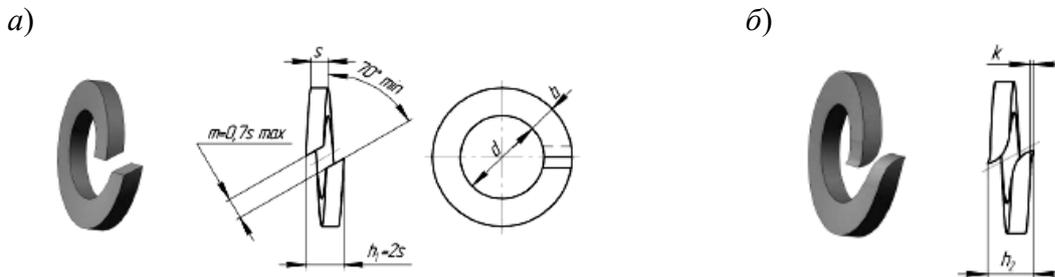
*a* – исполнение 1; *б* – исполнение 2

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.

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

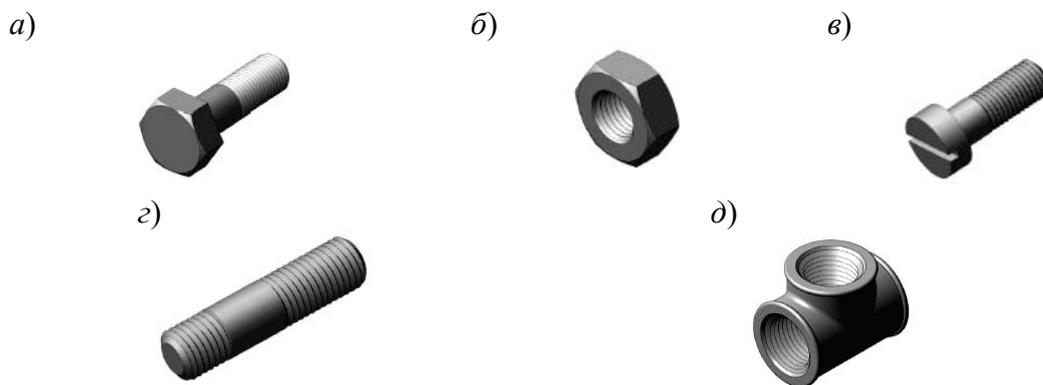
- 1) соединения, в которых резьба выполняется непосредственно на деталях, входящих в соединение;
- 2) соединения, осуществляемые с помощью специальных соединительных деталей, таких как болты, винты, шпильки, фитинги и др.



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

Рисунок 7.4 – Шайба пружинная

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

Неразъемными являются соединения, которые невозможно разобрать без частичного или полного разрушения соединяемых деталей. Детали в таких конструкциях соединяются в одно целое. К неразъемным соединениям относятся: сварные, паяные, клееные, заклепочные, сшивные. Приведем описание наиболее распространенных из них [2].

Сварным швом называют участок, образовавшийся в результате кристал-

лизации расплавленного материала или в результате пластической деформации стыков соединяемых деталей. Совокупность же деталей, соединенных сварным швом, называется сварным соединением.

По способу взаимного расположения частей свариваемых изделий различают соединения: стыковые (С), угловые (У), тавровые (Т), внахлестку (Н) и торцевые. По протяженности сварные швы подразделяются на непрерывные (сплошные), прерывистые (с цепным и шахматным расположением шва) и точечные. Кроме того, сварные швы бывают с предварительной подготовкой кромок и без нее. Некоторые типы сварных соединений и швов приведены на рисунке 7.6.

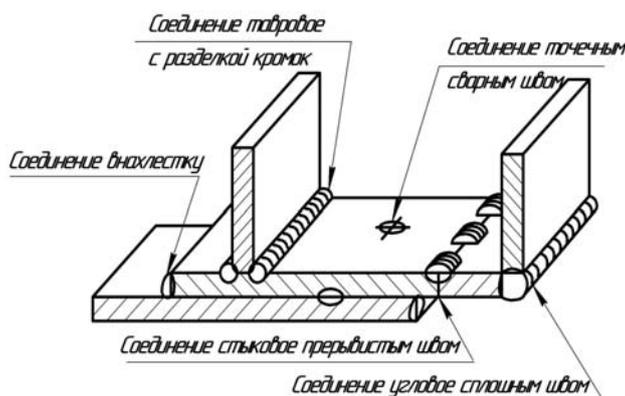


Рисунок 7.6 – Типы сварных соединений и швов

Структура полного условного обозначения стандартного сварного шва или одиночной точки показана на рисунке 7.7, где выделено блоками:

1 – обозначение номера стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;

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

3 – условное обозначение способа сварки согласно стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений (допускается не указывать);

4 – знак и размер катета сварного шва;

5 – размеры  $\langle l \rangle$  и  $\langle t \rangle$  для прерывистого шва, помещаемые вместе с соответствующим знаком, или расчетный диаметр для одиночной сварной точки, или диаметр электродзаклепки;

6 – вспомогательные знаки, например, знак обработки сварного шва с указанием требуемой шероховатости.

Если полка-выноска со стрелкой идет от лицевого изображения сварного шва, то его условное обозначение наносится над горизонтальной линией; если от изображения сварного шва от оборотной стороны, то условное обозначение приводится под горизонтальной линией (рисунок 7.8).

За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производят сварку; двустороннего шва с симметрично подготовленными кромками – любую сторону; двустороннего шва с несимметрич-

но подготовленными кромками – сторону, с которой производят сварку основного вида.

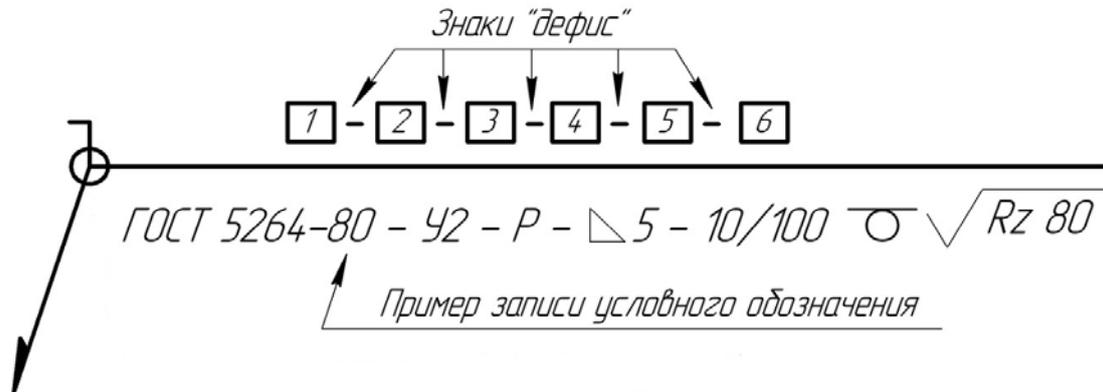


Рисунок 7.7 – Структура условного обозначения сварного шва

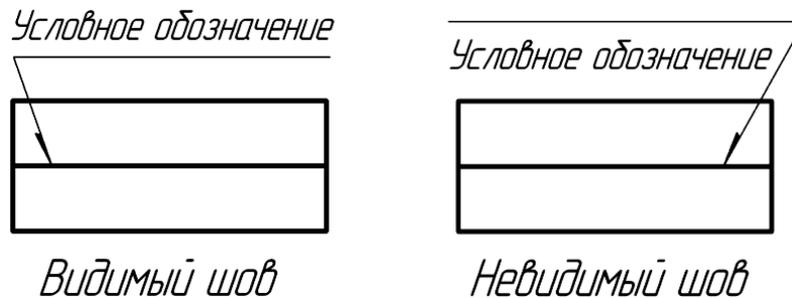


Рисунок 7.8 – Размещение условного обозначения шва с лицевой и обратной стороны

От изображения шва или одиночной точки проводят линию-выноску, которая заканчивается односторонней стрелкой. Линию-выноску предпочтительно проводить от изображения шва, где он показан линией, а не точкой (если сварной шов не точечный). Наклон линии-выноски к линии шва рекомендуется выполнять под углом  $30^\circ \dots 60^\circ$  (рисунок 7.9). К линии-выноске присоединяют горизонтальную полку, которая предназначена для записи условного обозначения стандартного сварного шва. В случае необходимости допускается излом линии-выноски.

Взаимное расположение свариваемых деталей в соединении и форма подготовки их кромок в условном обозначении шва определяется с помощью буквенно-цифрового символа. На рисунке 7.10 приведены наиболее распространенные виды соединений, пределы толщин в миллиметрах свариваемых деталей и соответствующие им буквенно-цифровые символы.

В условном обозначении сварного шва могут быть применены следующие вспомогательные знаки (рисунок 7.11):

1 – для прерывистого шва с цепным расположением провариваемых участков с указанием длины участка  $\langle l \rangle$  и шага  $\langle t \rangle$ ;

2 – для прерывистого или точечного шва с шахматным расположением провариваемых участков с указанием размеров  $\langle l \rangle$  и  $\langle t \rangle$ ;

3 – если необходимо снять усиление сварного шва с указанием (или без указания) шероховатости обработанной поверхности;

4 – когда требуется наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному материалу;

5 – когда требуется указать размер катета сварного шва в поперечном сечении;

6 – при выполнении шва по замкнутой линии, диаметр знака 3...5 мм;

7 – при выполнении шва по незамкнутой линии, если его расположение ясно из чертежа;

8 – когда сварной шов выполняют при монтаже, т. е. установке изделия. Знаки изображают основной линией. Высота знаков должна быть одинаковой с высотой цифр, входящих в обозначение шва.

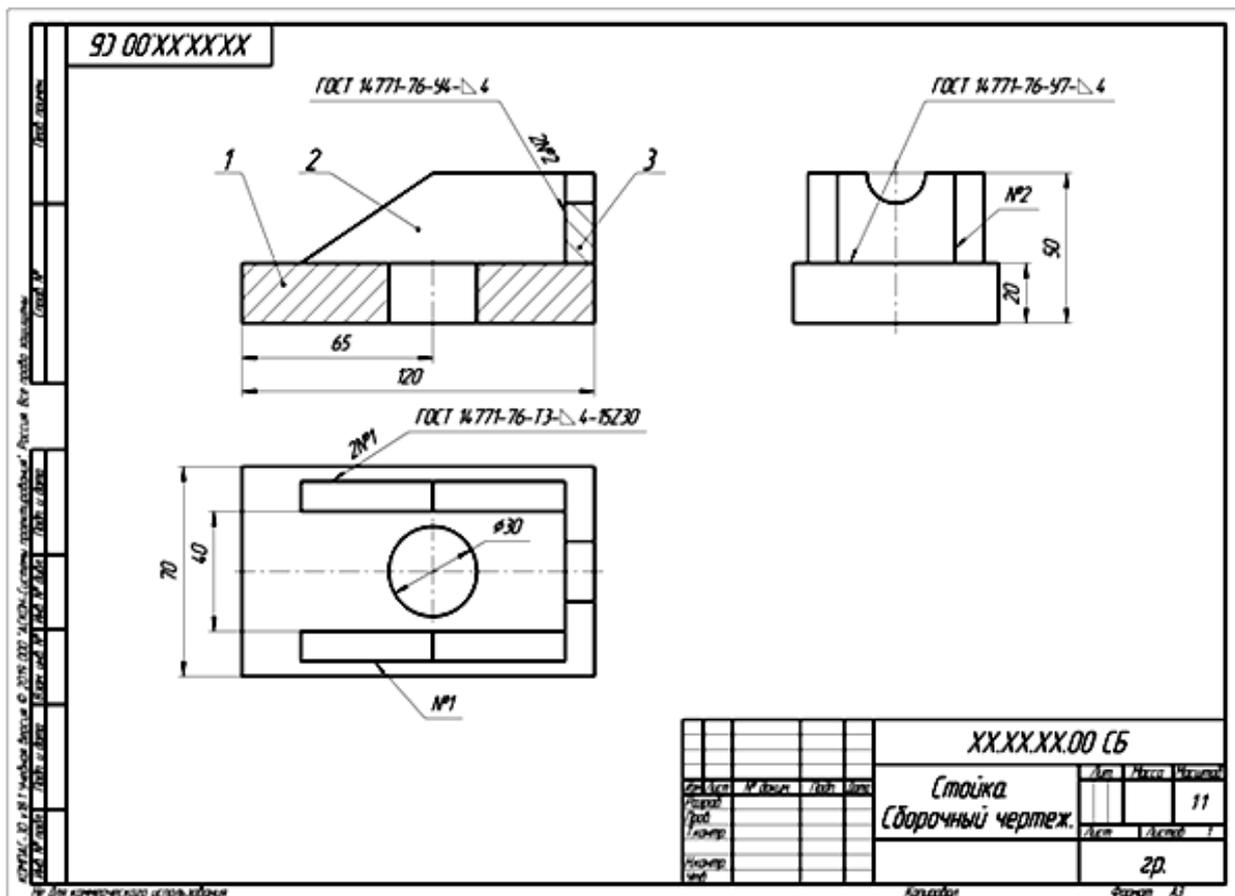


Рисунок 7.9 – Пример выполнения сварного соединения

C1	1...3	C2	1...6	C3	1...6	C4	2...8	C5	4...26
C6	4...26	C7	6...34	C8	4...26	C9	15...60	C10	15...60
C11	12...60	C12	30...100	C13	12...60	C14	8...40	C15	3...50
C16	6...100	C17	6...34	C18	3...50	C19	15...100	C20	15...100
C21	12...60	C22	30...100	C23	30...100	C24	12...60	C25	8...40
Y1	1...4	Y2	1...6	Y3	2...8	Y4	1...30	Y5	2...30
Y6	4...26	Y7	4...26	Y8	12...60	Y9	12...50	Y10	12...50
T1	2...30	T2	2...30	T3	2...30	T4	2...30	T5	2...30
T6	4...26	T7	4...26	T8	15...60	T9	12...60	T10	12...100
T11	30...100	H1	2...60	H2	2...60	H3	не менее 2		

Рисунок 7.10 – Условное изображение сварных швов

№ знака		1	2	3	4	5	6	7	8
Знак		$l/t$	$lZt$	$\bigcirc$	$\underbrace{\quad}$	$\triangle$	$\bigcirc$	$\equiv$	$\perp$
Положение на полке	Видимый сварной шов								
	Невидимый сварной шов								

Рисунок 7.11 – Знаки, применяемые в условном обозначении сварных швов

В условное обозначение сварного шва допускается включать буквенное обозначение способа сварки. Оно служит уточняющей информацией, например, Р – ручной способ сварки (см. рисунок 7.7).

На чертежах сварных соединений часто встречаются одинаковые швы, т. е. швы одного и того же типа с одинаковыми размерами конструктивных элементов и имеющие одинаковое условное обозначение. В этом случае у одного из изображенных швов проставляют условное обозначение, а от изображений остальных швов проводят линии-выноски с небольшими полками. Всем одинаковым швам присваивается один и тот же номер, который проставляют на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва. На всех остальных одинаковых швах на полке проставляют только номер шва. Допускается указывать количество сварных швов записью, например «20 № 1». Это говорит о том, что подобных одинаковых сварных швов на чертеже имеется двадцать штук (рисунок 7.12).

На чертеже изделия, в котором имеются одинаковые составные части, привариваемые одинаковыми швами, или же симметричного изделия с нанесенной осью симметрии допускается отмечать линиями-выносками и обозначать швы только у изображения одной части.

Если швы на данном чертеже выполнены по одному и тому же стандарту, допускается обозначение сварного шва указывать в технических требованиях записью типа «Сварку выполнить по контуру прилегания деталей по ГОСТ 5264–80. Катет сварного шва равен 5 мм».



Рисунок 7.12 – Обозначение одинаковых сварных швов

Пайка – процесс соединения деталей в нагретом состоянии посредством расплавленного припоя, который заполняет зазор между деталями и прочно соединяется с ними. Температура плавления припоя ниже температуры плавления металла соединяемых деталей.

Паяные швы по конструктивному признаку подразделяют на: нахлесточ-

ные (ПН-1...ПН-3) и телескопические (ПН-4...ПН-6), стыковые (ПВ-1, ПВ-2) и косостыковые (ПВ-3, ПВ-4), тавровые (ПТ-1...ПТ-4), угловые (ПУ-1...ПУ-3), соприкасающиеся (ПС-1...ПС-5). ГОСТ 19249–73 устанавливает основные типы паяных соединений и их условные обозначения (рисунок 7.13).

В условном обозначении шва паяного соединения указывают буквенно-цифровое обозначение типа паяного соединения, размеры сечения и длину шва.

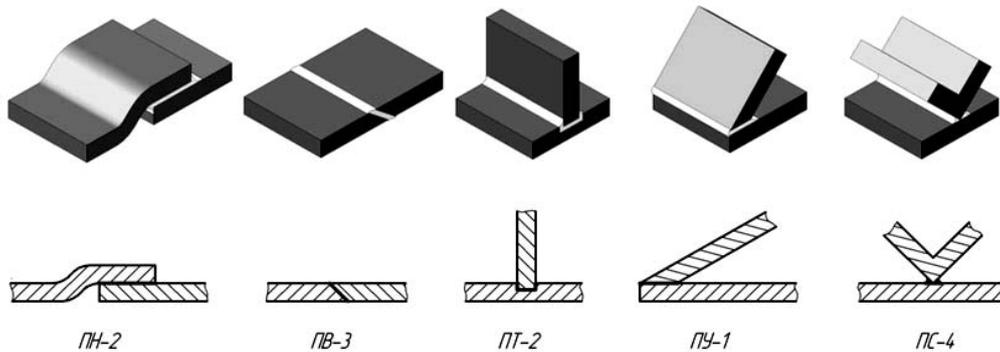


Рисунок 7.13 – Основные типы паяных соединений

Пример обозначения паяного шва: *ПН-1 0,05×10×150 ГОСТ 19249–73* (паяный шов нахлесточного соединения ПН-1, толщиной 0,05 мм, шириной 10 мм и длиной шва 150 мм). Обозначения припоя, клея по соответствующему стандарту или техническим условиям приводят в технических требованиях чертежа записью по типу: «ПОС 40 ГОСТ ...» или «Клей БФ-2 ГОСТ ...» и т. п., а ссылку на номер пункта помещают на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва. Способ пайки указывают в технологической документации.

Паяные соединения изображают и обозначают в соответствии с ГОСТ 2.313–82\*. При необходимости на изображении паяного соединения указывают размеры шва и обозначения качества его поверхности (рисунок 7.14).

Склеивание как метод сборки неразъемных соединений основан на важнейшем свойстве любого клея – адгезии, т. е. способности сцепляться с поверхностью любого материала. Клеевая прослойка формируется из клея путем заполнения им зазора между соединяемыми деталями.

На чертежах швы неразъемных соединений, полученных склеиванием, изображают условно по ГОСТ 2.313–82\* (рисунок 7.15).

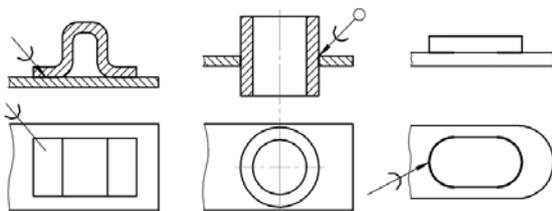


Рисунок 7.14 – Соединения пайкой

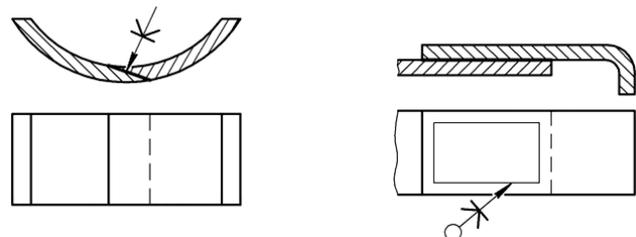


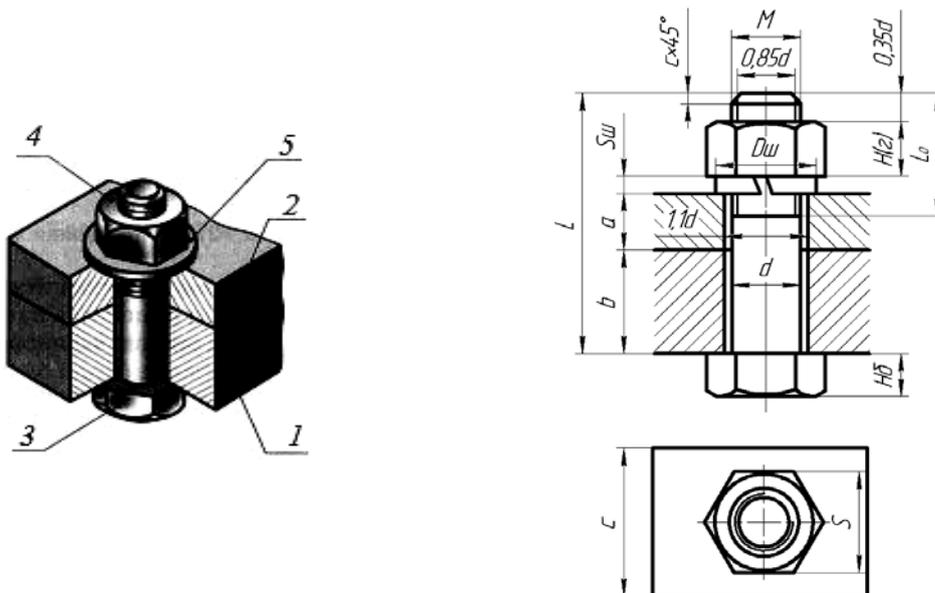
Рисунок 7.15 – Клеевое соединение

## Вопросы для самоконтроля

- 1 Какие соединения относятся к неразъемным?
- 2 Крепежные детали. Резьбовые стандартные изделия.
- 3 Структура условного обозначения сварного шва.

## 8 Соединение болтом и шпилькой

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:  $L_p = a + b + Su + H(z) + 0,35d$ . Размеры  $a$  и  $b$  берутся из схемы согласно выданному варианту. Размеры пружинной шайбы  $Su$ ,  $Du$  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.



на  $1,0 \dots 1,5$  мм больше, чем диаметр шпильки  $d$ . Как и при соединении болтом, надевают шайбу (деталь 4) и навинчивают гайку (деталь 3).

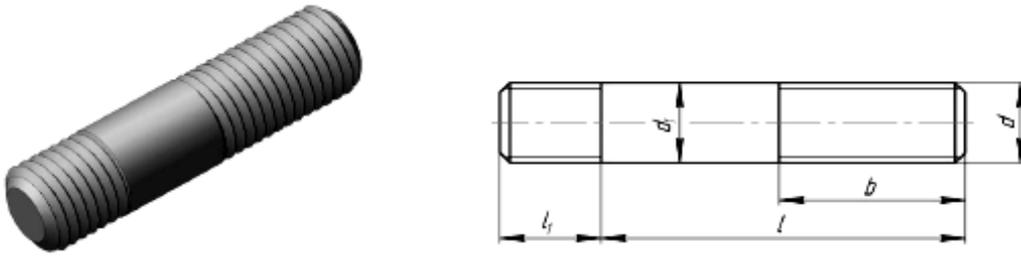


Рисунок 8.3 – Шпилька общего назначения исполнения 1

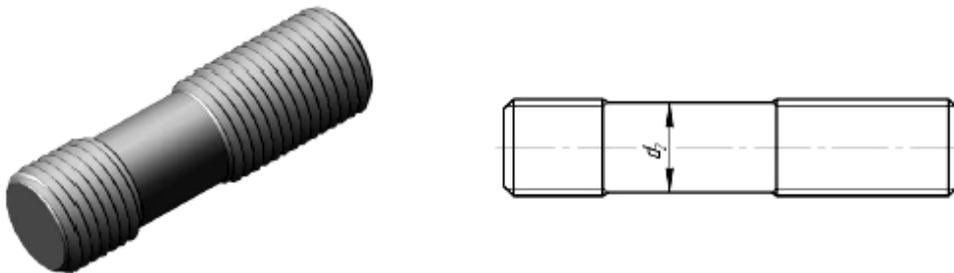


Рисунок 8.4 – Шпилька общего назначения исполнения 2

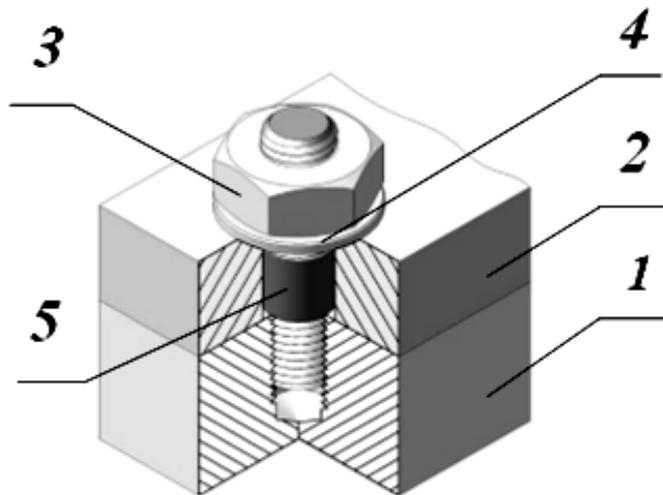


Рисунок 8.5 – Наглядное изображение соединения шпилькой

Исходным параметром для соединения шпилькой является диаметр резьбы шпильки  $d$ . Все параметры для выполнения задания выдает преподаватель.

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 (рисунок 8.6) 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 8.6 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.

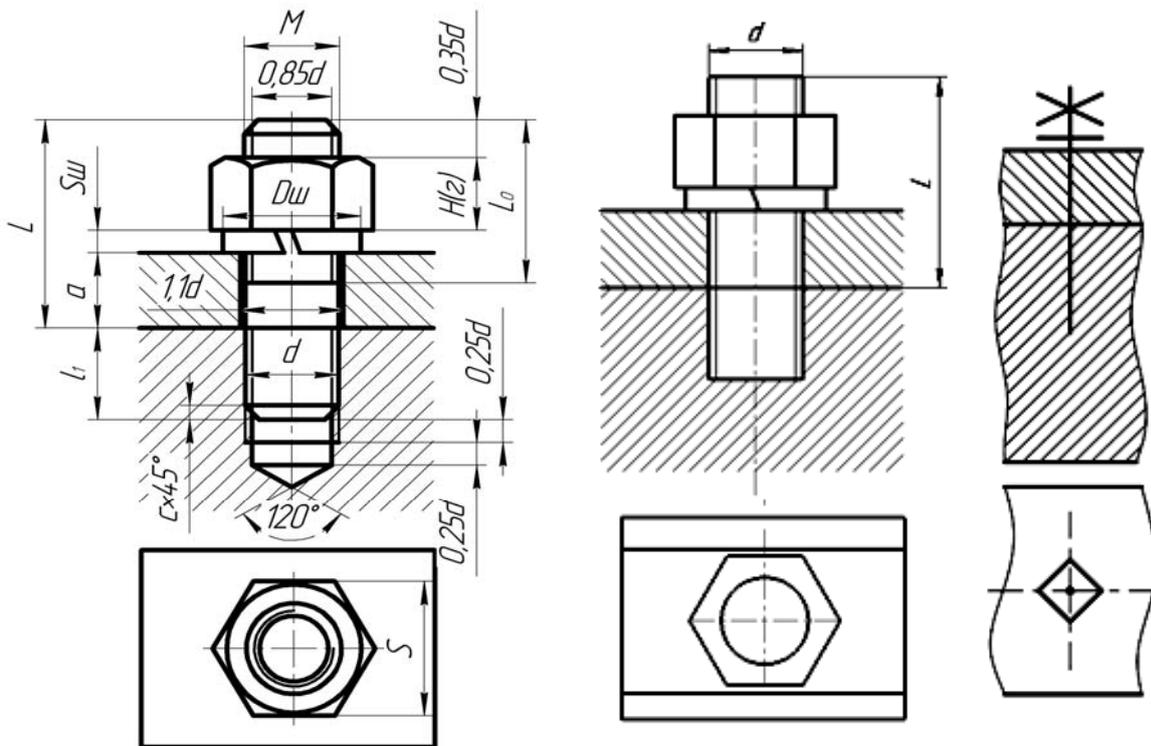


Рисунок 8.6 – Изображение соединения шпилькой

Диаметр сверления  $d_1$  равен внутреннему диаметру резьбы. Глубина сверления  $l_c = b_1 + 0,5d$ . Резьба нарезается на глубину  $l_p = b_1 + 0,25d$  (рисунок 8.7).

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 8.8. Исходные данные для выполнения задания выдает преподаватель.

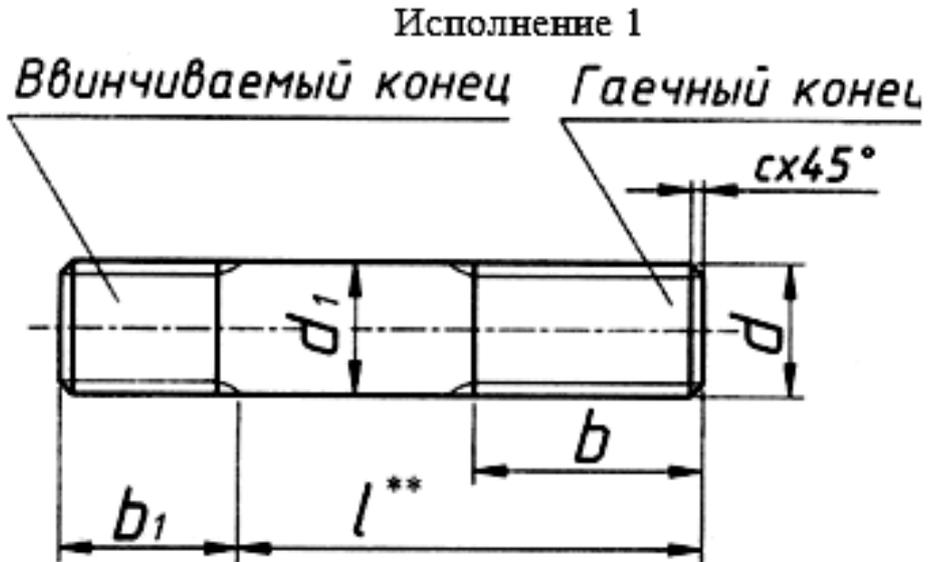


Рисунок 8.7 – Конструктивные размеры шпилек

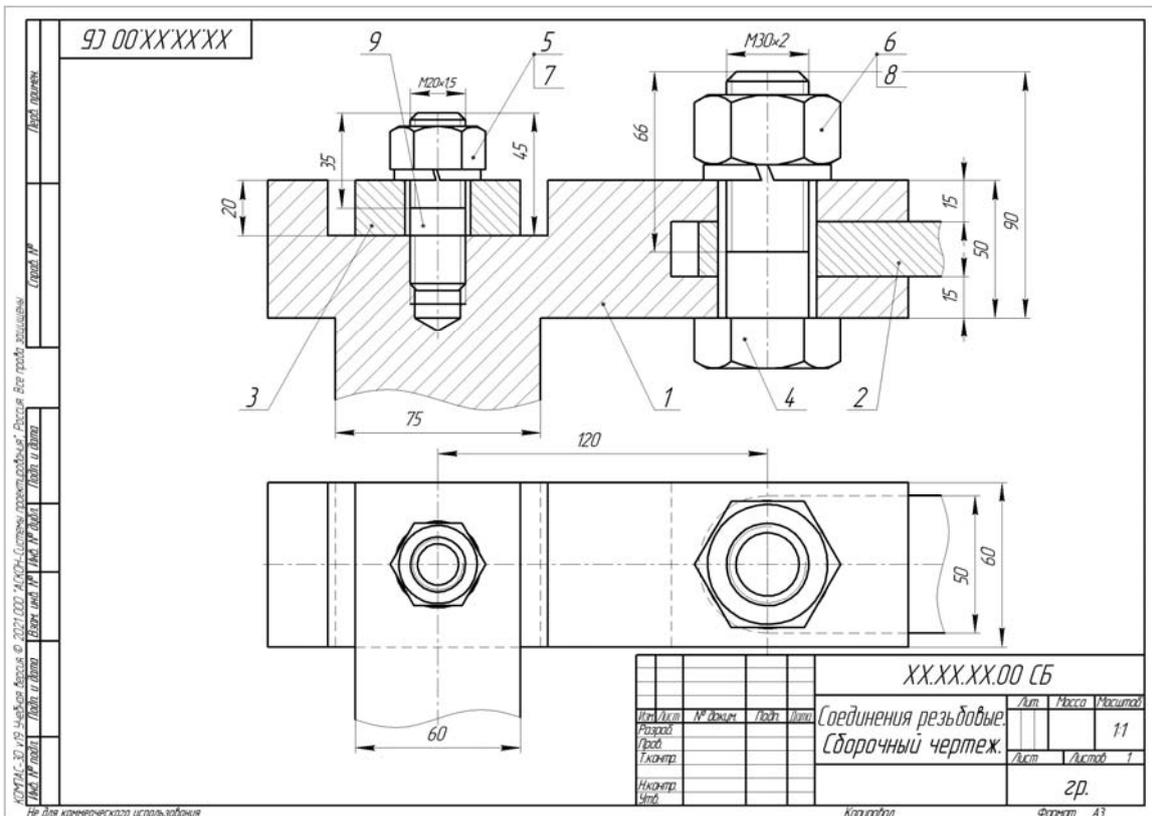


Рисунок 8.8 – Образец выполнения задания «Соединения резьбовые»

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

## 9 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 9.1).

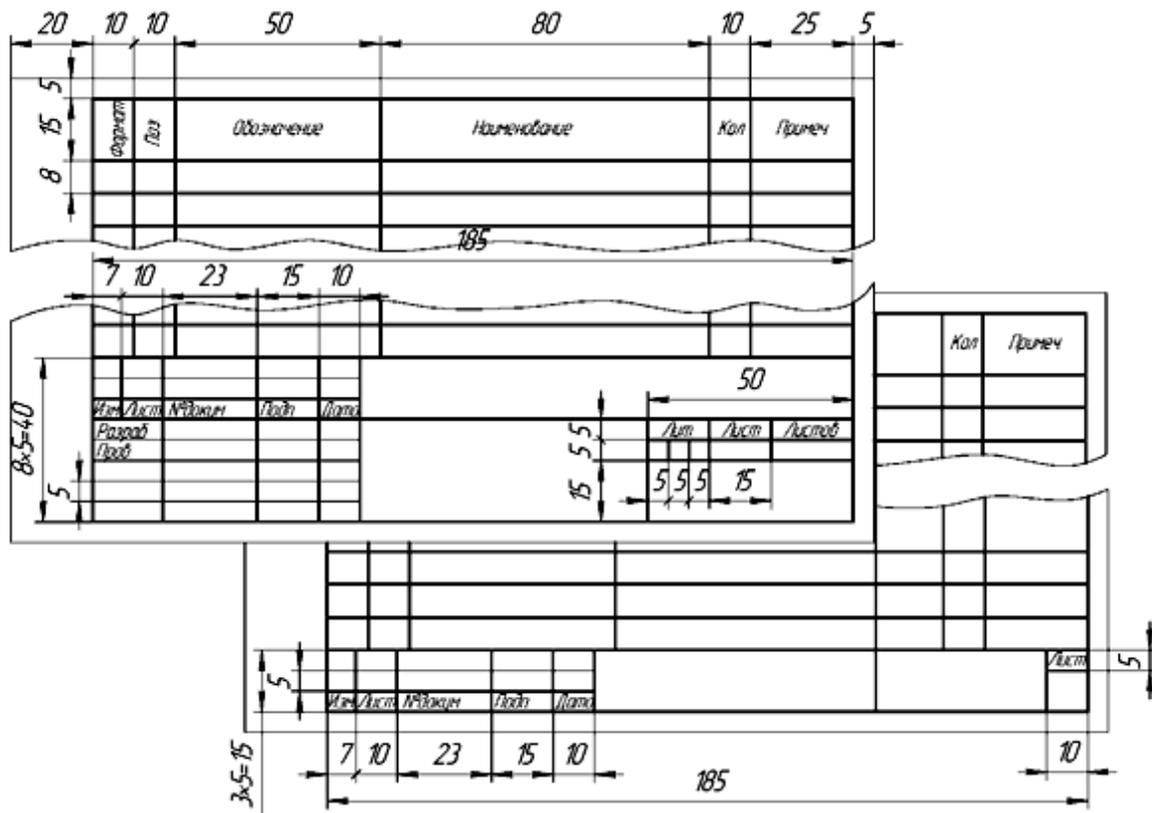


Рисунок 9.1 – Формы штампа основной надписи

В общем случае спецификация носит табличную форму, в колонках и строчках 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 (см. рисунок 8.8).

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*, *Шпилька*); 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.

На рисунке 9.2 приведен пример спецификации абстрактного изделия, соответствующий заданию «Соединения резьбовые».

*Шайба 24.65Г ГОСТ 6402–70.*

Шайба пружинная (по ГОСТ 6402–70) исполнения 1 для крепежной детали с диаметром резьбы 8 мм, из стали 65Г без покрытия. То же с кадмиевым, хромированным покрытием толщиной 9 мкм.

*Шпилька М20×1,5×55.069.029 ГОСТ 22032–76.*

Шпилька исполнения 1 с наружным диаметром резьбы 20 мм, мелким шагом 1,5 мм, рабочая длина шпильки  $l = 55$  мм, 6,9 – класс прочности, 0,2 – вид покрытия, 9 – толщина покрытия в микрометрах. Для шпильки исполнения 2 в условном обозначении перед наружным диаметром резьбы ставится цифра 2.

Формат	Этап	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Документация</i>		
A3			09.02.01.00.СБ.	Сборочный чертеж		
				<i>Детали</i>		
A4	1		09.02.01.01.	Корпус	1	
A4	2		09.02.01.02.	Крышка	1	
A4	3		09.02.01.03.	Уголок	1	
				<i>Стандартные изделия</i>		
	4			Болт М24х80.109.016 ГОСТ 7798-70	1	
	5			Винт М16х60.058.056 ГОСТ 1491-80	1	
	6			Гайка М20х15.5.016 ГОСТ 5915-70	1	
	7			Гайка М24.5.016 ГОСТ 5915-70	1	
	8			Шайба 16.01 ГОСТ 11371-78	1	
	9			Шайба 20.65Г ГОСТ 6402-70	1	
	10			Шайба 24.65Г ГОСТ 6402-70	1	
	11			Шпилька М20х15х55.069 ГОСТ 22032-76	1	
			09.02.01.00.			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Соединение резьбовое БРУ, гр. ТМ-051	
Разраб.	Иванов					
Проб.	Петров					
Исполн.					Лит.	Лист
Утв.						1

Рисунок 9.2 – Пример спецификации

### 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.

## 10 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 10.1–10.3).

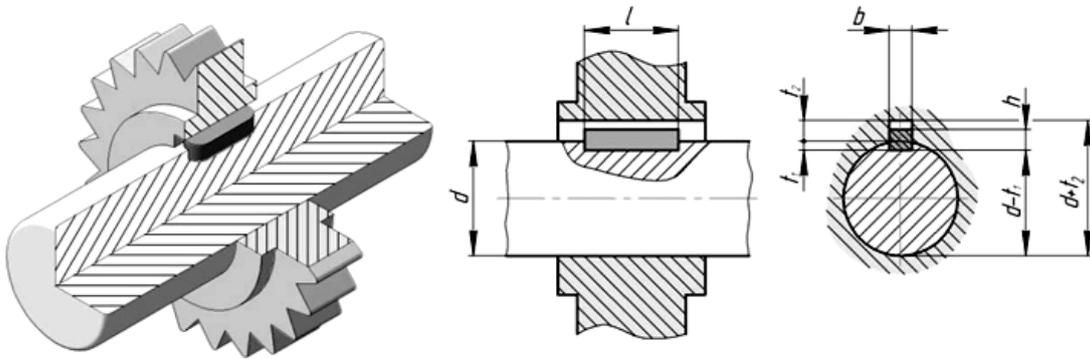


Рисунок 10.1 – Соединение шпоночное с призматической шпонкой

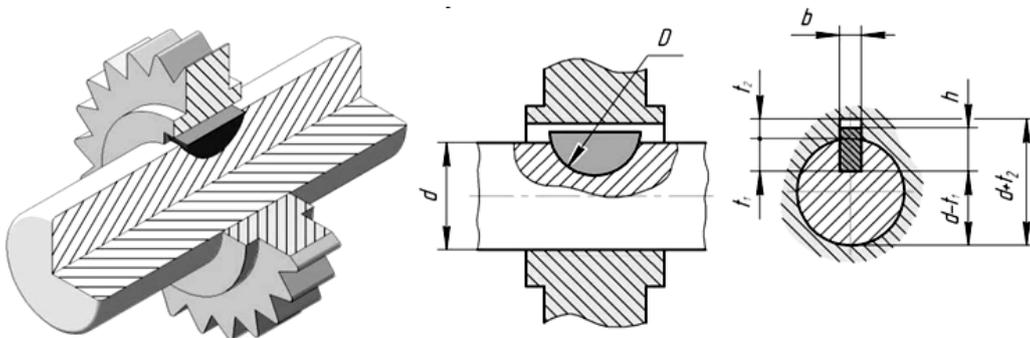


Рисунок 10.2 – Соединение шпоночное с сегментной шпонкой

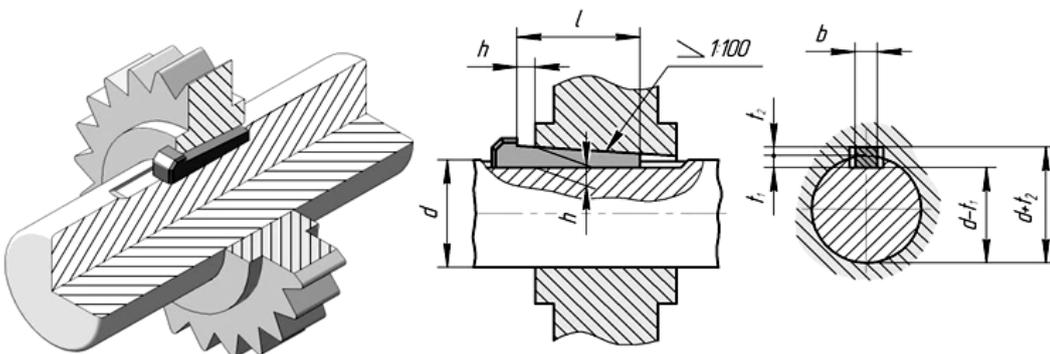


Рисунок 10.3 – Соединение шпоночное с клиновой шпонкой

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.*

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 10.4). 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 10.5).

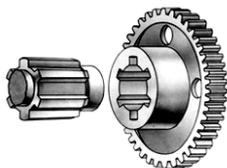


Рисунок 10.4 – Соединение шлицевое



Рисунок 10.5 – Профиль зубьев шлицевого соединения

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:  $d-8 \times 36 \times 40 \times 7$ .

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

- 1 Виды шпоночных соединений.
- 2 Приведите примеры обозначения шпоночных соединений.
- 3 Преимущества шлицевых соединений.
- 4 Приведите примеры обозначения шлицевого соединения.
- 5 Выполните шпоночно-шлицевое соединение. Исходные данные для выполнения задания выдает преподаватель.

## **11 Чтение сборочного чертежа**

*Сборочный чертеж* содержит различные изображения изделия (виды, разрезы, сечения, укрупненные выносные элементы) и другие данные, необходимые уже для его сборки (изготовления) и контроля работы. Кроме габаритных, установочных/присоединительных и необходимых справочных размеров на нем указываются и те размеры, которые должны быть выполнены или проконтролированы в процессе сборки. В шифре сборочного чертежа проставляется аббревиатура СБ.

*Прочсть* сборочный чертеж означает подробно разобраться с основными его функциями, которые можно свести к следующему перечню действий:

- уяснение назначения и принципа работы изделия. Для чего анализируется информация в штампе основной надписи, возможные описания устройства, дополнительные данные в виде технических требований, технических характеристик, схем и т. д.;

- определение габаритных, установочных и присоединительных размеров изделия и его составных частей, в том числе с учетом возможных перемещений подвижных частей;

- формирование представлений об имеющихся в изделии соединениях деталей, их разновидностях, форме и размерах;

- установление порядка сборки/разборки изделия и необходимых условий контроля этого процесса;

- определение комплектности изделия. Совместно со сборочным чертежом анализируется сопутствующий конструкторский документ «СПЕЦИФИКАЦИЯ»;

- составление по имеющемуся сборочному чертежу представлений о форме, размерах и особенностях деталей, входящих в изделие.

На сборочных чертежах *допускается не показывать* (рисунок 11.1):

- фаски (поз. 1), скругления (поз. 2), проточки (поз. 3), углубления, выступы, рифления, насечки, оплетки и другие мелкие элементы деталей;

- зазоры между стержнем и отверстием (поз. 4);
- недорез резьбы и коническую часть глухого отверстия (поз. 6);
- лекальные кривые и линии перехода, они заменяются дугами окружности или прямыми линиями;
- крышки, маховики, фланцы, щиты, кожухи и т. п., если проекция детали закрывает конструктивную особенность сборочной единицы. При этом над изображением делают соответствующую надпись: «Крышка поз. ... не показана» или: «Дет. поз. ... не показаны» и т. д. В таких случаях эти детали целесообразно изображать отдельно с добавлением надписи типа «В деталь поз. 8» (рисунок 11.2);
- на сборочном чертеже крайние положения подвижных деталей изображают штрихпунктирной линией с двумя точками (см. рисунок 11.2);
- линии невидимого контура, т. к. это часто затрудняет чтение чертежа.

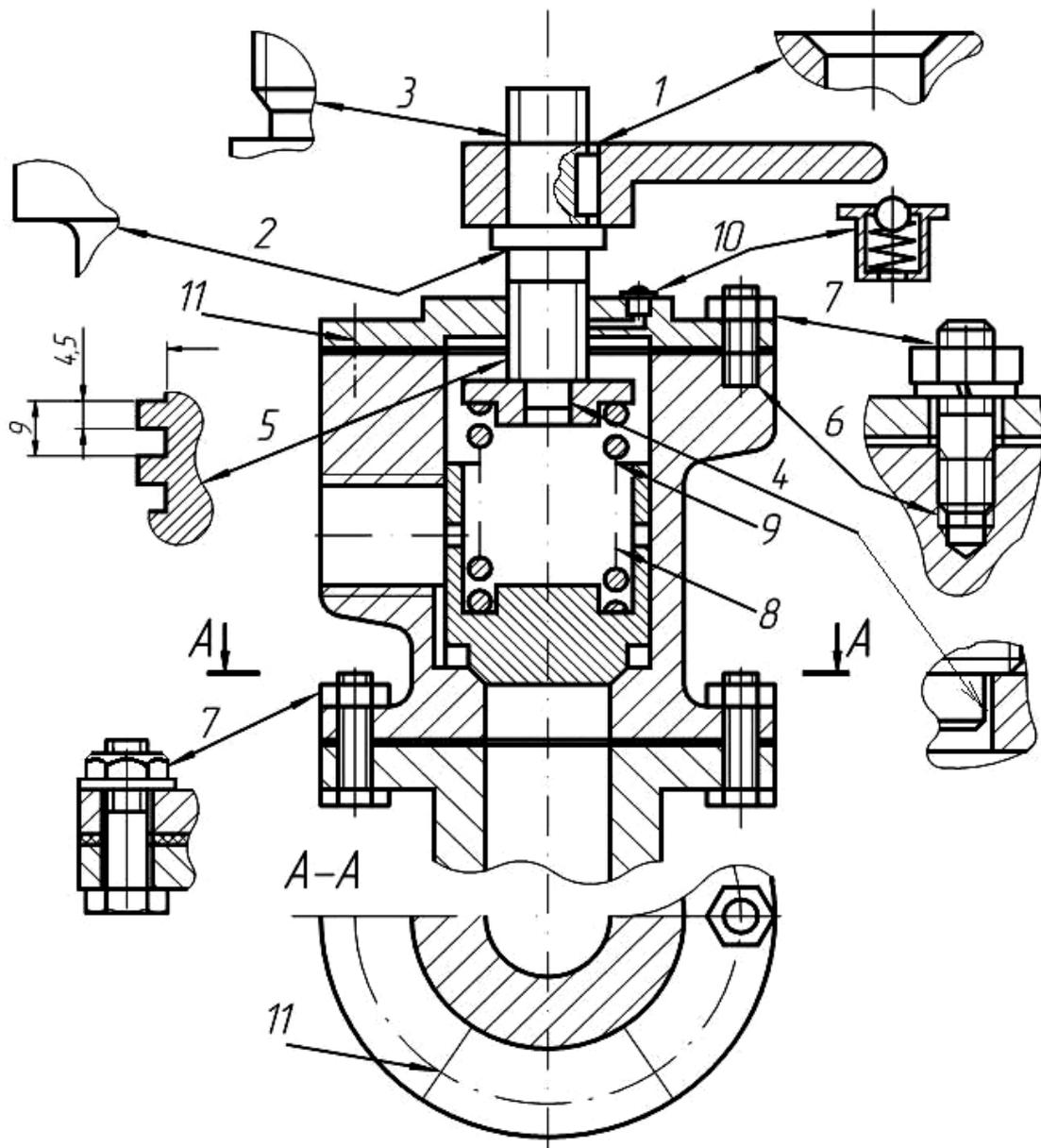


Рисунок 11.1 – Условности и упрощения, используемые на сборочных чертежах

На сборочных чертежах условно *не рассечёнными* показывают:

- винты, болты, штифты, гайки, шпильки, шпонки, шайбы и другие крепежные изделия, если они располагаются в разрезах, проходящих вдоль их продольных осей (поз. 6 и 7);
- сплошные валы и оси в разрезах продольными плоскостями. Дополнительные конструктивные элементы этих деталей показывают с помощью местных разрезов (поз. 3) или вынесенных сечений;
- типовые, покупные и другие широко применяемые изделия. Их показывают лишь внешними очертаниями без подробностей (поз. 10);
- спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки ребер жесткости, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны этого элемента (см. рисунок 11.2);
- те составные части изделия, на которые оформлены самостоятельные сборочные чертежи (поз. 10).

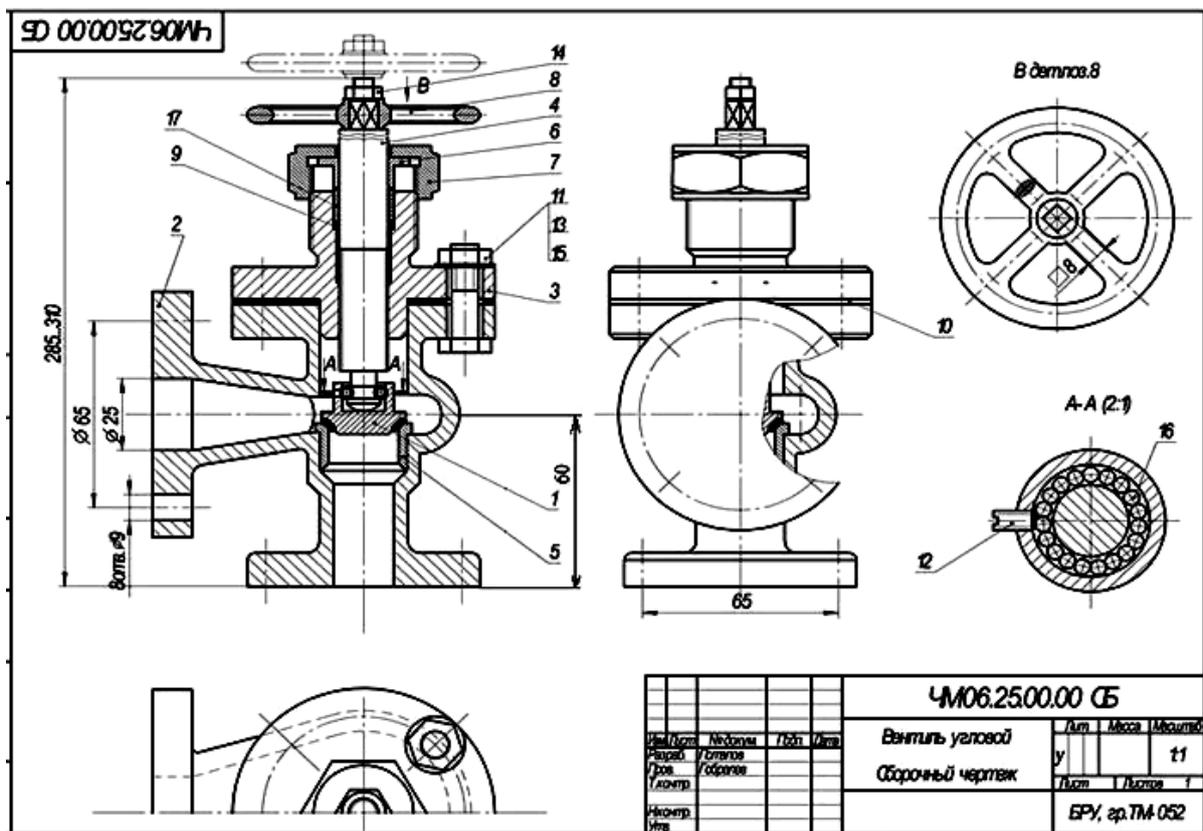


Рисунок 11.2 – Пример выполнения сборочного чертежа

При наличии в сборочной единице нескольких одинаковых составных частей (например, соединений крепежными деталями) допускается изображать одно-два, а остальные указывать осевыми или центровыми линиями (поз. 11).

Для упрощения чертежей и сокращения количества изображений допускается изображать в разрезе отверстия, расположенные на круглом фланце, даже если они не попадают в секущую плоскость.

При штриховке деталей, попавших в плоскость разреза, необходимо иметь в виду, что одна и та же деталь на всех разрезах сборки штрихуется одинаково.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Дайте определение термину *Сборочный чертеж*.
- 2 Прочесте сборочный чертеж означает ....
- 3 Какие изображения и данные содержит сборочный чертеж?
- 4 Чтение сборочного чертежа.
- 5 Условности и упрощения, используемые на сборочных чертежах.
- 6 Не *рассечёнными* на сборочных чертежах условно показывают ....

## **12 Детализирование сборочного чертежа**

После выполнения сборочного чертежа (или чертежа общего вида) подготовка конструкторской документации сводится к разработке чертежей каждой нестандартной детали изделия. Такие чертежи называются *рабочими чертежами*, т. к. они содержат изображения детали и другие данные, необходимые для её изготовления и контроля. Процесс их разработки называется *детализированием сборочного чертежа*.

Рабочие чертежи выполняются только на нестандартные детали. Для стандартных изделий форма, размеры и условные обозначения оговорены соответствующими стандартами.

Рабочие чертежи деталей в совокупности с техническими условиями должны содержать все необходимые данные, определяющие форму, размеры, допуски, материал, термическую обработку, отделку и другие сведения, необходимые для изготовления и контроля деталей.

Правила составления рабочих чертежей устанавливает ГОСТ 2.109–73.

Примеры рабочих чертежей представлены на рисунках 12.1 и 12.2.

При выполнении рабочего чертежа детали необходимо придерживаться следующей последовательности:

1) определить необходимое количество изображений детали, которое должно быть минимальным, но достаточным для полного представления ее формы и размеров. Особое значение имеет правильный выбор главного изображения. В качестве его выбирают такое, которое дает наиболее полное представление о форме и размерах детали. Оно должно располагаться в проекционной связи с остальными изображениями, что способствует быстрому и легкому чтению чертежа. Целесообразно, чтобы главное изображение давало представление и о внутренней форме детали;

2) установить масштаб чертежа детали. Предпочтительно применять масштаб 1:1, дающий представление о действительных размерах детали;

3) выбрать формат листа бумаги;

4) компоновать изображения детали на листе. Намеченные виды, разрезы и сечения выполняются тонкими сплошными линиями;

5) нанести необходимые размеры и условные знаки;

6) оформить рабочий чертеж. Обвести сплошной линией контуры всех

изображений. Нанести штриховку на разрезах и сечениях в соответствии с материалом детали. Разрезы или сечения одной и той же детали на всех ее изображениях заштриховываются в одном направлении. Заполняют графы основной надписи чертежа с занесением обозначения детали, наименования детали, обозначения марки материала и номера стандарта.

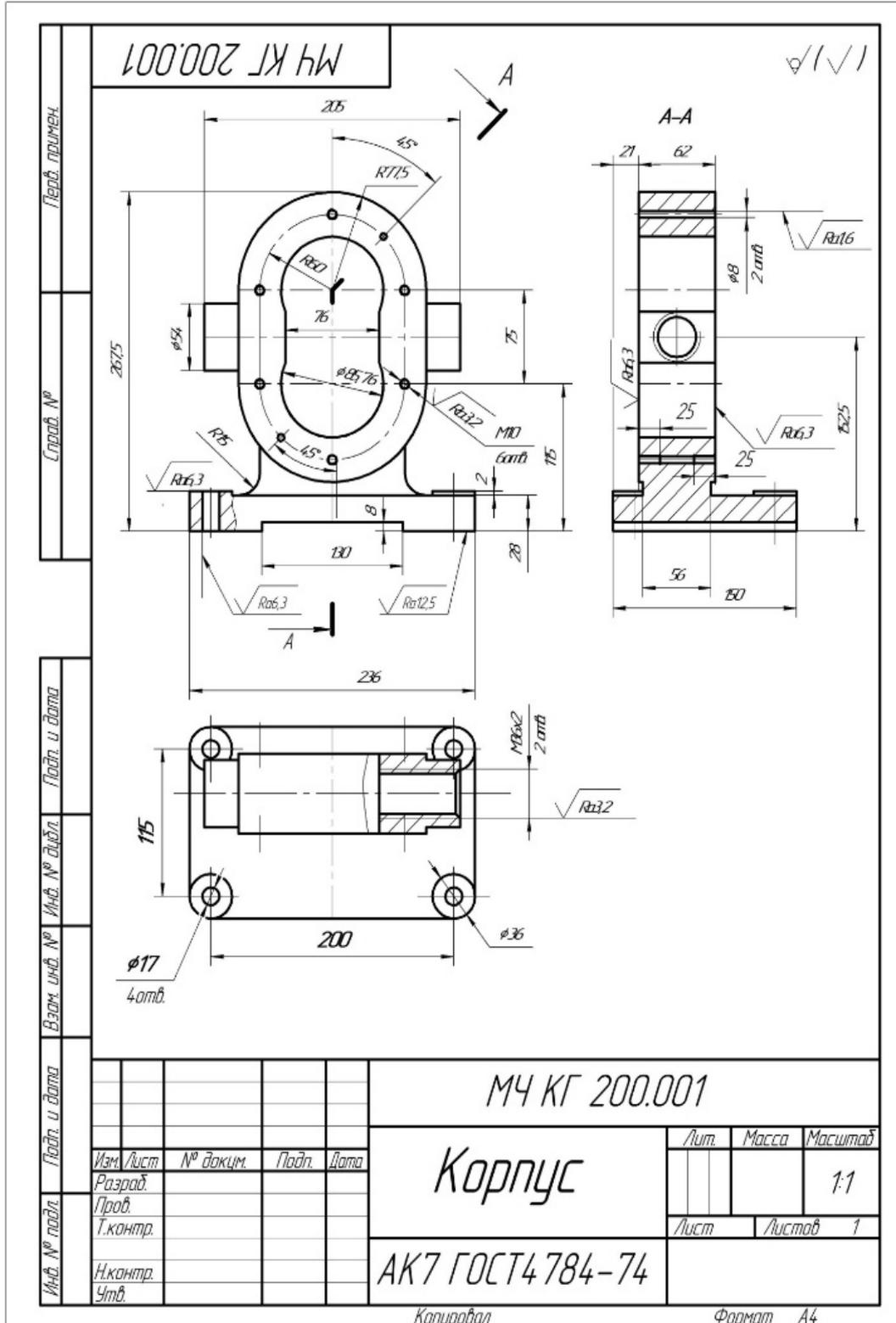


Рисунок 12.1 – Рабочий чертеж «Корпус»

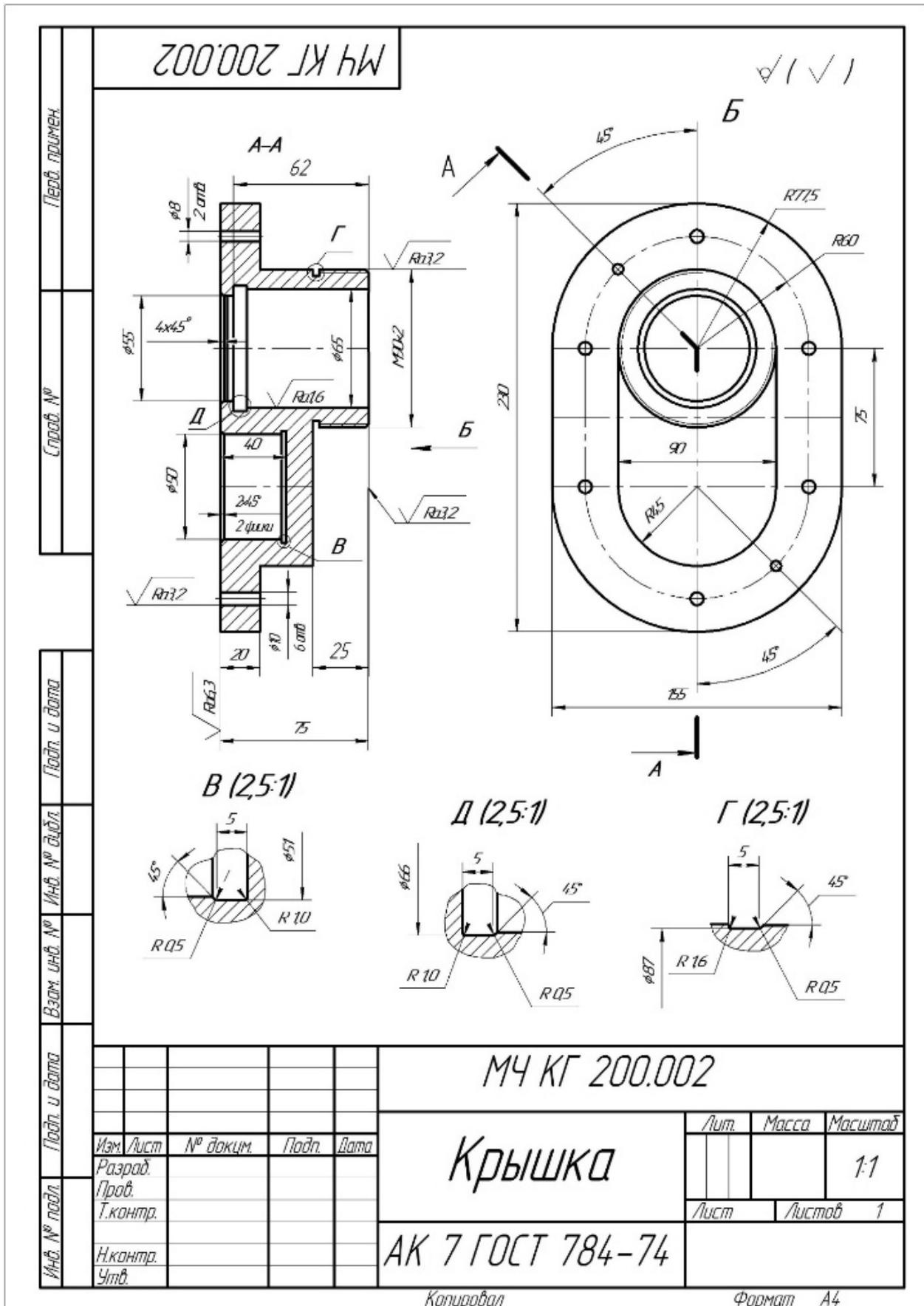


Рисунок 12.2 – Рабочий чертеж «Крышка»

На рабочем чертеже может присутствовать и текстовая часть, содержащая технические требования или технические характеристики; таблицы с размерами и другими параметрами.

### ***Вопросы для самоконтроля***

- 1 Какие чертежи называют рабочими?
- 2 Для каких деталей выполняются рабочие чертежи?
- 3 Какие данные должны содержать рабочие чертежи?
- 4 Последовательность выполнения рабочих чертежей.

## **Список литературы**

- 1 Инженерная графика: учебник / Н. П. Сорокин [и др.]; под ред. Н. П. Сорокина. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2022. – 392 с.
- 2 **Цакунов, А. А.** Инженерная графика. Основы начертательной геометрии. Основы технического черчения. Основы машиностроительного черчения: учебное пособие / А. А. Цакунов, Т. Э. Каптилович; под ред. Г. Ф. Ласуты. – Минск: Минфин, 2020. – 195 с.
- 3 **Чекмарев, А. А.** Инженерная графика. Машиностроительное черчение: учебник / А. А. Чекмарев. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 396 с.
- 4 **ГОСТ 2.305–2008.** Изображения – виды, разрезы, сечения. – Минск: Госстандарт, 2010. – 28 с.
- 5 **ГОСТ 2.311–68.** Изображение резьбы. – Минск: Госстандарт, 2010. – 7 с.
- 6 **ГОСТ 23360–78.** Шпонки призматические. Размеры, допуски и посадки. – Москва: Изд-во стандартов, 1979. – 19 с.
- 7 **ГОСТ 24071–97.** Сегментные шпонки и шпоночные пазы. – Москва: Изд-во стандартов, 2000. – 6 с.
- 8 **ГОСТ 1139–80.** Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски. – Минск: Госстандарт, 2011. – 9 с.
- 9 Проекционное черчение. Инженерная графика: методические рекомендации к практическим занятиям для студентов всех специальностей и направлений подготовки / Сост. О. А. Воробьева, Ж. В. Рымкевич. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2018. – 25 с.
- 10 Чертеж сборочной единицы. Детализование. Инженерная графика. Начертательная геометрия и компьютерная графика. Начертательная геометрия и инженерная графика: методические рекомендации к практическим занятиям для студентов всех специальностей и направлений подготовки очной и заочной форм обучения / Сост. Н. Н. Гобралев [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2018. – 43 с.
- 11 Шпоночные и шлицевые соединения. Инженерная графика: методические рекомендации к практическим занятиям для студентов всех специальностей и направлений подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»,

23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» / Сост. О. А. Воробьева, Ж. В. Рымкевич. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2019. – 24 с.

12 Инженерная графика: методические рекомендации к лабораторным работам для студентов направления подготовки 27.03.05 «Инноватика» очной формы обучения / Сост. Ж. В. Рымкевич [и др.]. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2022. – 48 с.