

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Основы проектирования машин»

ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ ГРАФИКА

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов специальности*

*6-05-0722-05 «Производство изделий на основе
трехмерных технологий» 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

Составители: канд. техн. наук, доц. Н. Н. Гобралев;
ст. преподаватель О. А. Воробьева

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

Методические рекомендации предназначены для студентов специальности 6-05-0722-05 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» очной формы обучения. В них рассматривается последовательность выполнения всех индивидуальных графических заданий по курсу дисциплины «Инженерная и машинная графика».

Учебное издание

ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ ГРАФИКА

Ответственный за выпуск	А. П. Прудников
Корректор	А. А. Подошевки
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. Оформление чертежей в соответствии с требованиями ЕСКД.....	5
2 Геометрическое черчение. Уклон. Конусность. Сопряжения.....	5
3 Проекционное черчение. Виды.....	10
4 Проекционное черчение. Разрезы.....	12
5 Проекционное черчение. Сложные разрезы.....	15
6 Метрические задачи.....	16
7 Пересечение поверхностей.....	19
8 Разъемные и неразъемные соединения. Резьбовые соединения.....	21
9 Разъемные и неразъемные соединения. Построение соединения болтом по действительным размерам и в упрощенном виде.....	23
10 Разъемные и неразъемные соединения. Построение соединения винтом по действительным размерам и в упрощенном виде.....	25
11 Разъемные и неразъемные соединения. Спецификация	25
12 Разъемные и неразъемные соединения. Шпоночные соединения.....	28
13 Разъемные и неразъемные соединения. Шлицевые соединения...	30
14 Разъемные и неразъемные соединения. Сварные соединения.....	31
15 Эскизы. Эскиз вала.....	34
16 Эскизы. Эскиз зубчатого колеса.....	37
17 Деталирование.....	42
Список литературы.....	43

Введение

Целью изучения дисциплины «Инженерная и машинная графика» является развитие пространственного представления и воображения, конструктивно-геометрического мышления, способностей к анализу и синтезу пространственных форм на основе графических моделей, практически реализуемых в виде чертежей конкретных пространственных объектов. Знание общих методов построения и чтения чертежей, решение большого числа разнообразных инженерно-геометрических задач, возникающих в процессе проектирования, конструирования и эксплуатации различных строительных объектов – зданий и сооружений, строительных и инженерных конструкций. Знание стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и системы проектной документации для строительства (СПДС).

Предметом начертательной геометрии является изложение и обоснование способов построения изображений пространственных форм на плоскости, а также решение задач геометрического характера по заданным изображениям этих форм.

Все задачи, связанные с построением чертежей, разбиваются на прямые и обратные. Прямая задача начертательной геометрии – изучение методики построения проекционных чертежей пространственных объектов. Обратная ее задача – изучение методики чтения чертежей или мысленного восстановления пространственных объектов по их чертежам.

В методических рекомендациях для практических занятий изложены основы дисциплины, необходимые для решения практических задач и выполнения индивидуальных графических заданий по пройденным темам. Приведены образцы выполнения и оформления листов индивидуальных заданий.

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

1 Геометрическое черчение. Оформление чертежей в соответствии с требованиями ЕСКД

При выполнении чертежей руководствуются государственными стандартами – ГОСТами. Все стандарты объединены в ЕСКД – единую систему конструкторской документации. Это комплекс стандартов, устанавливающих для всех отраслей промышленности и строительства единые правила по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации. Соответствующие ГОСТы определяют размеры форматов, форму основных надписей, масштабы, шрифты и типы линий, используемые на чертежах, правила нанесения размеров, графические обозначения материалов.

2 Геометрическое черчение. Уклон. Конусность. Сопряжения

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

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 2.1). Его величина стандартная и имеет определенные размеры. Поэтому есть специальные правила построения этого элемента на чертежах деталей.

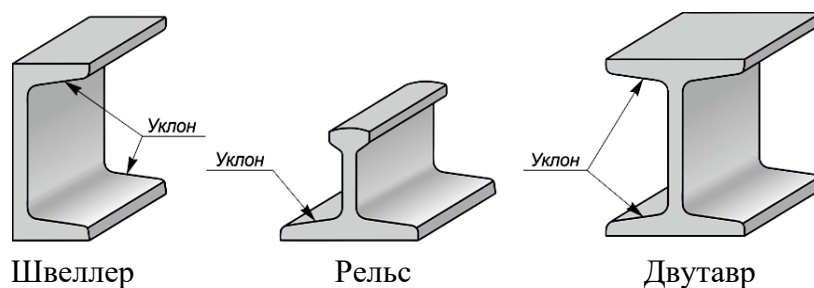


Рисунок 2.1 – Стальной фасонный прокат для металлоконструкций

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 2.2).

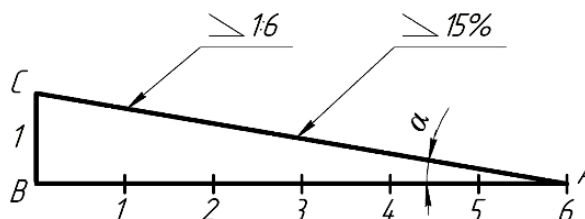


Рисунок 2.2 – Образование уклона двух прямых

Для обозначения величины уклона на чертежах от наклонного участка проводят линию выноски со стрелкой, а на ее горизонтальной полке помещают знак « $\angle$ » или знак « $\searrow$ », 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 2.3).

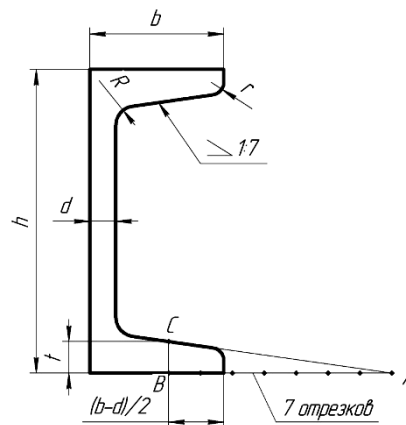


Рисунок 2.3 – Построение уклона полок швеллера

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 2.4).

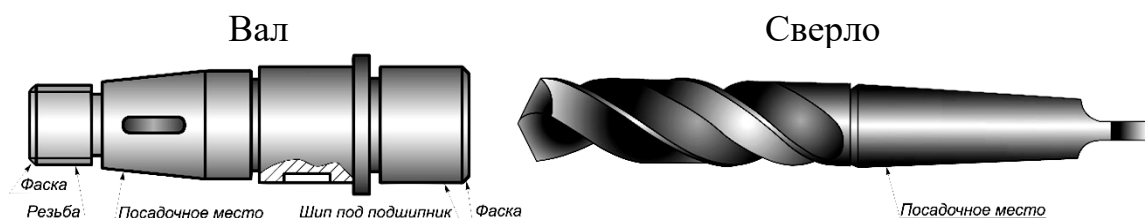


Рисунок 2.4 – Примеры деталей с коническими поверхностями

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 2.5, 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 $k = 2 \operatorname{tg} \alpha = (D - d)/l$.

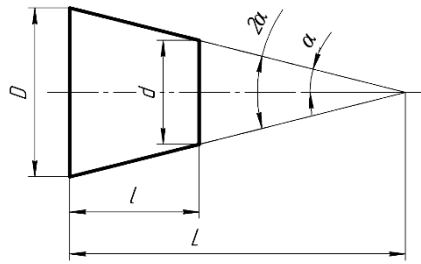


Рисунок 2.5 – Характеристика конусности

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 2.6).

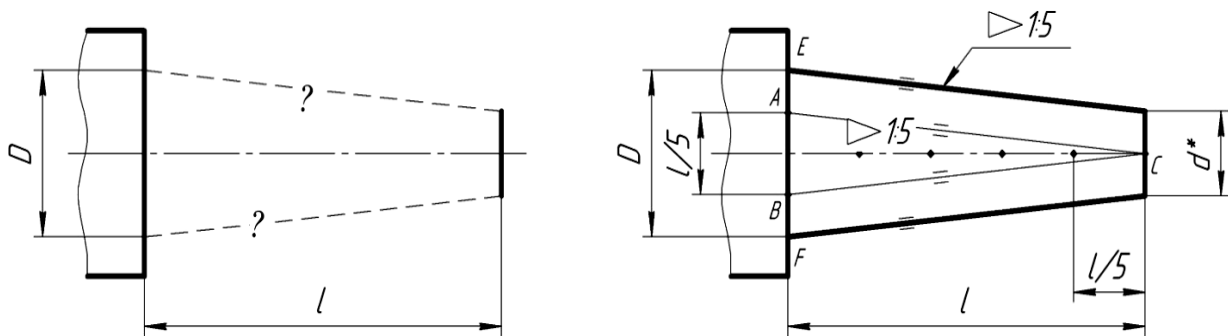


Рисунок 2.6 – Построение конусности на чертеже

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.

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 2.7).



Рисунок 2.7 – 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 2.8). 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.

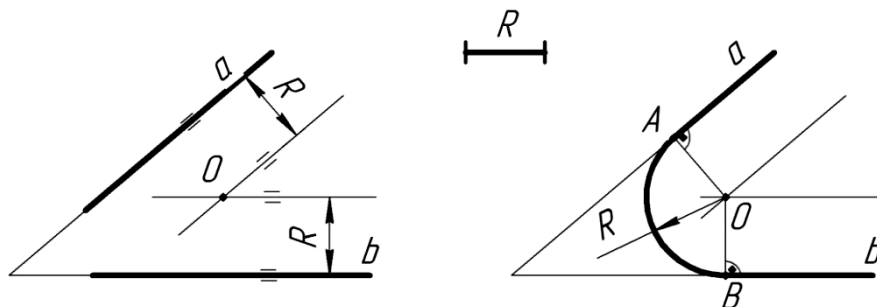


Рисунок 2.8 – Построение сопряжений двух прямых

Сопряжение прямой линии и окружности может быть внешним и внутренним. Основной задачей его построения также является определение центра дуги. Для внешнего сопряжения (рисунок 2.9) 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 .

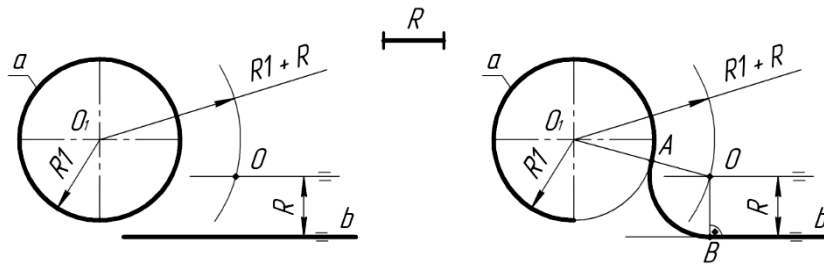


Рисунок 2.9 – Построение внешнего сопряжения прямой и окружности

Для внутреннего сопряжения (рисунок 2.10) 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.

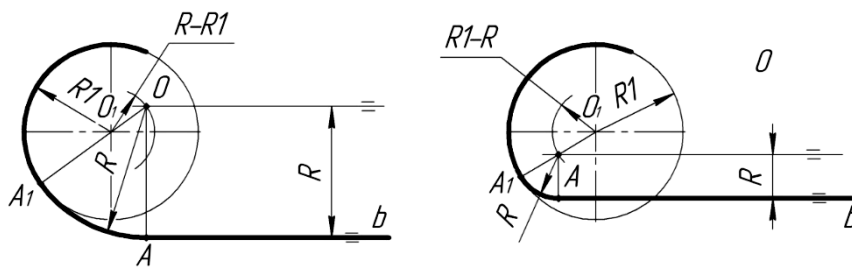


Рисунок 2.10 – Построение внутреннего сопряжения прямой и окружности

Сопряжение двух окружностей также бывает внешним и внутренним (рисунки 2.11 и 2.12). 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.

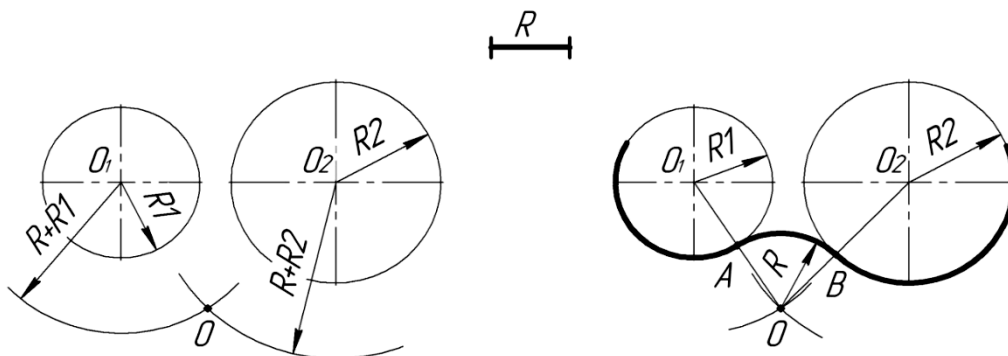


Рисунок 2.11 – Построение внешнего сопряжения двух окружностей

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

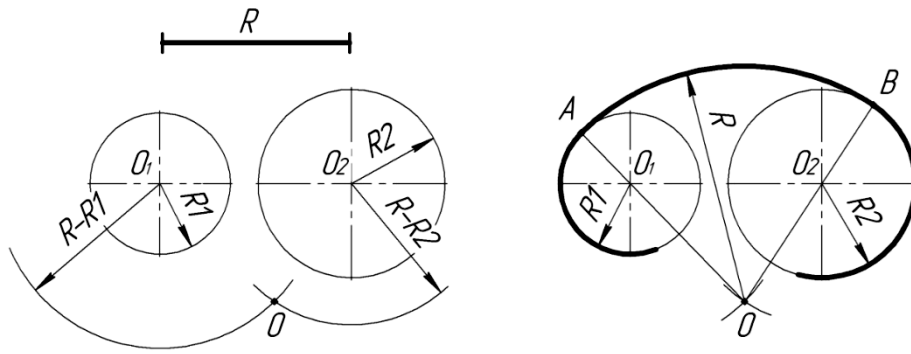


Рисунок 2.12 – Построение внутреннего сопряжения двух окружностей

3 Проекционное черчение. Виды

В общем случае чертеж любого предмета содержит графические изображения его видимых и невидимых поверхностей. 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).

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.

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).

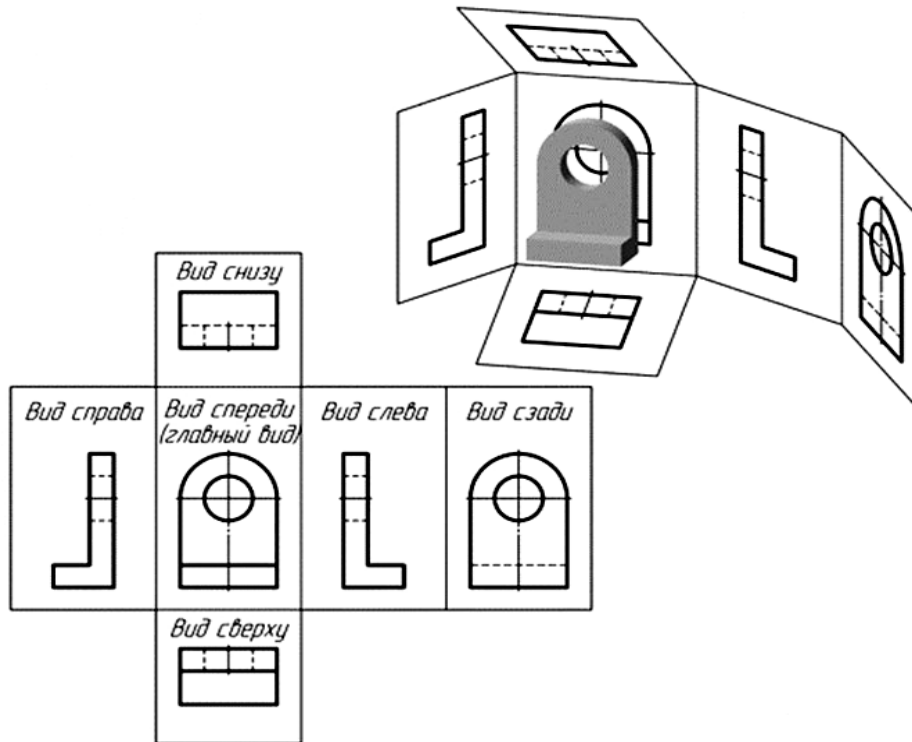


Рисунок 3.1 – Расположение основных видов

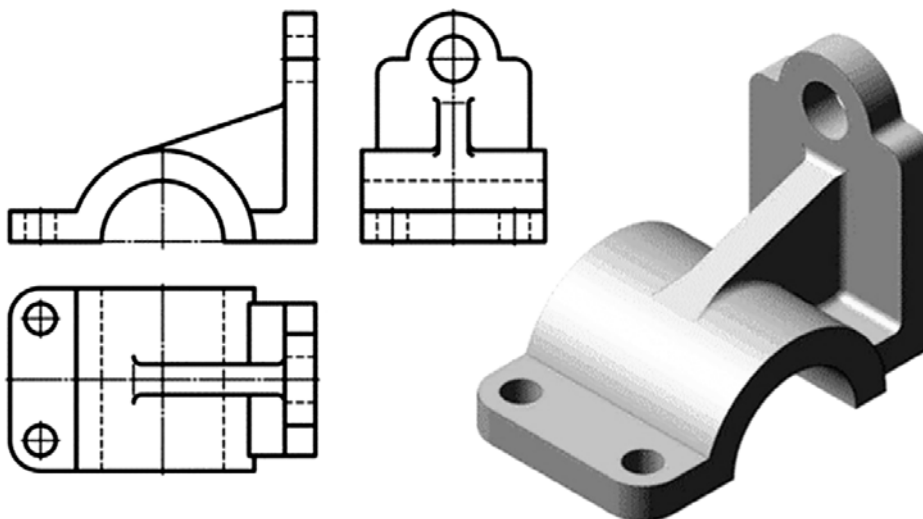


Рисунок 3.2 – Пример расположения трех основных видов (спереди, сверху, слева)

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

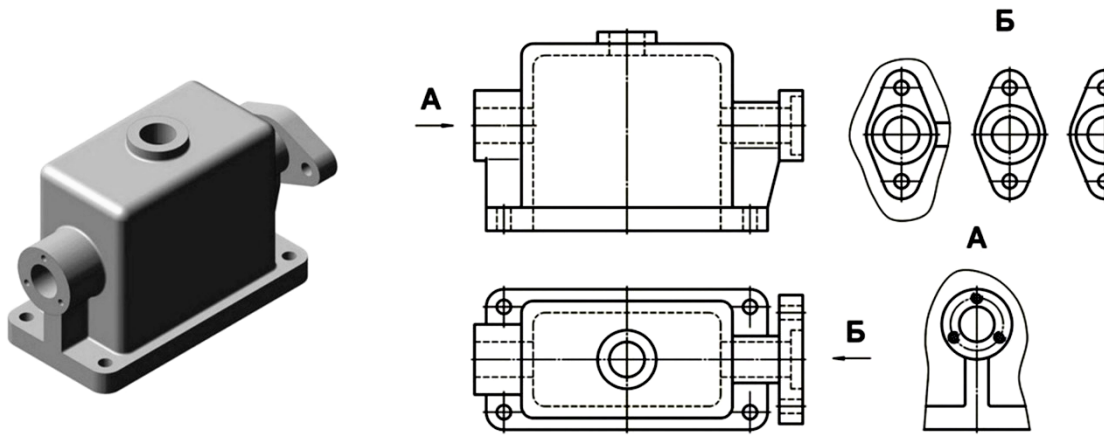


Рисунок 3.3 – Виды местные

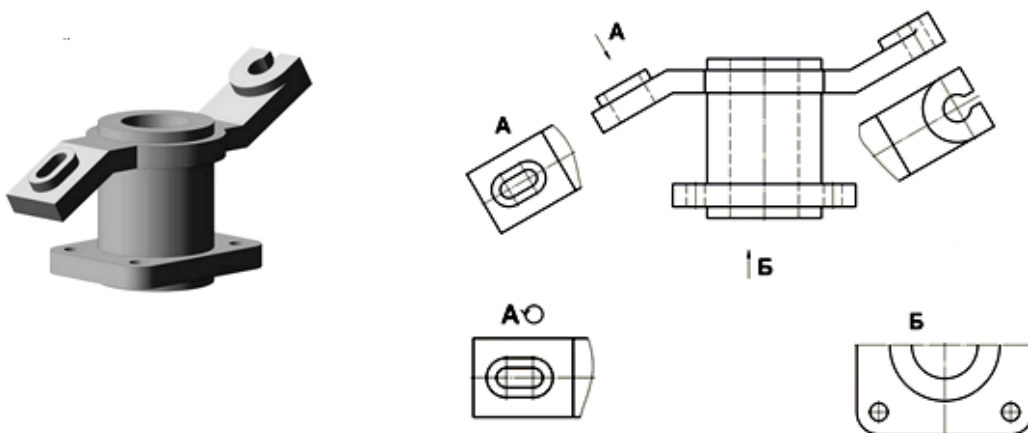


Рисунок 3.4 – Виды дополнительные

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).

4 Проекционное черчение. 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.

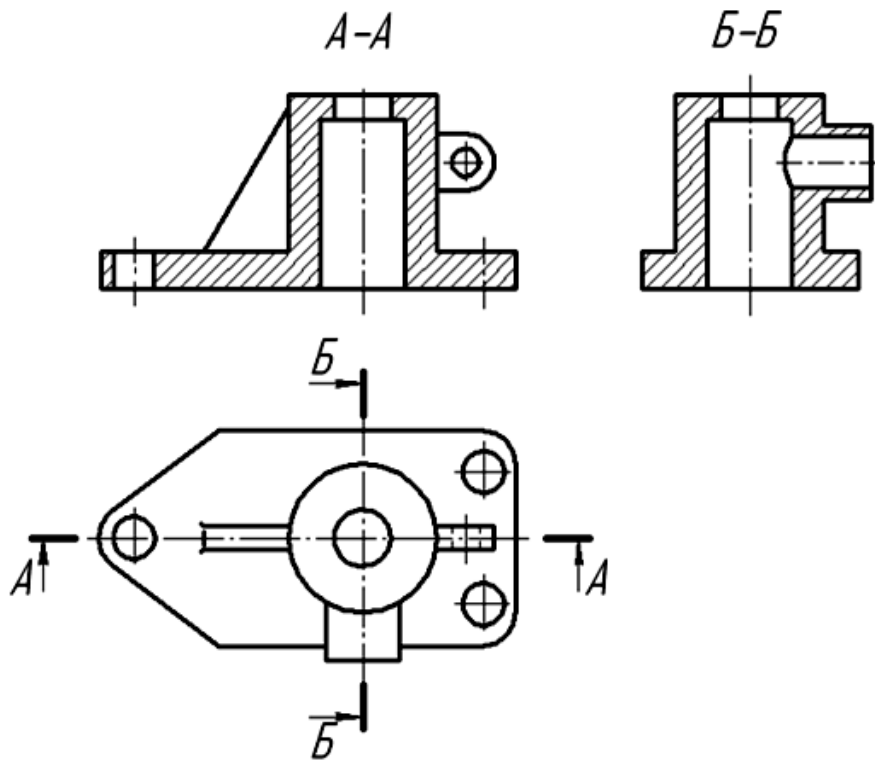


Рисунок 4.1 – Простые разрезы

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.

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

Наклонные параллельные линии штриховки должны проводиться под углом 45° 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° , совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла 45° следует брать угол 30° или 60° (рисунок 4.2, *з*).

Таблица 4.1 – Графическое обозначение штриховки в зависимости от материала

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

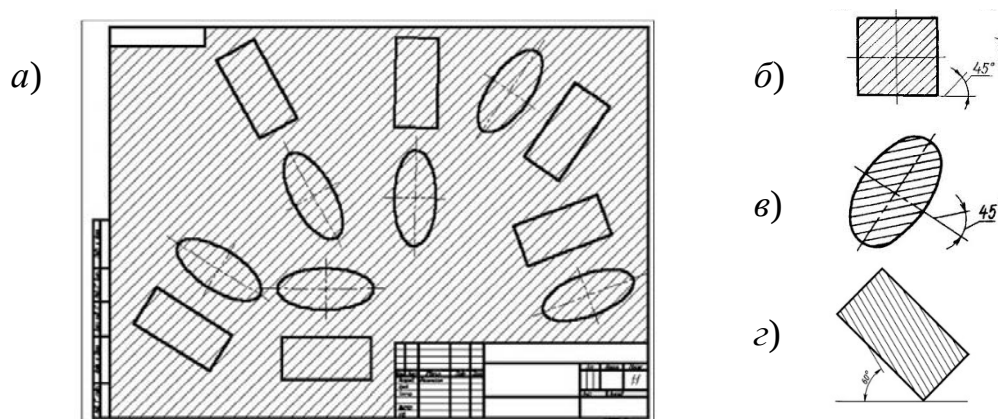


Рисунок 4.2 – Наклон штриховки на чертежах

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).

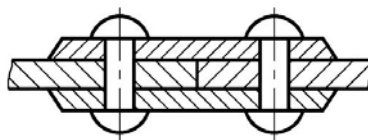


Рисунок 4.3 – Штриховка смежных деталей

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).

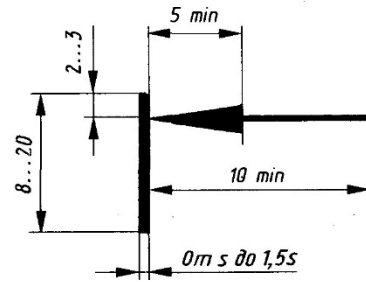


Рисунок 4.4 – Обозначение разреза

5 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 *ломанные*.

Ступенчатыми разрезами называют разрезы, выполненные несколькими параллельными секущими плоскостями (рисунок 5.1).

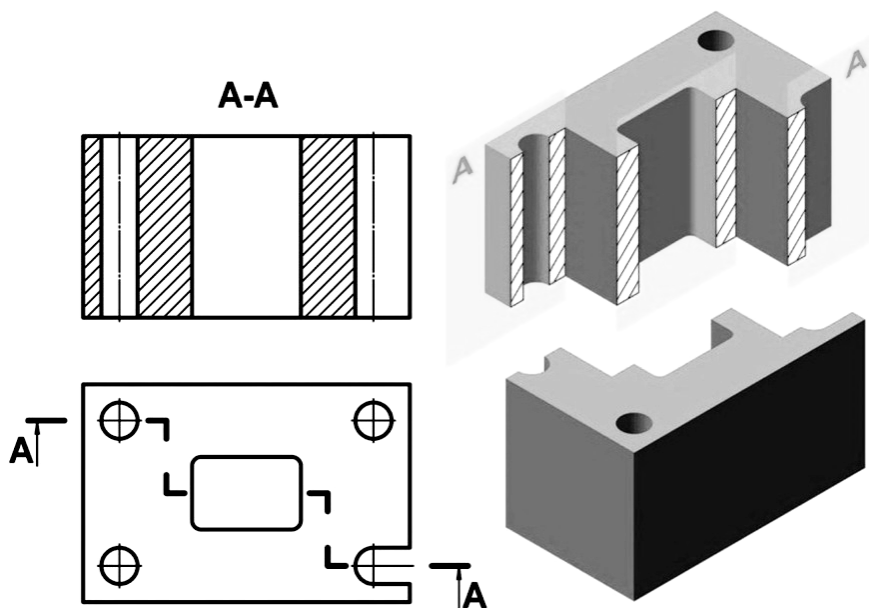


Рисунок 5.1 – Ступенчатый разрез

Ломаными называются разрезы, полученные от рассечения предмета не параллельными, а пересекающимися плоскостями (угол пересечения более 90°).

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 5.2).

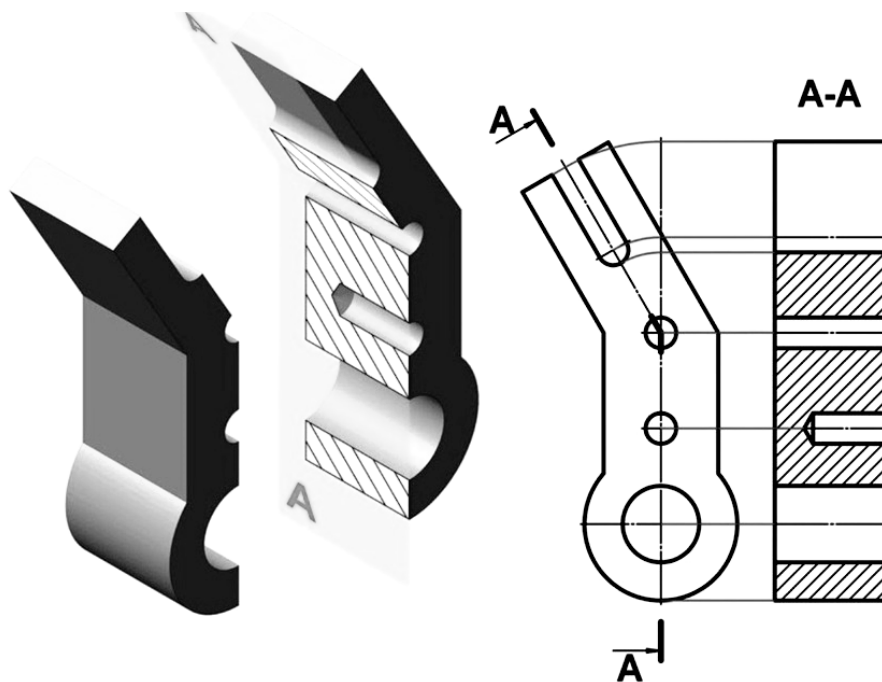


Рисунок 5.2 – Ломаный разрез

6 Метрические задачи

Задачи, в результате решения которых определяются натуральные величины отрезков прямых, величина плоских углов, площади фигур, называются метрическими. Многие из них могут быть решены с использованием метрических свойств проекций.

Метрические свойства определяются параллельностью между собой проецирующих лучей и их перпендикулярностью плоскостям проекций.

Задача 1. Определить высоту пирамиды методом замены плоскостей проекций (рисунок 6.1).

Алгоритм решения

Плоскость общего положения необходимо преобразовать в проецирующую плоскость. Перпендикуляр, опущенный из вершины S на проецирующую плоскость, является высотой пирамиды.

- 1 Провести в плоскости основания ABC горизонталь AK .
- 2 Расположить новую ось проекций X_1 перпендикулярно к горизонтальной проекции горизонтали $A'K'$.
- 3 Построить новые фронтальные проекции вершины S_1'' и основания

пирамиды $A_1''B_1''C_1''$.

4 Расстояние $S_1''M_1''$ равно высоте пирамиды.

5 Построить горизонтальную и фронтальную проекции высоты пирамиды, возвратив точку M в систему V/H .

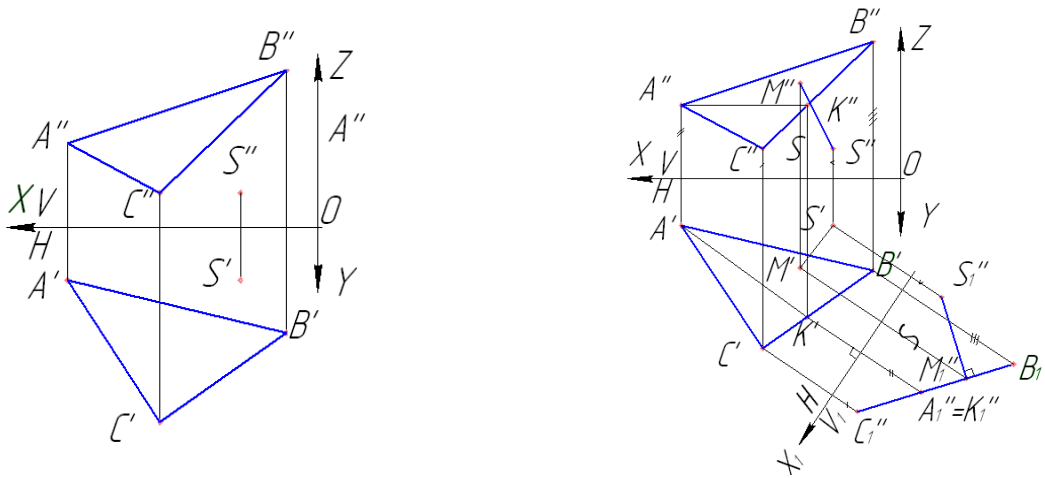


Рисунок 6.1 – Условие и решение задачи 1

Задача 2. Определить натуральный вид основания вращением вокруг горизонтали или фронтали (рисунок 6.2).

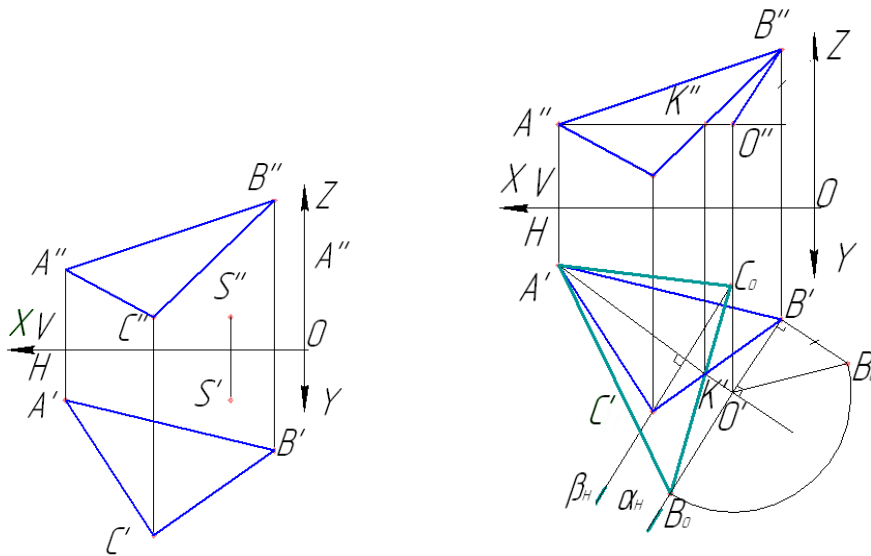


Рисунок 6.2 – Условие и решение задачи 2

Алгоритм решения

Для определения формы и размеров плоской фигуры нужно повернуть ее вокруг принадлежащей ей горизонтали (фронтали) так, чтобы в результате этого вращения фигура расположилась параллельно плоскости H (V).

1 Провести в плоскости основания пирамиды ABC горизонталь через точку A .

2 Вращать точку B вокруг горизонтали AK . Точка B описывает дугу окружности, лежащую в горизонтально-проецирующей плоскости α , перпендику-

лярной оси вращения AK , т. е. точка B должна находиться на следе α_H .

3 Найти центр вращения точки B – точку O , опустив из точки B перпендикуляр на ось вращения AK .

4 Определить натуральную величину радиуса вращения точки B ($O'B_0$) методом прямоугольного треугольника.

5 Найти совмещенное положение точки B – точку B_0 на следе α_H .

6 Найти совмещенное положение точки C . По аналогии с точкой B она должна лежать в плоскости β , перпендикулярной оси вращения AK , и располагаться на следе плоскости β_H . Для определения совмещенного положения точки C можно не определять радиус вращения, а найти ее положение в пересечении прямой B_0K' и перпендикуляра, проведенного из точки C' к оси вращения $A'K'$.

7 Точка A находится на оси вращения, поэтому A' совпадает с A_0 ($A' = A_0$).

8 Соединить точки $A_0B_0C_0$, получится натуральный вид основания пирамиды.

Метод прямоугольного треугольника – натуральная величина отрезка прямой равна гипотенузе прямоугольного треугольника, у которого один катет равен проекции отрезка на плоскость, другой – разнице расстояния от концов отрезка до данной плоскости.

Угол наклона прямой равен углу между катетом проекций и гипотенузой треугольника.

Задача 3. Найти натуральную величину отрезка AB и углы его наклона к плоскостям проекций H и V (рисунок 6.3).

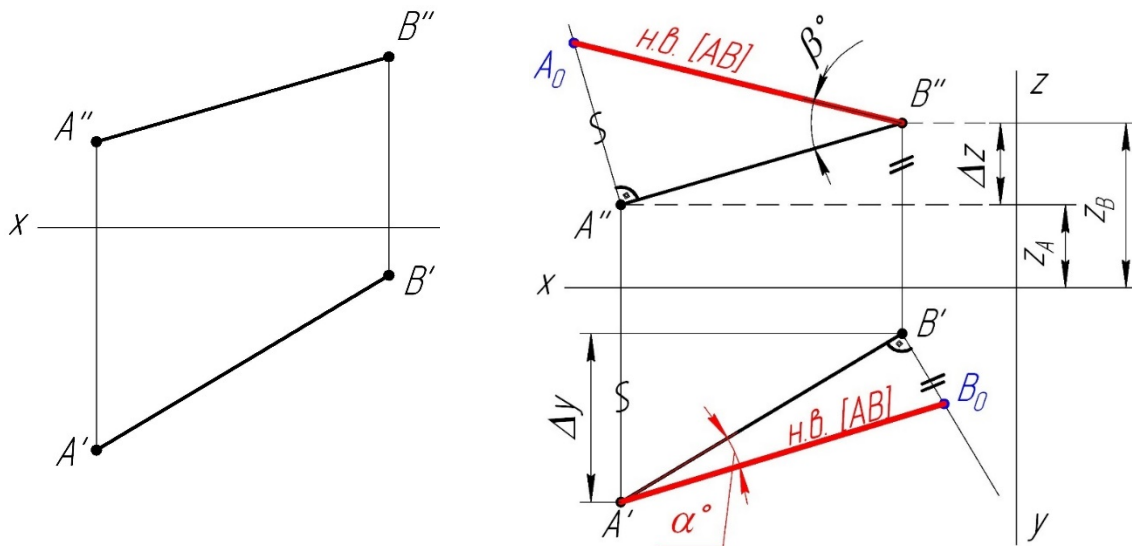


Рисунок 6.3 – Условие и решение задачи 3

Алгоритм решения

1 На горизонтальной проекции прямой строим перпендикуляр к проекции отрезка AB .

2 На фронтальной проекции находим разницу координат $\Delta Z = Z_B - Z_A$, которую и откладываем на перпендикуляре, получая точку B_0 .

3 Соединяем A' и B_0 . $A'B_0$ – натуральная величина отрезка AB .

4 Аналогично находим натуральную величину AB на фронтальной плоскости проекций.

5 α – угол наклона прямой к горизонтальной плоскости; β – угол наклона к фронтальной плоскости.

7 Пересечение поверхностей

В общем случае линия пересечения двух поверхностей представляет собой пространственную кривую, которая может распадаться на несколько частей.

Линию пересечения поверхностей обычно строят по ее отдельным точкам, принадлежащих одновременно заданным поверхностям. Форма линий пересечения зависит от формы и взаимного расположения поверхностей.

Прежде чем приступить к построению линии пересечения поверхностей, необходимо внимательно изучить задачи, т. е. выяснить какие поверхности пересекаются.

Если одна из поверхностей является проецирующей, то решение задачи упрощается, т. к. на одной из проекций линия пересечения совпадает с проекцией поверхности. И задача сводится к нахождению 2-й проекции линии.

При решении задачи следует отметить в первую очередь характерные точки: точки на крайних образующих, точки, делящие линию на видимую и невидимую часть, верхние и нижние точки и др.

Они позволяют определить границы линии пересечения, между которыми и следует определять промежуточные точки. Для нахождения промежуточных точек вводятся вспомогательные секущие посредники. Количество промежуточных точек должно быть достаточным для определения линии пересечения поверхностей. Построенные точки соединяют плавной кривой линией с учетом их видимости. На рисунке 7.1 приведен пример решения задачи.

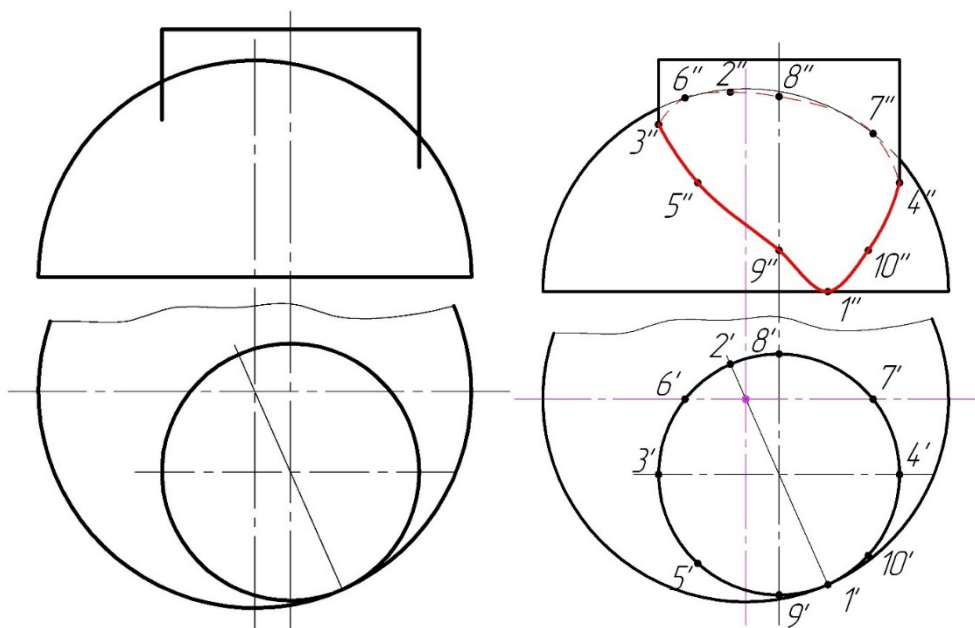


Рисунок 7.1 – Условие и решение задачи

Пусть требуется определить линию пересечения поверхности сферы с поверхностью тора (рисунок 7.2). Так как обе заданные поверхности являются поверхностями вращения, то линия их пересечения представляет пространственную кривую, для построения которой нужно найти ряд точек.

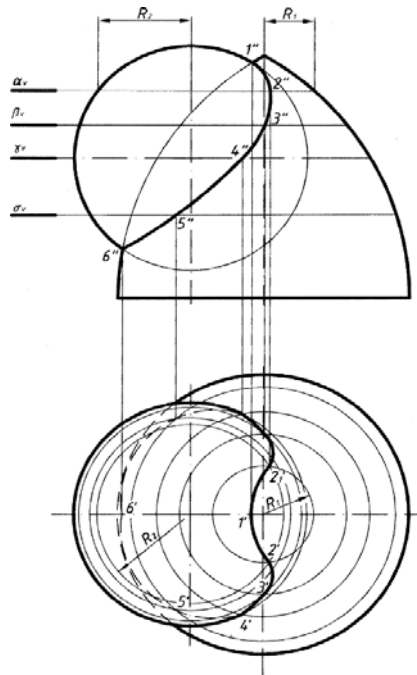


Рисунок 7.2 – Пересечение сферы и тора

Для получения этих точек следует воспользоваться такими вспомогательными плоскостями, чтобы проекции линий пересечения с заданными поверхностями были бы наиболее простого вида.

Таковыми плоскостями в данном случае являются горизонтальные плоскости (α , β , γ , σ), которые пересекают заданные поверхности по окружностям, проецирующимся на горизонтальную плоскость проекций без искажения.

Взаимное пересечение горизонтальных проекций указанных окружностей определяет горизонтальные проекции точек, принадлежащих линии пересечения. Сначала находим точки 1 и 6. Это так называемые «опорные» или «характерные» точки линии пересечения. Эти точки определяют сразу на фронтальной проекции без дополнительных построений как результат пересечения очерковых образующих заданных поверхностей (можно представить, что мы рассекаем обе поверхности так называемой «осевой» плоскостью ω , тогда на фронтальной плоскости проекций получим очерки заданных поверхностей, которые пересекаются в точках 1'' и 6''). В данном случае точки 1 и 6 являются высшей и низшей точками линии пересечения и теперь понятен диапазон, в котором следует проводить вспомогательные плоскости. Так, в частности, в результате пересечения поверхностей сферы и тора горизонтальной плоскости α получены окружности радиусами R_1 и R_2 .

Эти окружности на горизонтальной проекции пересекаются в точках 2' и 2₁', затем находим их на фронтальной плоскости по линии связи на следе α_v .

Проведя ряд горизонтальных вспомогательных плоскостей, аналогичным

образом найдем и другие точки, принадлежащие линии пересечения.

Точка 4 определена в пересечении поверхностей плоскостью γ , проходящей через экватор сферы и являющейся границей видимости на горизонтальной проекции.

Все найденные точки следует последовательно соединить друг с другом плавной кривой линией.

8 Разъемные и неразъемные соединения. Резьбовые соединения

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

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 8.1, *а*), а во втором – установочными (рисунок 8.1, *б*).



а – соединительные штифты; *б* – установочные штифты

Рисунок 8.1 – 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 8.2).

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.

Шайбы круглые, по ГОСТ 11371–78, изготавливают в двух исполнениях: без фасок, с фасками (рисунок 8.3).

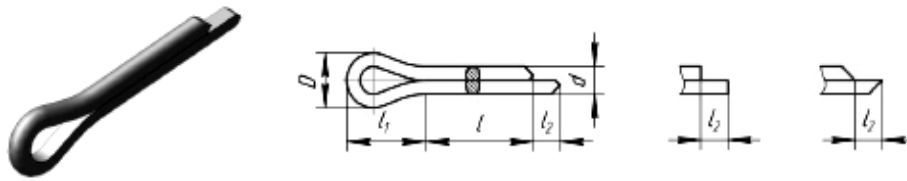
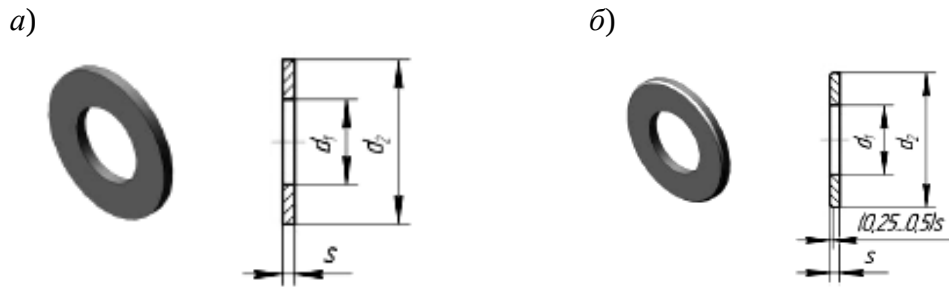


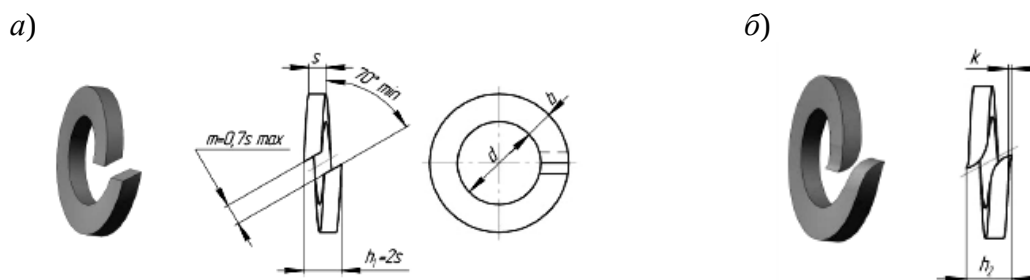
Рисунок 8.2 – Шплинт разводной



а – исполнение 1; б – исполнение 2

Рисунок 8.3 – 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 8.4) представляют собой виток винтового выступа левого направления.



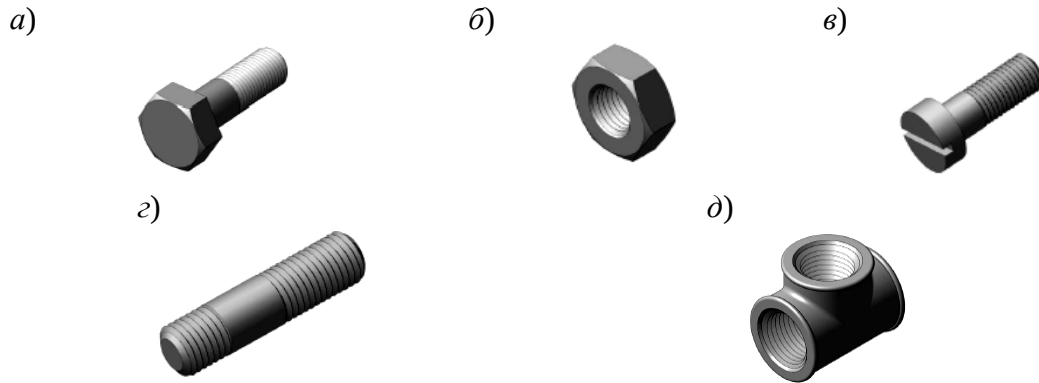
а – исполнение 1; б – исполнение 2

Рисунок 8.4 – Шайба пружинная

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.

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 8.5.



а – 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 8.5 – Примеры наиболее распространенных стандартных изделий с резьбой

9 Разъемные и неразъемные соединения. Построение соединения болтом по действительным размерам и в упрощенном виде

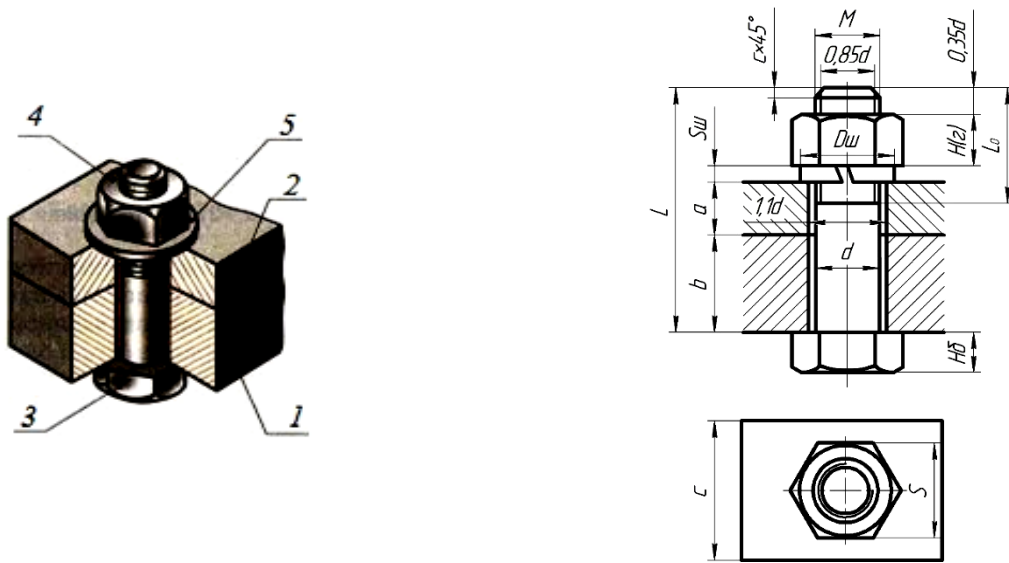
Болт представляет собой цилиндрический стержень, снабженный на одном конце головкой, на другом – резьбой, на которую навинчивается гайка. Обычно болты применяют для соединения деталей не очень большой толщины и при необходимости частого соединения и разъединения деталей. На рисунке 9.1 показаны наглядное изображение соединения деталей болтом и соединение болтом по действительным размерам. Исходные данные для выполнения задания выдает преподаватель.

Исходным параметром болта является его наружный диаметр резьбы d . Расчетная длина болта: $L_p = a + b + S_{ш} + H(г) + 0,35d$. 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 $H(г)$ 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 9.2). На виде спереди строят проекции

шестигранной призмы заданной высоты m , которая равна размеру $H(z)$ с рисунка 9.1. Далее определяют диаметр d_w окружности, ограничивающей торцовые плоскости гайки: $d_w = (0,9...0,95) S$.



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

Рисунок 9.1 – Изображение соединения болтом

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.

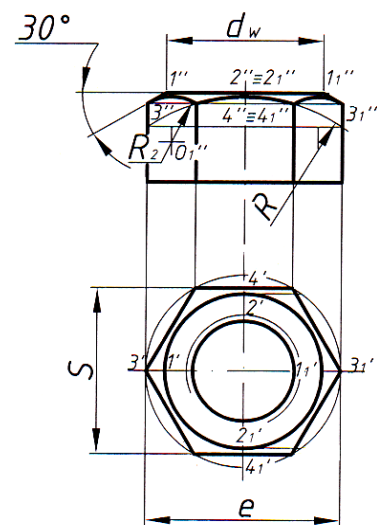
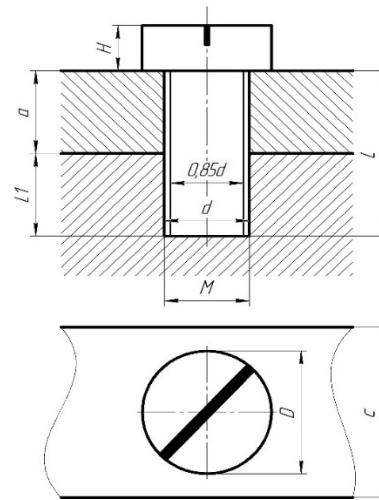


Рисунок 9.2 – Пример построения шестигранной гайки нормальной точности

10 Разъемные и неразъемные соединения. Построение соединения винтом по действительным размерам и в упрощенном виде

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.



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

Рисунок 10.1 – Изображение соединения винтом

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° 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.

11 Разъемные и неразъемные соединения. 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).

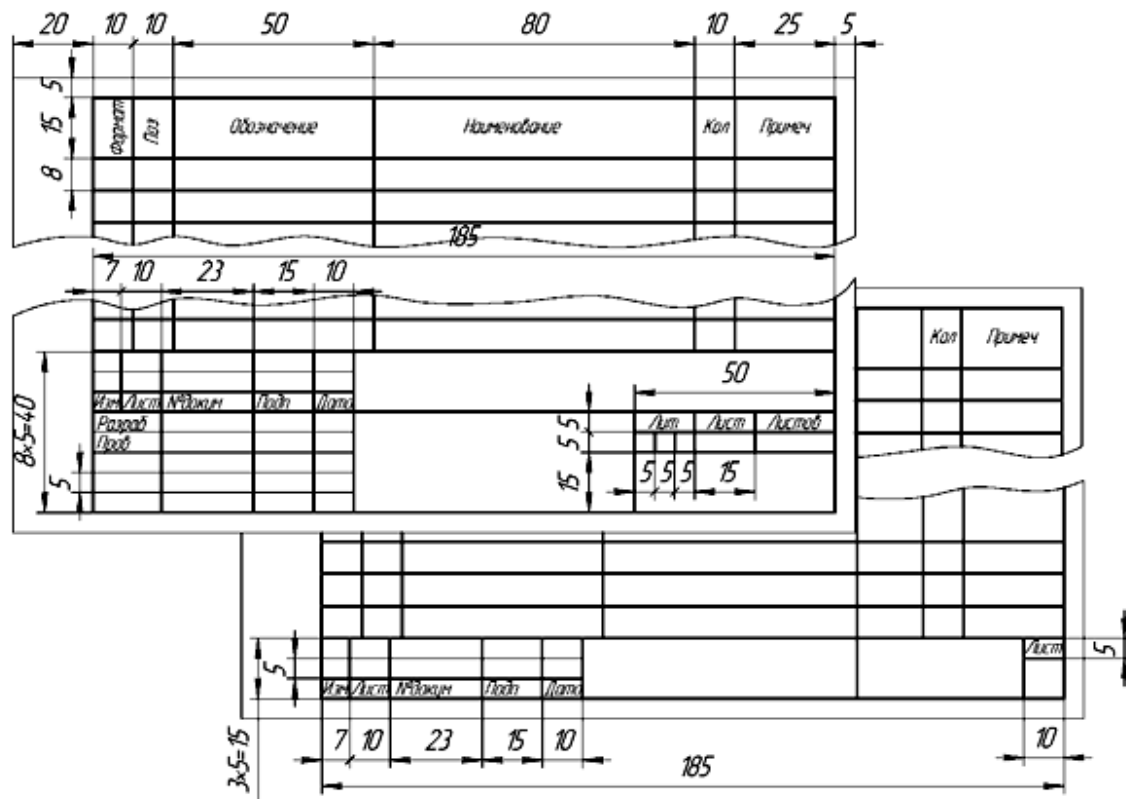


Рисунок 11.1 – Формы штампа основной надписи

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

В колонке «Формат» указываются форматы (A1, A2, A3, A4) 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 (подсборки, 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.

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 под сборки, 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.

12 Разъемные и неразъемные соединения. Шпоночные соединения

Шпонкой называется деталь, устанавливаемая в пазах соединяемых деталей для предотвращения их относительного перемещения при передаче крутящего момента. 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).

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.

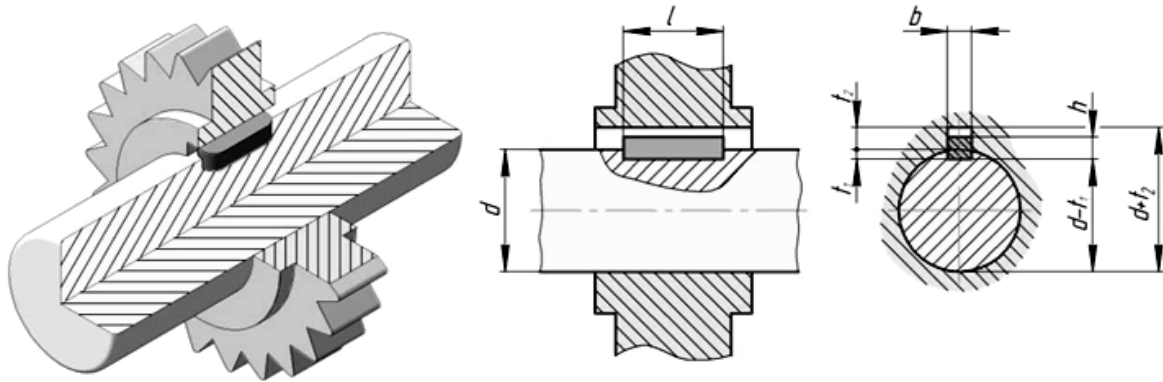


Рисунок 12.1 – Соединение шпоночное с призматической шпонкой

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.

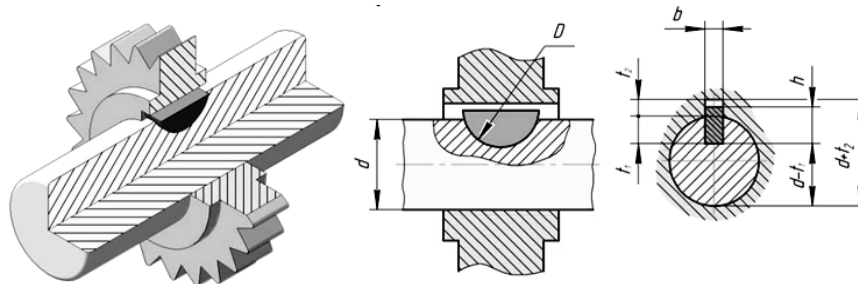


Рисунок 12.2 – Соединение шпоночное с сегментной шпонкой

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.

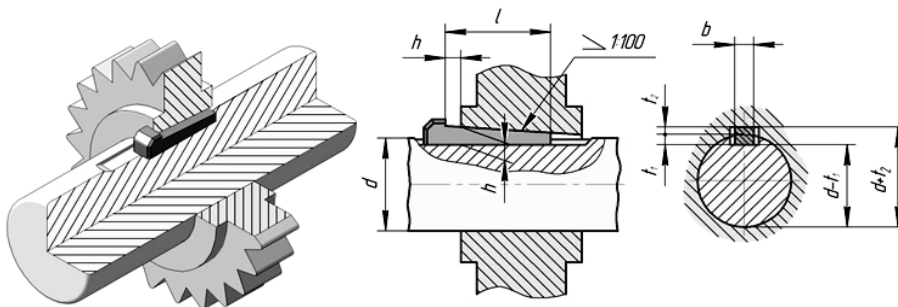


Рисунок 12.3 – Соединение шпоночное с клиновой шпонкой

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.

13 Разъемные и неразъемные соединения. Шлицевые соединения

Шлицевое соединение можно представить как многошпоночное соединение, в котором шпонки выполнены заодно с валом (рисунок 13.1). 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 13.2).

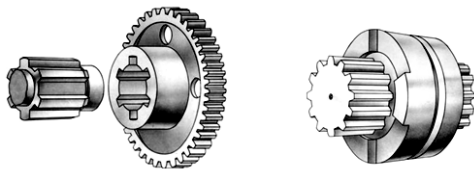


Рисунок 13.1 – Соединение шлицевое



Рисунок 13.2 – 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: $d-8 \times 36 \times 40 \times 7$.

14 Разъемные и неразъемные соединения. Сварные соединения

Сваркой называют процесс создания неразъемного соединения деталей путем местного нагрева их до расплавленного или пластичного состояния. Соединение деталей сваркой называется сварным соединением (рисунок 14.1).

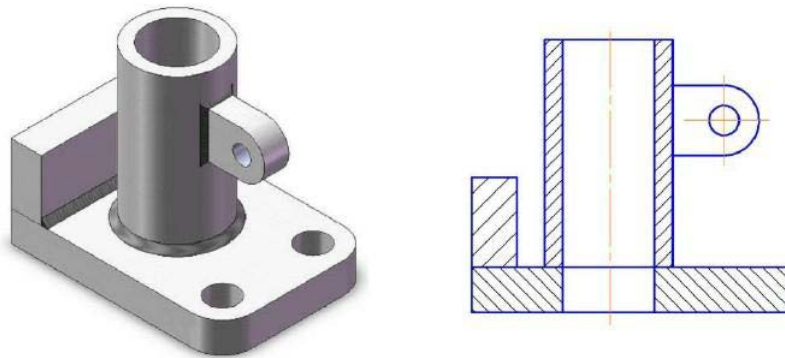


Рисунок 14.1 – Изображение соединения сваркой

Способы сварки определяются формой энергии для образования сварного соединения, видом источника энергии, техническими и технологическими признаками.

Основные типы и конструктивные элементы сварных соединений стандартизованы: ГОСТ 5264–80 – ручная дуговая сварка, ГОСТ 8713–79 – сварка под флюсом, ГОСТ 14771–76 – дуговая сварка в защитном газе, ГОСТ 15164–78 – электрошлаковая сварка и др.

Участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации расплавленного металла или в результате пластической деформации при сварке давлением или сочетания кристаллизации и деформации, называется сварным швом.

Каждый стандартный сварной шов имеет буквенно-цифровое обозначение, полностью определяющее конструктивные элементы шва.

Буквенная часть обозначения определяется типом сварного соединения. Цифровая часть обозначения характеризует вид подготовки кромок, т. е. торцовых поверхностей, и интервал толщин свариваемых деталей.

Сварные соединения могут выполняться без скоса кромок, со скосом одной кромки, со скосом двух кромок.

Скосы могут быть симметричными и несимметричными, прямолинейными и криволинейными. Между кромками свариваемых деталей предусматривается зазор величиной 0...5 мм. В зоне шва форму подготовки кромок под сварку показывают тонкими линиями.

Основными типами сварных соединений являются:

- стыковое соединение (С) – соединение двух элементов, примыкающих друг к другу торцовыми поверхностями (рисунок 14.2);
- угловое соединение (У) – соединение двух элементов, расположенных под

углом и сваренных в месте примыкания их краев (рисунок 14.3);

– тавровое соединение (Т) – соединение, в котором торец одного элемента примыкает под углом и приварен к боковой поверхности другого элемента (рисунок 14.4);

– нахлесточное соединение (Н) – соединение, в котором сваренные элементы расположены параллельно и частично перекрывают друг друга (рисунок 14.5).

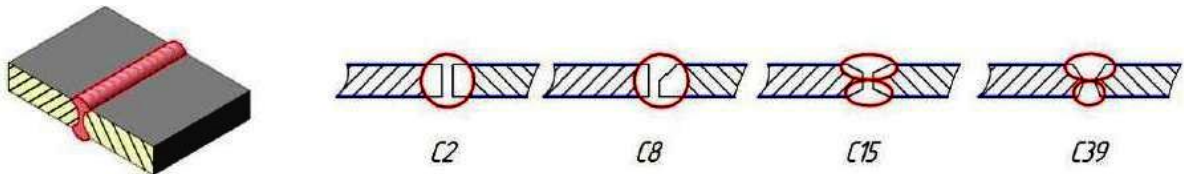


Рисунок 14.2 – Изображение стыкового соединения

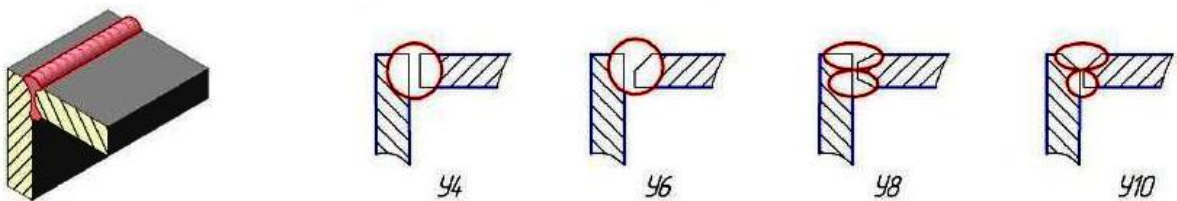


Рисунок 14.3 – Изображение углового соединения

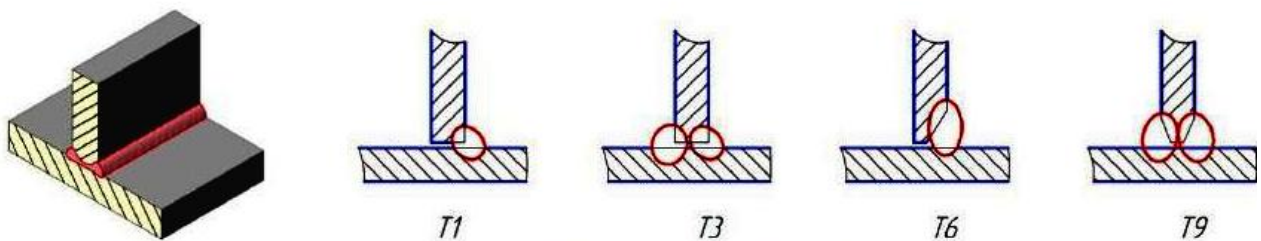


Рисунок 14.4 – Изображение таврового соединения

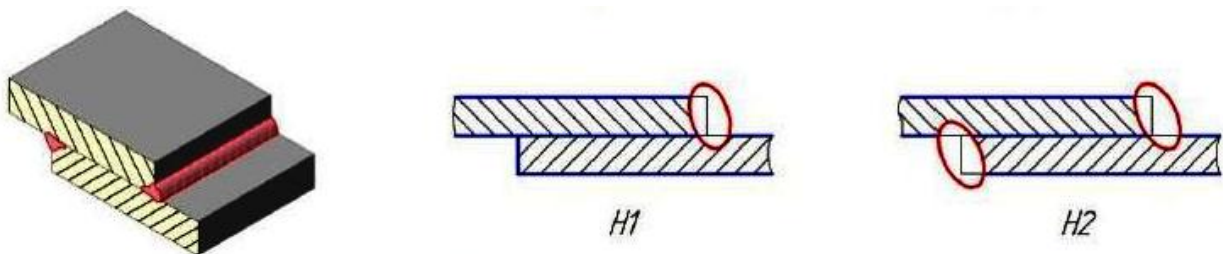
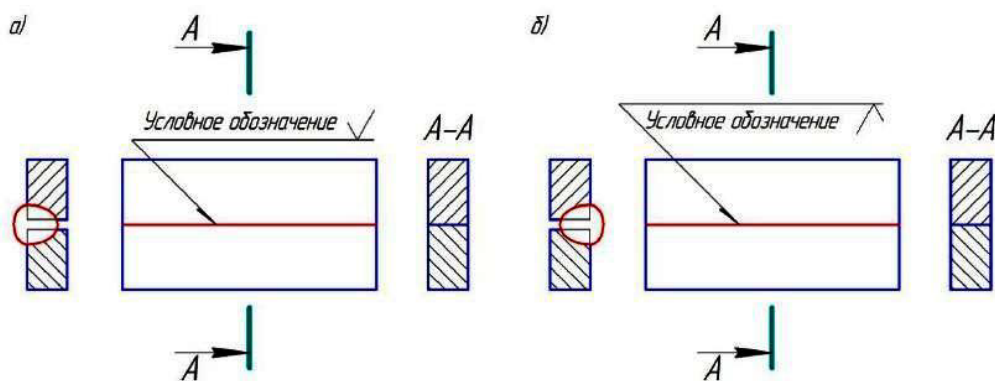


Рисунок 14.5 – Изображение нахлесточного соединения

Условное обозначение шва (рисунок 14.6) наносят над полкой линии-выноски для шва на лицевой стороне (а) и под полкой – для шва на оборотной стороне (б). Обозначение шероховатости механической обработанной поверхности шва наносят на полке или под полкой линии-выноски после условного обозначения шва (см. рисунок 14.6).



а – с лицевой стороны; б – с оборотной стороны

Рисунок 14.6 – Условное обозначение сварных швов

Структура условного обозначения стандартного шва или одиночной сварной точки предоставлена на рисунке 14.7.

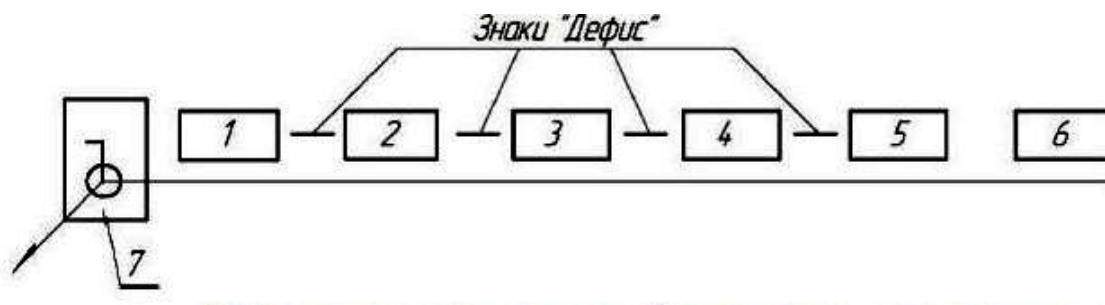


Рисунок 14.7 – Структура условного обозначения сварного шва

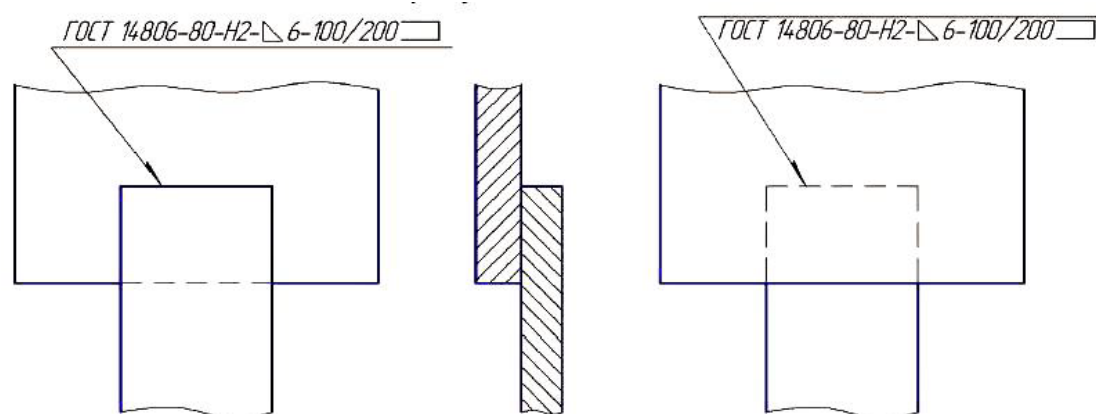


Рисунок 14.8 – Структура условного обозначения стандартного шва

На месте указанных прямоугольников записывают следующие данные:

- 1 – обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов;
- 2 – буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту;
- 3 – условное обозначение способа сварки по стандарту;
- 4 – знак и размер катета согласно стандарту;
- 5 – размеры и знаки;
- 6 – вспомогательные знаки.

15 Эскизы. Эскиз вала

Эскиз – это чертеж временного характера, выполненный, как правило, без применения чертежных инструментов, без точного соблюдения масштаба, но с соблюдением пропорций частей детали. По содержанию он ничем не отличается от рабочего чертежа детали и выполняется с соблюдением правил и условностей, предусмотренных стандартами ЕСКД.

Вал – стержень, вращающийся в опорах и предназначенный передавать крутящий момент от одной детали к другой. В отличие от осей, которые только поддерживают детали, валы работают одновременно на изгиб и кручение. Иногда они несут дополнительно и сжимающие или растягивающие осевые нагрузки.

Составление эскизов валов с натуры проходит две стадии: подготовительную и основную.

Этапы подготовительной стадии выполнения эскиза вала.

1 Осмотреть вал, провести анализ его формы в целом и установить, из каких геометрических форм он состоит (например, в состав поверхностей вала могут входить цилиндр, конус, сфера, призма, тор и т. д.), т. е. расчленить его на отдельные геометрические тела и поверхности. Например, на рисунке 15.1 задан чертеж вала определенной формы.

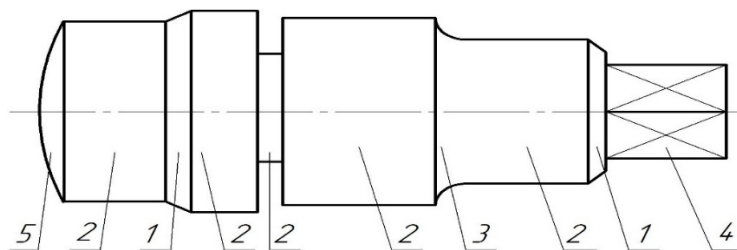


Рисунок 15.1 – Чертеж вала с указанием составляющих его поверхностей

Анализируя ее, можно расчленить вал на несколько простейших элементов, составляющих его форму (рисунок 15.2).

В машиностроении отдельным элементам валов принято присваивать названия, что в среде специалистов облегчает общение на техническом языке. На рисунке 15.3 приведены некоторые из них.

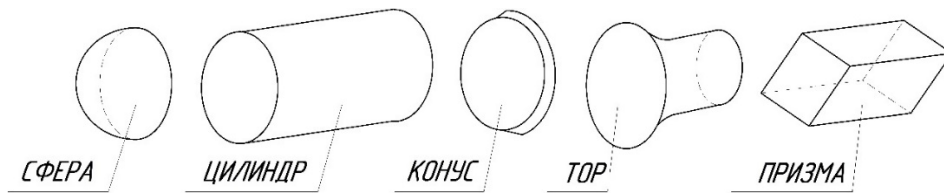


Рисунок 15.2 – Отдельные геометрические тела, из которых состоит вал

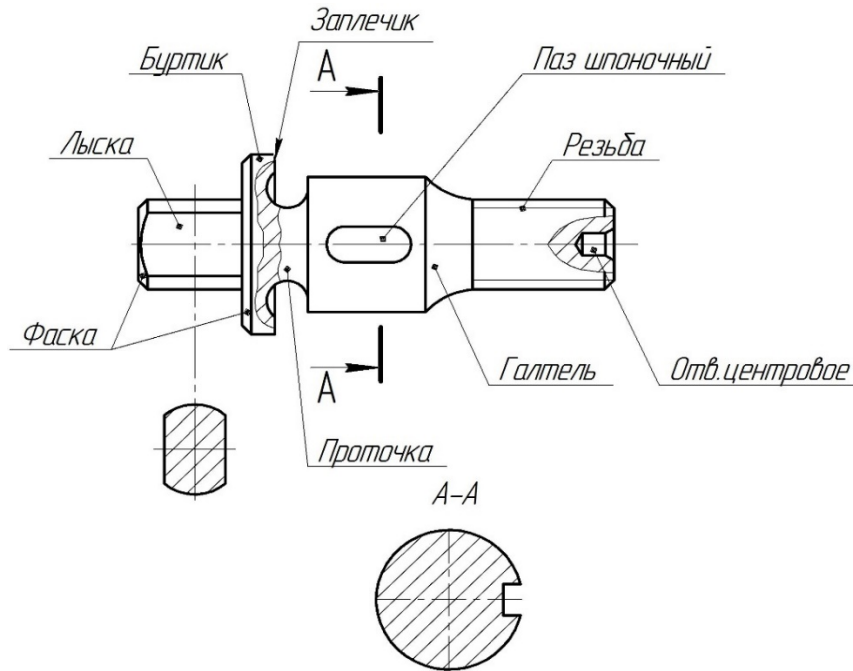


Рисунок 15.3 – Элементы вала

Буртик – кольцевое утолщение вала, составляющее с ним одно целое. Буртики препятствуют продольному перемещению оси вала. Плоские поверхности буртика называют *заплетчиками*.

Галтель – криволинейная поверхность плавного перехода от меньшего сечения вала к плоской части заплетчика или буртика. Галтели применяют для повышения прочностных свойств валов, осей в местах перехода от одного диаметра к другому.

Лыска – плоский срез на цилиндрической, конической или сферической части детали.

Отверстие центровое – отверстие в торце вала, применяемое для установки детали в центрах при обработке на токарных станках.

Паз – прорезь в виде фрезерованной канавки на деталях машин.

Проточка – кольцевой желобок на стержне или кольцевая выточка в отверстии, технологически необходимая для выхода резьбонарезного инструмента, шлифовального круга и т. п.

Резьба – поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура.

Рифление – насечка на наружной поверхности вала в виде прямых рисок или сетки. Оно предотвращает проскальзывание пальцев руки при завинчивании детали.

Фаска – скошенная кромка стержня, бруска, листа или отверстия. Например, фаска вала – это скошенная часть боковой поверхности у его торца, заплечика или буртика. Фаски применяют для облегчения процесса сборки, предохранения рук от порезов острыми кромками, придания изделиям более красивого вида.

2 Определить наименование детали, ее назначение, принцип работы в изделии и из какого материала она состоит.

3 Определить главное изображение вала, т. е. изображение на фронтальной плоскости проекций. При выборе главного изображения вала следует учитывать его положение при обработке на станке.

4 Определить необходимое количество изображений (видов, разрезов, сечений и выносных элементов). Количество изображений должно быть минимальным, но достаточным для полного представления о форме и размерах вала. Использование дополнительных и местных видов, местных разрезов, сечений позволяет обойтись меньшим количеством основных видов, что делает чертеж более компактным.

5 Определить примерный глазомерный масштаб и соотношения, т. е. пропорции между отдельными элементами вала, и, с учетом принятого количества изображений, выбрать формат эскиза и его расположение.

Эскизы рекомендуется выполнять на миллиметровой бумаге или на писчей бумаге в клетку.

На рисунке 15.4 показан образец выполнения эскиза вала.

Этапы основной стадии выполнения эскиза вала.

1 Вычертить очертание внешнего контура вала, на виде спереди, выдерживая необходимые пропорции и соотношения между частями и элементами детали. При этом следует учитывать имеющиеся на валу конструктивные и технологические элементы – фаски, проточки, галтели, шпоночные пазы, резьбу и т. д. Так как большинство из этих элементов стандартизировано, то вычерчивать их следует в соответствии с требованиями соответствующих стандартов.

2 Вычертить дополнительные изображения (виды, разрезы, сечения, выносные элементы), позволяющие наиболее полно представить изображаемый вал и уточнить отдельные его элементы.

3 Проверить выполненные изображения, удалить лишние линии, окончательно обвести линии основного контура мягким карандашом и заштриховать разрезы и сечения.

4 Нанесение размеров. При нанесении размеров следует помнить, что размерные числа независимо от величины изображений должны соответствовать натуральной величине всех элементов вала. Каждый размер наносят только один раз и на том изображении, где наиболее полно выражена форма соответствующего элемента вала.

Общее количество размеров на эскизе вала должно быть минимальным и в то же время достаточным для изготовления и контроля данной детали.

5 Обмер деталей. Для определения действительных размеров вала используют различные мерительные инструменты. Для измерения размеров применяют

металлическую линейку, треугольник, штангенциркуль, кронциркуль, нутромер, радиусомер и др.

6 Обозначение шероховатости поверхностей. Определить и нанести обозначения шероховатости отдельных поверхностей вала. В учебных условиях для этих целей используют эталоны шероховатости поверхностей. При нанесении обозначений шероховатости поверхностей следует руководствоваться ГОСТ 2.309–73.

7 Выполнить все необходимые надписи, заполнить основную надпись чертежа.

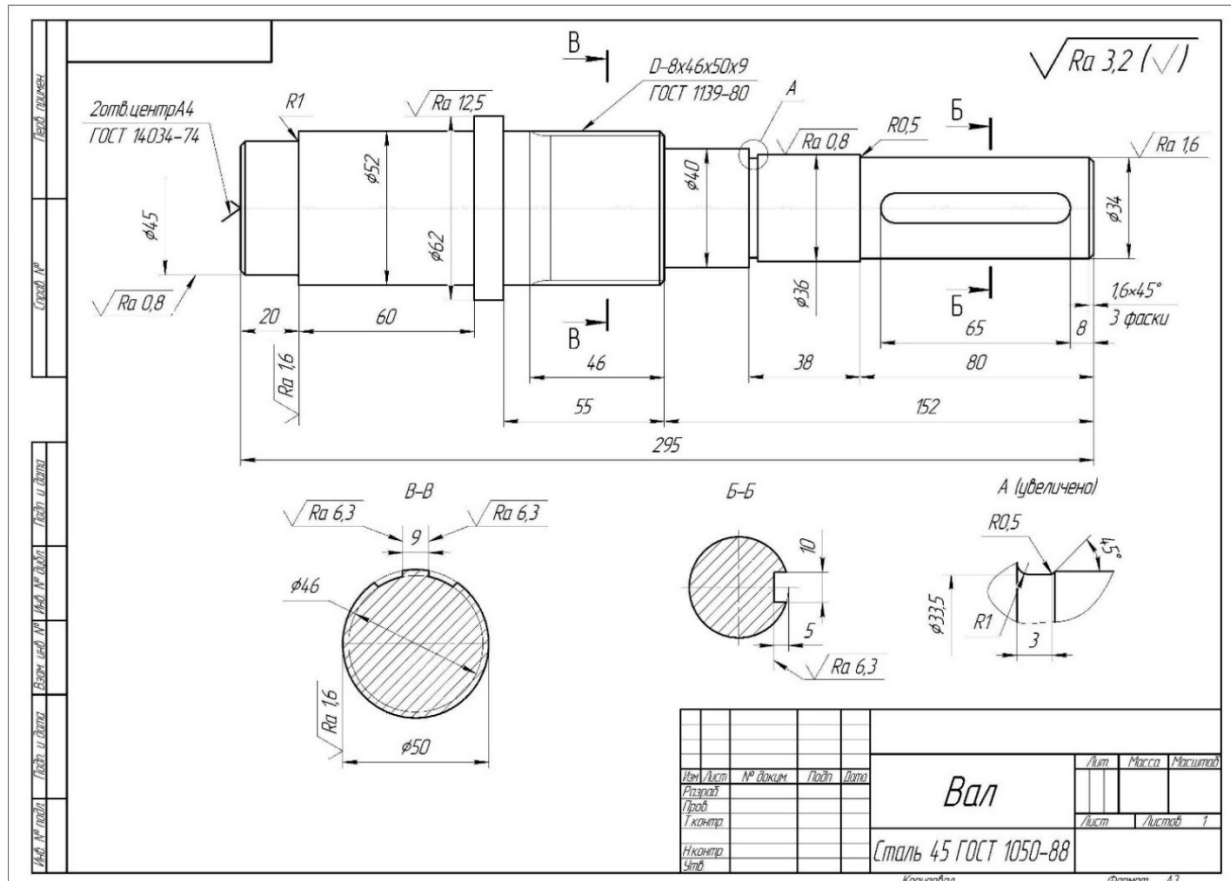


Рисунок 15.4 – Образец выполнения эскиза вала

16 Эскизы. Эскиз зубчатого колеса

Основные параметры цилиндрического зубчатого колеса показаны на рисунке 16.1.

К основным параметрам зубчатых колес относятся:

– начальная окружность зубьев колеса – d (делительный диаметр). По этой окружности происходит соприкосновение колес зубчатой пары и качение их одна по другой без скольжения;

– число зубьев z ;

– модуль m (является основным расчетным параметром зубчатого колеса).

Модуль – величина стандартная и выбирается из ряда чисел, который уста-

навливает ГОСТ 9563–60. Модуль есть длина (в миллиметрах) диаметра делительной окружности, приходящаяся на один зуб зубчатого колеса:

$$m = \frac{d}{z}, \quad (16.1)$$

где d – диаметр делительной окружности;

z – число зубьев зубчатого колеса;

– шаг зацепления p (t) – расстояние (в миллиметрах) между одноименными точками двух смежных зубьев, измеренное по делительной окружности;

– окружность выступов d_a ограничивает головку зубьев со стороны вершин;

– окружность впадин d_f проходит через основание впадин между зубьями;

– профиль зубьев колес чаще всего имеет форму эвольвенты.

Основные правила условного изображения зубчатых колес:

– на главном изображении зубчатого колеса следует его ось изображать горизонтально;

– зубья зубчатых колес изображают только на осевых разрезах и сечениях; в остальных случаях зубья не вычерчивают и изображаемые детали ограничивают поверхностями выступов (вершин);

– окружности и образующие поверхностей выступов зубьев показывают сплошными основными линиями;

– делительные окружности показывают на всех изображениях штрихпунктирными тонкими линиями;

– окружности впадин зубьев показывают сплошными основными линиями, на видах допускается эти элементы показывать сплошными тонкими линиями;

– если секущая плоскость проходит через ось зубчатого колеса, то в разрезах и сечениях зубья условно совмещают с плоскостью чертежа и показывают не рассеченными;

– контуры невидимых элементов допускается не изображать.

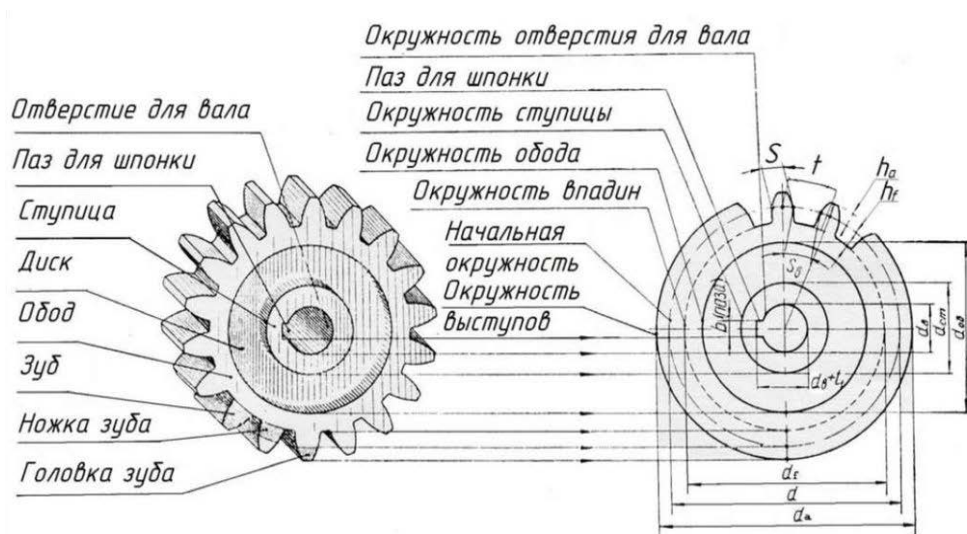


Рисунок 16.1 – Основные параметры цилиндрического зубчатого колеса

Этапы выполнения эскиза колеса зубчатого.

1 На выбранном формате в правом верхнем углу вычертить таблицу параметров (рисунок 16.2), в правом нижнем – основную надпись.

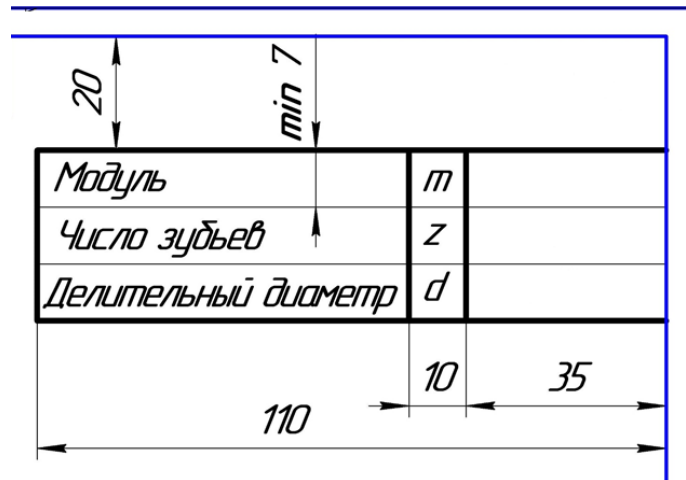


Рисунок 16.2 – Таблица параметров

2 На оставшемся поле формата зарисовать в виде прямоугольников клетки для намеченных изображений. Следует учитывать, что между изображениями должно быть свободное пространство, достаточное для нанесения размеров, надписей, обозначений шероховатостей поверхностей.

3 Нанести оси симметрии, центровые линии отверстий, пазов и т. д.

4 Вычертить очертания внешнего контура зубчатого колеса, выдерживая необходимые пропорции и соотношения между частями и элементами детали.

5 Вычертить намеченные изображения (виды, разрезы, сечения, выносные элементы).

6 Проверить выполненные изображения, удалить лишние линии, окончательно обвести линии основного контура мягким карандашом и заштриховать разрезы и сечения.

7 Нанесение размеров. При нанесении размеров следует помнить, что размерные числа независимо от величины изображений должны соответствовать натуральной величине всех элементов колеса. Каждый размер наносят только один раз и на том изображении, где наиболее полно выражена форма соответствующего элемента колеса. Общее количество размеров на эскизе должно быть минимальным и в то же время достаточным для изготовления и контроля детали.

На эскизе колеса зубчатого размеры наносятся с учетом конструктивных особенностей работы детали, технологии ее изготовления, а также необходимости контроля размеров. Так как студенты первого и второго курсов еще не изучали специальных дисциплин, позволяющих учесть все особенности конструирования, изготовления и контроля зубчатых колес, рассмотрим только порядок нанесения расчетных размеров и размеров, определяющих конструктивные особенности.

Начинать нанесение размеров следует с размерных линий, в первую

очередь, основных: габаритных, размеров, определяющих параметры зубьев зубчатого колеса, затем размеров стандартизированных элементов – фасок, шпоночных пазов, шлицев, канавок для выхода шлифовального круга и др., руководствуясь требованиями ГОСТ 2.307–68, ГОСТ 2.403–75 и справочными данными.

8 Обмер деталей. Для определения действительных и расчетных размеров колеса зубчатого используют различные мерительные инструменты: металлическую линейку, штангенциркуль, микрометр, кронциркуль, нутромер и др.

8.1 Измерить с помощью штангенциркуля (рисунок 16.3) диаметр выступов (вершин) зубчатого колеса d_a .



Рисунок 16.3 – Замер диаметра выступов колеса зубчатого

8.2 Подсчитать число зубьев z зубчатого колеса.

8.3 Определить расчетную величину модуля:

$$d_a = m \cdot (z + 2); \quad (16.2)$$

$$m = \frac{d_a}{z + 2}. \quad (16.3)$$

Сравнить полученное число со стандартным рядом модулей и принять ближайшее значение модуля.

Пересчитать диаметр окружности выступов d_a .

8.4 По принятому стандартному модулю определить:

– делительный диаметр

$$d = m \cdot z; \quad (16.4)$$

– диаметр впадин

$$d_f = m \cdot (z - 2,5). \quad (16.5)$$

8.5 Измерить остальные размеры отдельных элементов колеса, уточняя полученные данные с данными соответствующих ГОСТов.

8.6 Заполнить таблицу параметров зубчатого колеса.

9 Обозначение шероховатости поверхностей. При нанесении обозначений шероховатости поверхностей следует руководствоваться ГОСТом.

10 Выполнить все необходимые надписи, заполнить основную надпись чертежа по следующему образцу.

На рисунке 16.4 представлен образец выполнения эскиза колеса зубчатого.

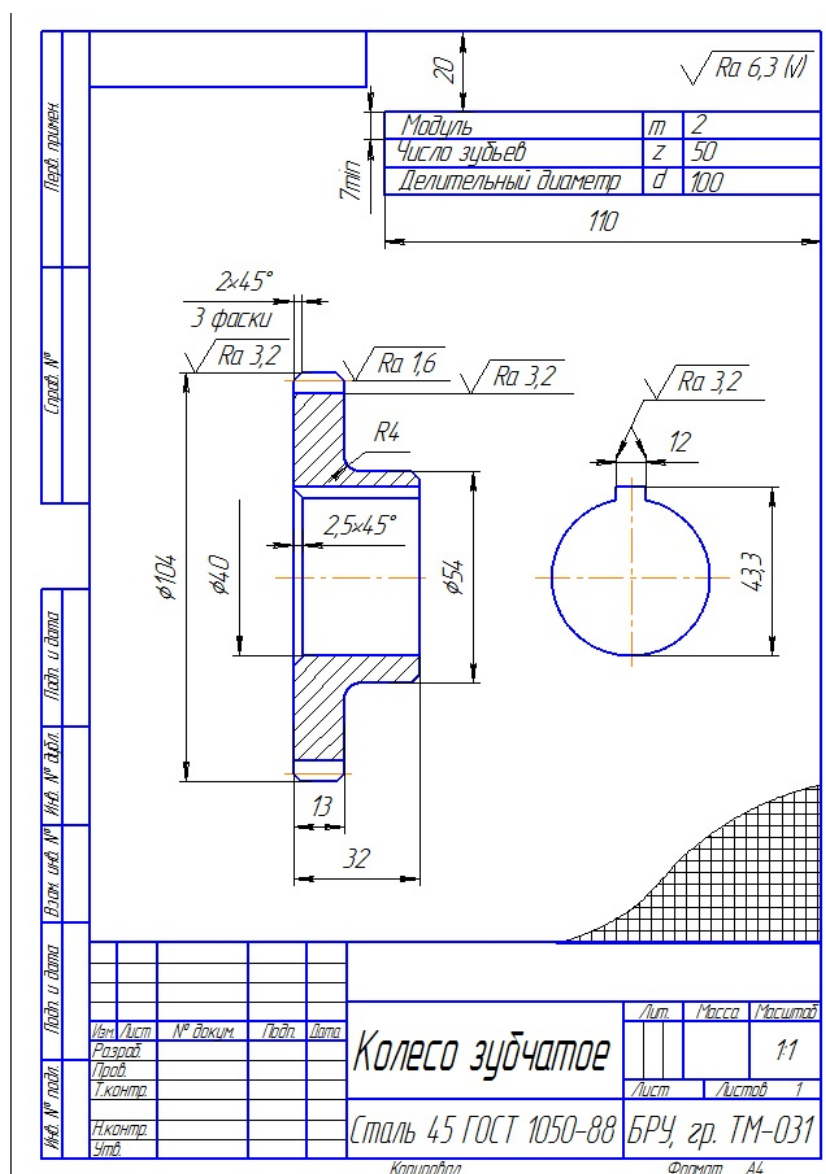


Рисунок 16.4 – Образец выполнения эскиза колеса зубчатого

17 Деталирование

Одним из основных конструкторских документов является рабочий чертеж детали, на котором приводятся сведения о конструктивных размерах, выбранных посадках, информация о других данных, необходимых для последующей разработки конструкторской документации.

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 17.1 и 17.2.

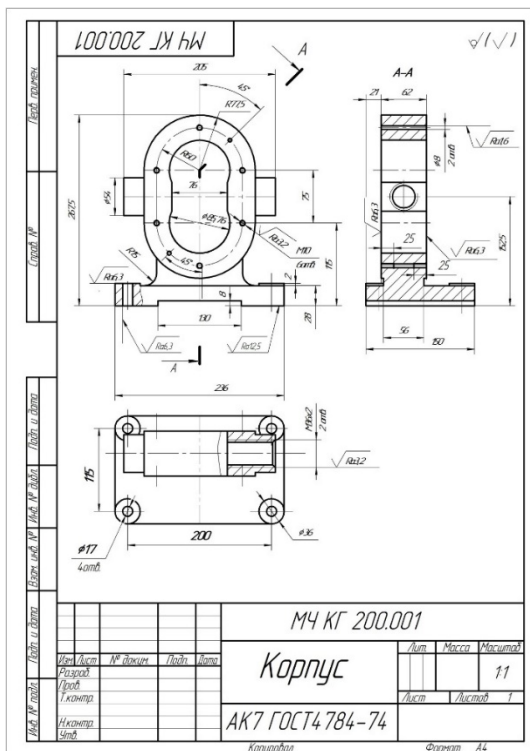


Рисунок 17.1 – Рабочий чертеж «Корпус»

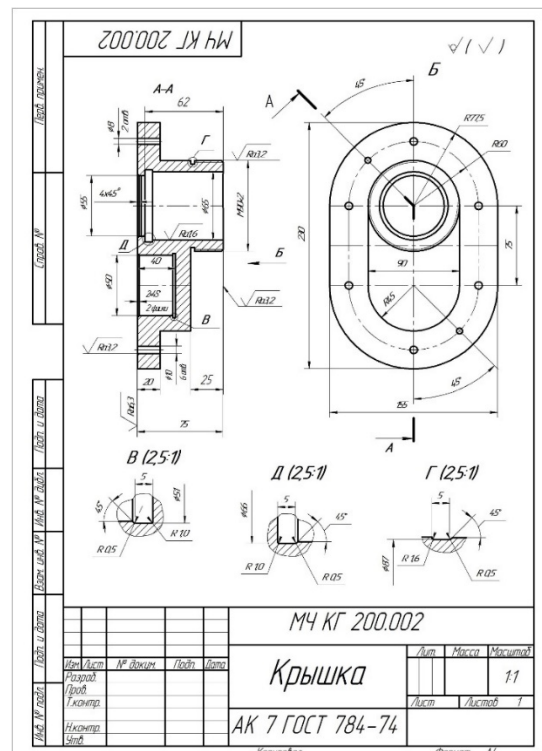


Рисунок 17.2 – Рабочий чертеж «Крышка»

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 Скомпоновать изображения детали на листе. Намеченные виды, разрезы и сечения выполняются тонкими сплошными линиями.

5 Нанести необходимые размеры и условные знаки.

6 Оформление рабочего чертежа. 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.

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

Список литературы

1 Инженерная графика: учебник / под ред. Н. П. Сорокина. – 6-е изд., стер. – СПб. ; Краснодар : Лань, 2022. – 392 с.

2 **Чекмарев, А. А.** Инженерная графика. Машиностроительное черчение : учебник / А. А. Чекмарев. – М. : ИНФРА-М, 2015. – 396 с.

3 Форматы: ГОСТ 2.301–68. – Мн. : Госстандарт, 2010. – 4 с.

4 Линии : ГОСТ 2.303–68. – Мн. : Госстандарт, 2010. – 8 с.

5 Шрифты чертежные : ГОСТ 2.304–81. – Мн. : Госстандарт, 2010. – 23 с.

6 Изображения – виды, разрезы, сечения : ГОСТ 2.305–2008. – Мн. : Госстандарт, 2010. – 28 с.

7 Нанесение размеров и предельных отклонений : ГОСТ 2.307–2011. – Мн. : Госстандарт, 2011. – 28 с.

8 Обозначения шероховатости поверхностей : ГОСТ 2.309–73. – Мн. : Госстандарт, 2010. – 9 с.

9 Изображение резьбы : ГОСТ 2.311–68. – Мн. : Госстандарт, 2010. – 7 с.

10 Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски : ГОСТ 1139–80. – Мн. : Госстандарт, 2011. – 9 с.

11 Радиусы закруглений и фаски. Размеры : ГОСТ 10948–64. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 2 с.

12 Отверстия центровые. Размеры : ГОСТ 14034–74. – Мн. : Госстандарт, 2008. – 124 с.

13 Рифления прямые и сетчатые. Форма и основные размеры : ГОСТ 21474–75. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 3 с.

14 Эскиз зубчатого колеса. Инженерная графика : метод. рекомендации к практ. занятиям / Бел.-Рос. ун-т ; сост. О. А. Воробьева, Ж. В. Рымкевич. – Могилев : Бел.-Рос. ун-т, 2019. – 21 с.

15 Чертеж сборочной единицы. Детализование. Инженерная графика. Начертательная геометрия и компьютерная графика. Начертательная геометрия и инженерная графика : метод. рекомендации к практ. занятиям / Бел.-Рос. ун-т ; сост. Н. Н. Гобралев. – Могилев : Бел.-Рос. ун-т, 2018. – 43 с.

16 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.

17 Эскиз вала. Инженерная графика : метод. рекомендации к практ. занятиям / Бел.-Рос. ун-т ; сост. Ю. А. Гуца. – Могилев : Бел.-Рос. ун-т, 2019. – 24 с.