

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Основы проектирования машин»

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

*Методические рекомендации к самостоятельной работе
для студентов специальности
6-05-0716-03 «Информационно-измерительные приборы
и системы» заочной 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» «30» января 2026 г.,
протокол № 7

Составитель ст. преподаватель О. А. Воробьева

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

Методические рекомендации предназначены для студентов специальности 6-05-0716-03 «Информационно-измерительные приборы и системы» заочной формы обучения. В них рассматривается последовательность выполнения всех индивидуальных графических заданий по курсу дисциплины «Инженерная графика».

Учебное издание

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

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

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

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

© Белорусско-Российский
университет, 2026

Содержание

Введение.....	4
1 Точка и прямая в системе H, V, W	5
2 Соединения разъемные.....	9
3 Эскизирование.....	20
4 Деталирование.....	29
Список литературы.....	32

Введение

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

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

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

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

1 Точка и прямая в системе H, V, W

Задачи начертательной геометрии.

1 Научить строить чертежи, т. е. изображать пространственные 3-мерные образы на плоском 2-мерном чертеже.

2 Научить читать чертежи, т. е. по плоскому изображению представить технический объект предметного пространства.

3 Научить на плоском чертеже решать позиционные и метрические задачи относительно взаимного положения пространственных объектов.

Изображения, построенные по правилам, изучаемым в начертательной геометрии, позволяют представить мысленно форму предметов и их взаимное расположение в пространстве, определить их размеры, исследовать геометрические свойства, присущие изображаемому предмету.

Правила построения изображений, излагаемые в начертательной геометрии, основаны на методе проекций.

Изучение метода проекций начинают с построения точки, т. к. любой пространственный объект рассматривают как ряд точек, принадлежащих этому объекту.

Проекцией точки A на плоскость H называется точка A' , полученная при пересечении проходящего через нее проецирующего луча с плоскостью проекций.

В зависимости от способа проведения проецирующего луча проекции подразделяют на центральные и параллельные.

Для получения центральной проекции необходимо задаться плоскостью проекций, центром проекций и точкой, не лежащей в этой плоскости.

Параллельные получаются в случае расположения проецирующих лучей параллельно между собой и параллельно заданному направлению проецирования.

В свою очередь параллельные проекции могут быть прямоугольные и косоугольные.

Прямоугольные проекции – проецирующие, прямые перпендикулярные к плоскости проекций.

Косоугольные проекции – направление проецирования составляет с плоскостью проекций угол, не равный 90° .

Одна проекция точки не определяет положение ее в пространстве, т. к. может служить проекцией любой точки, лежащей на проецирующем луче.

В 1799 г. издан метод французского ученого Гаспара Монжа – метод параллельного проецирования (причем берутся прямоугольные проекции на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций), обеспечивая выразительность, точность изображений предметов на плоскости.

Слово «прямоугольный» часто заменяют словом ортогональный, образованным из слов древнегреческого языка, обозначающих «прямой» и «угол».

В результате указанного совмещения плоскостей получается чертеж, известный под названием эпюр Монжа.

Основной закон проецирования: две проекции точки всегда лежат на одной линии связи, перпендикулярной одной из осей проекций (рисунок 1.1).

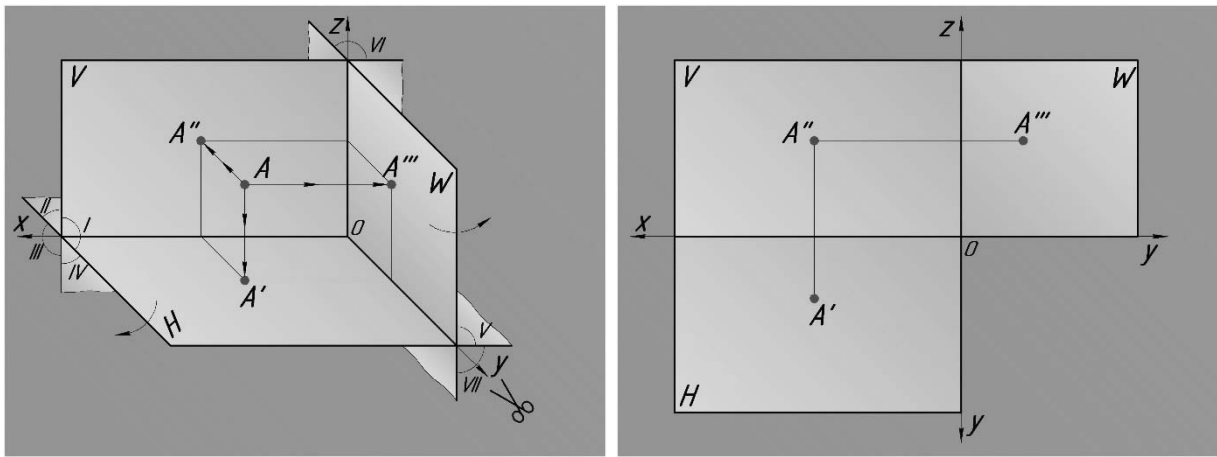


Рисунок 1.1 – Эпюр Монжа

Основным методом начертательной геометрии является метод проекций. Все пространственные объекты ориентируют относительно пространственной системы координатных осей: X – ось абсцисс (широта точки); Y – ось ординат (глубина точки); Z – ось аппликат (высота точки); O – точка пересечения осей, начало координат. Проекции объектов получают на взаимно перпендикулярных плоскостях:

Π_1 – горизонтальная плоскость проекций;

Π_2 – фронтальная плоскость проекций;

Π_3 – профильная плоскость проекций.

Точка задается расстояниями до плоскостей проекций, т. е. координатами (X, Y, Z) , где X – расстояние до Π_3 ; Y – расстояние до Π_2 ; Z – расстояние до Π_1 .

Прямая линия – это линия, вдоль которой расстояние между двумя точками является кратчайшим, ее положение в пространстве определяют две точки, через которые она проходит. Прямая, расположенная в пространстве произвольно, не параллельно и не перпендикулярно ни одной из плоскостей проекций, называется прямой общего положения (рисунок 1.2).

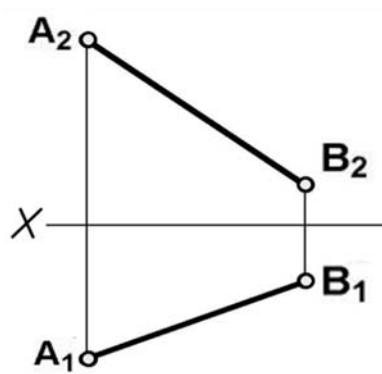


Рисунок 1.2 – Прямая общего положения

Прямые, параллельные плоскостям проекций, называют прямыми уровня. Горизонтальные прямые – прямые, параллельные горизонтальной плоскости проекций Π_1 . Отрезок, принадлежащий горизонтали, на горизонтальную плоскость проекций проецируется в натуральную величину (рисунок 1.3).

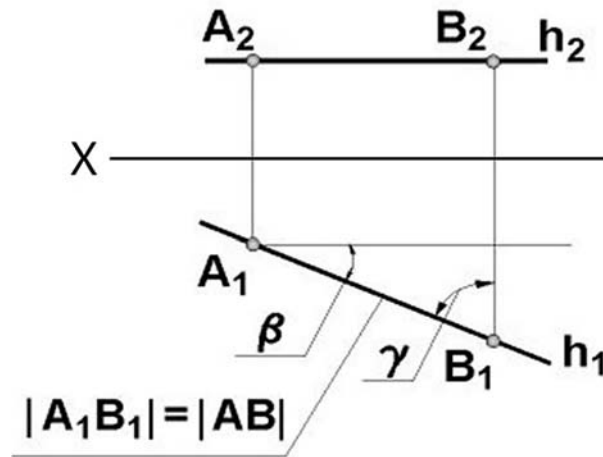


Рисунок 1.3 – Горизонтальная прямая

Фронтальные прямые – прямые, параллельные фронтальной плоскости проекций Π_2 . Отрезок, принадлежащий фронтали, на фронтальную плоскость проекций проецируется в натуральную величину (рисунок 1.4).

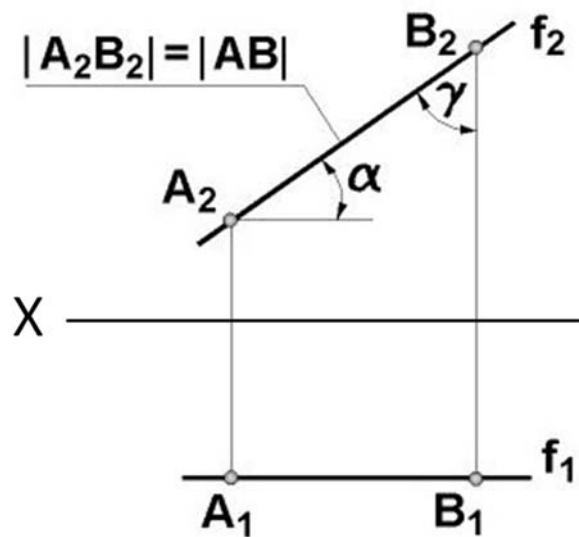


Рисунок 1.4 – Фронтальная прямая

Профильные прямые – прямые, параллельные профильной плоскости проекций Π_3 . Отрезок, принадлежащий профильной прямой, на профильную плоскость проекций проецируется в натуральную величину (рисунок 1.5).

Прямые, перпендикулярные плоскостям проекций, называют проецирующими прямыми. Горизонтально-проецирующие – прямые, перпендикулярные горизонтальной плоскости проекций Π_1 . Фронтально-проецирующие – прямые, перпендикулярные фронтальной плоскости проекций Π_2 . Профильно-проецирующие – прямые, перпендикулярные профильной плоскости проекций Π_3 (рисунки 1.6 и 1.7).

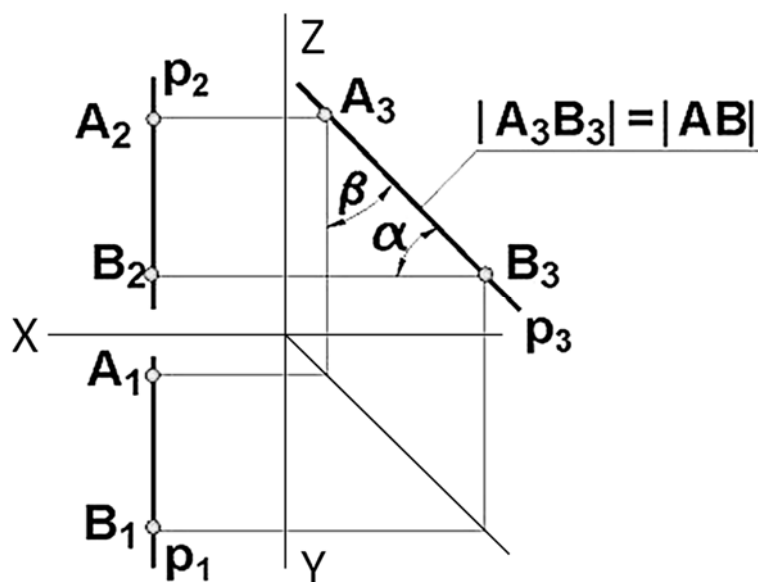


Рисунок 1.5 – Профильная прямая

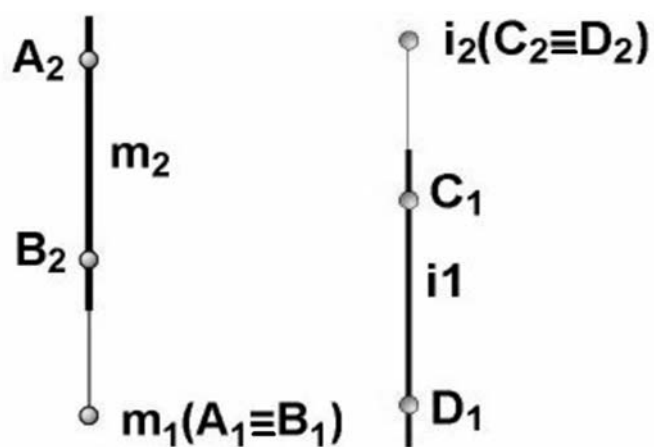


Рисунок 1.6 – Горизонтально-проецирующая и фронтально-проецирующая прямые

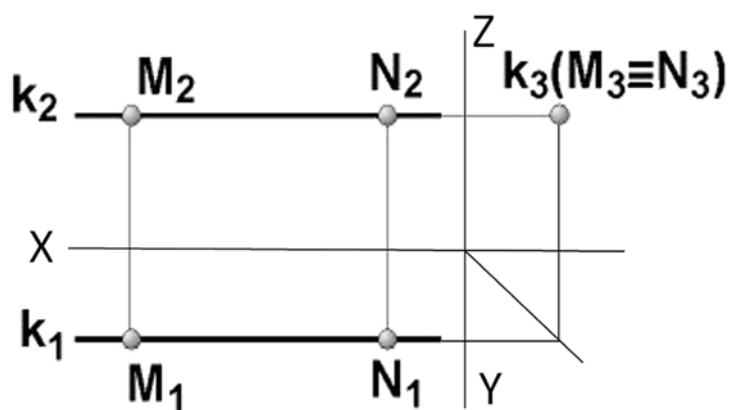


Рисунок 1.7 – Профильно-проецирующая прямая

2 Соединения разъемные

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

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

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

Штифтами называются стальные стержни, применяемые для жесткого соединения деталей (например, для закрепления маховиков, втулок, вала на ступице, установочных колец, рукояток и т. д.) или сохранения их правильного взаимного положения. В первом случае штифты называются соединительными (рисунок 2.1, а), а во втором – установочными (рисунок 2.1, б).



а – соединительные штифты; б – установочные штифты

Рисунок 2.1 – 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 2.2).

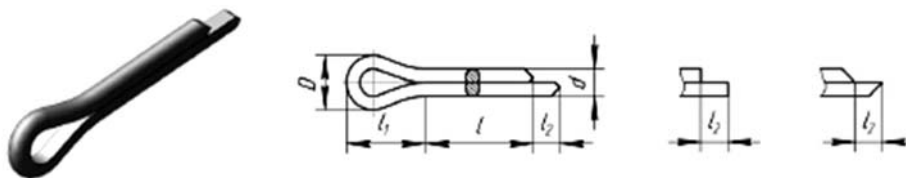
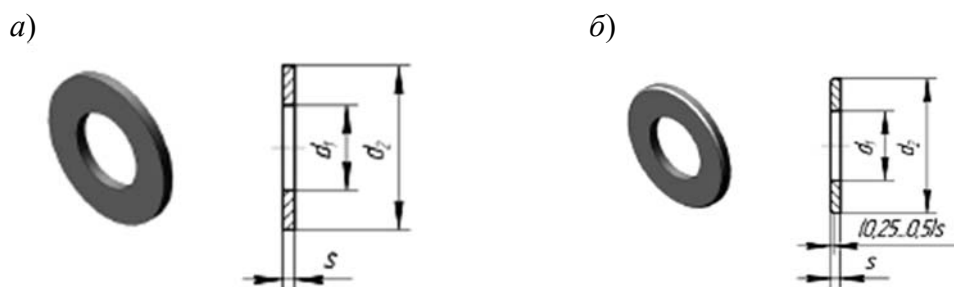


Рисунок 2.2 – Шплинт разводной

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

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

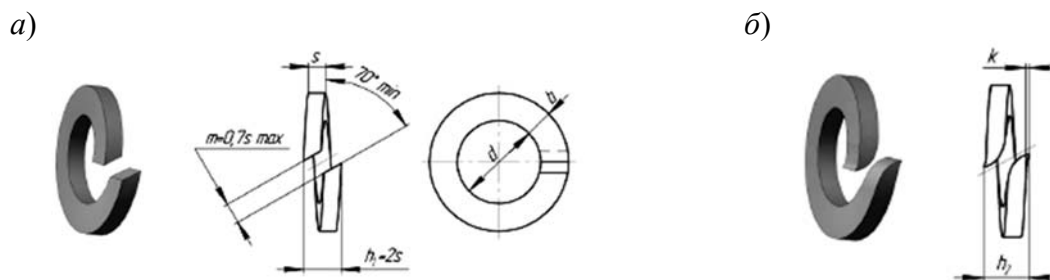
Шайбы круглые, по ГОСТ 11371–78, изготавливают в двух исполнениях: без фасок, с фасками (рисунок 2.3).



a – исполнение 1; *б* – исполнение 2

Рисунок 2.3 – 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 2.4) представляют собой виток винтового выступа левого направления.



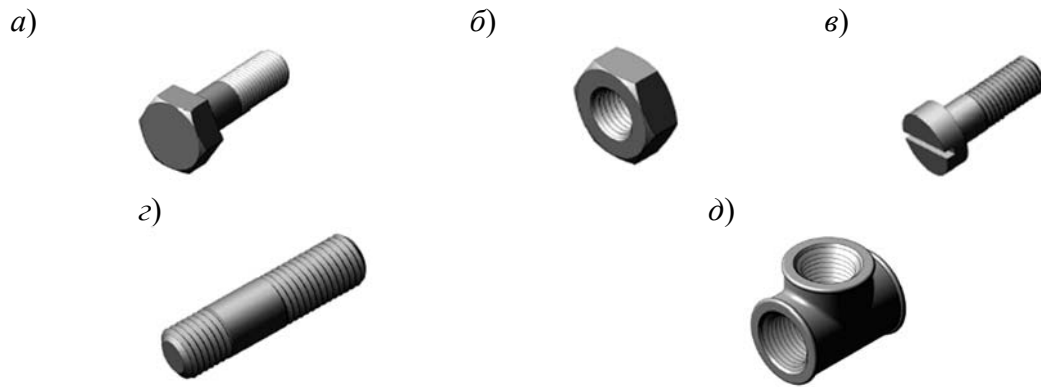
a – исполнение 1; *б* – исполнение 2

Рисунок 2.4 – 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 2.5.

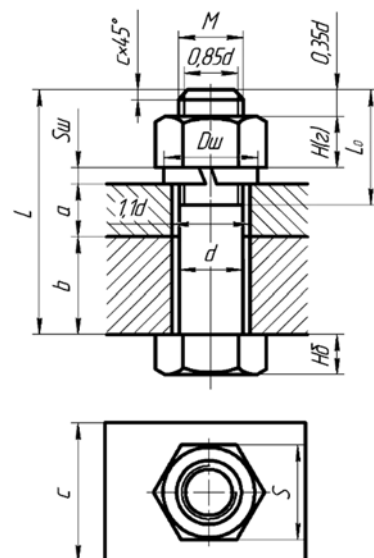
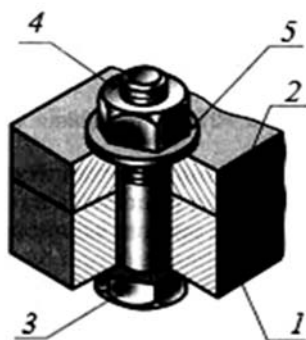


a – болт с шестигранной головкой первого исполнения ГОСТ 7798–70; *б* – шестигранная гайка первого исполнения ГОСТ 5915–70; *в* – винт с цилиндрической головкой ГОСТ 1491–80; *г* – шпилька общего назначения первого исполнения; *д* – тройник (фитинг)

Рисунок 2.5 – Примеры наиболее распространенных стандартных изделий с резьбой

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 2.6 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.



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

Рисунок 2.6 – Изображение соединения болтом

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 2.7). На виде спереди строят проекции шестигранной призмы заданной высоты m , которая равна размеру $H(z)$ с рисунка 2.6. Далее определяют диаметр d_w окружности, ограничивающей торцовые плоскости гайки: $d_w = (0,9 \dots 0,95) S$.

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

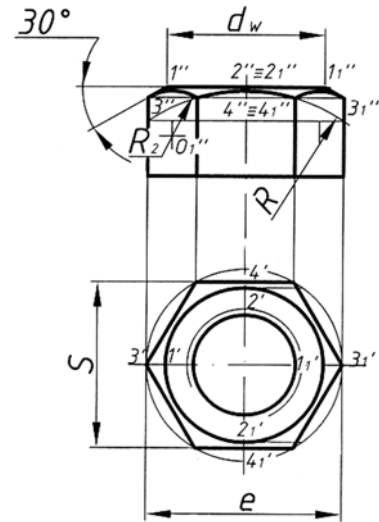


Рисунок 2.7 – Пример построения шестигранной гайки нормальной точности

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

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.

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

Шпильки общего назначения изготавливают в двух исполнениях:

- 1) с одинаковыми номинальными диаметрами резьбы и гладкой части (рисунок 2.8);
- 2) с номинальным диаметром гладкой части меньше номинального диаметра резьбы (рисунок 2.9).

Наглядное изображение соединения деталей шпилькой показано на рисунке 2.10.

В корпусе (деталь 1) просверливают сверлом несквозное отверстие (гнездо) и нарезают резьбу. Посадочный конец шпильки b_1 (деталь 5) полностью вкручи-

вается в это отверстие. Сверху на шпильку надевается крышка (деталь 2), которую необходимо соединить с деталью 1. Диаметр отверстия в крышке берут на 1,0...1,5 мм больше, чем диаметр шпильки d . Как и при соединении болтом, надевают шайбу (деталь 4) и навинчивают гайку (деталь 3).

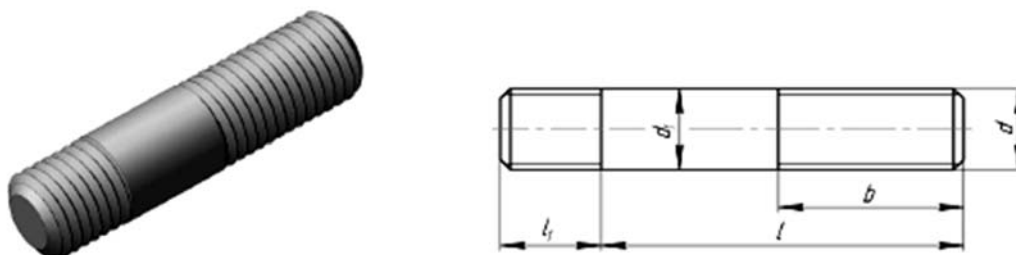


Рисунок 2.8 – Шпилька общего назначения исполнения 1

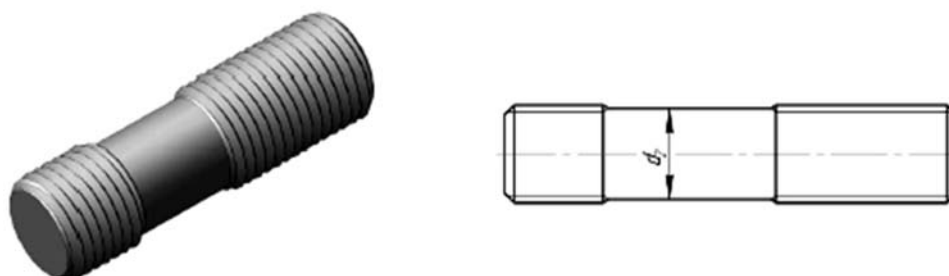


Рисунок 2.9 – Шпилька общего назначения исполнения 2

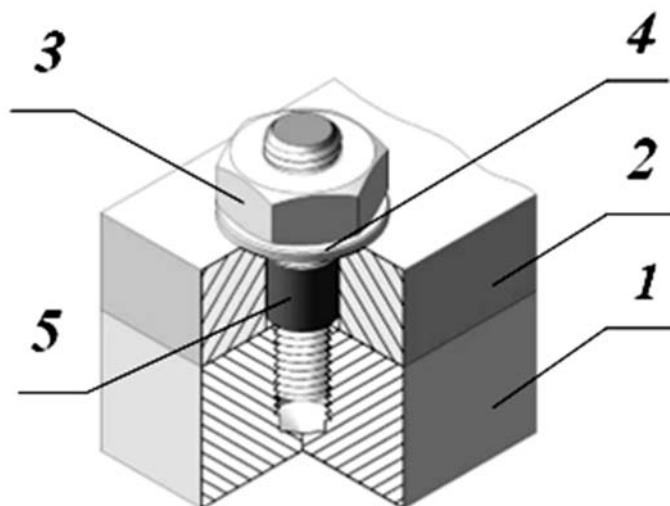


Рисунок 2.10 – Наглядное изображение соединения шпилькой

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 (см. рисунок 2.8) 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 2.11 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.

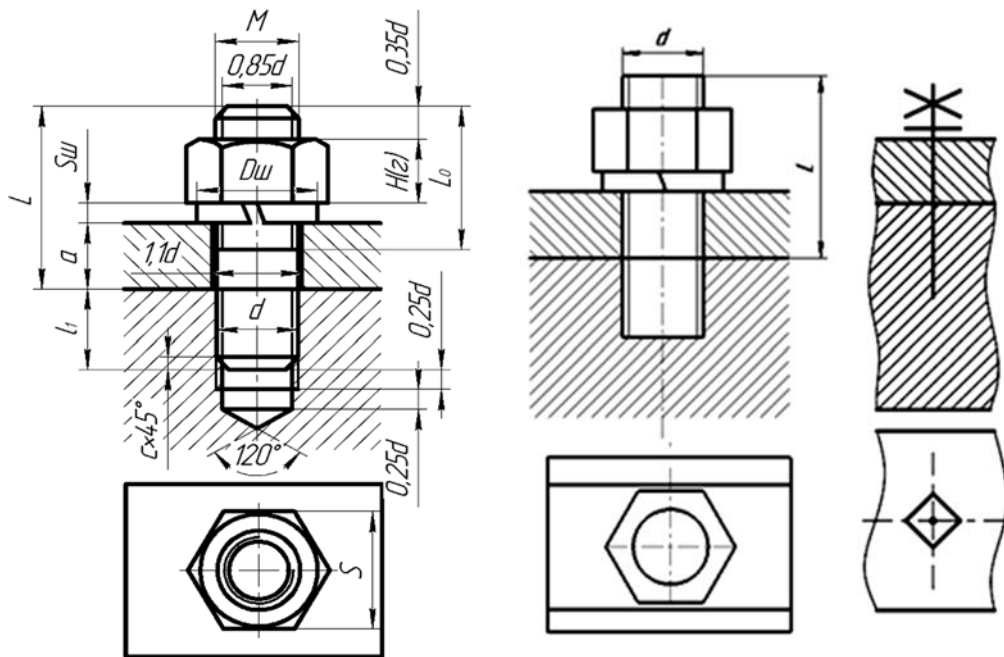


Рисунок 2.11 – Изображение соединения шпилькой

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 2.12).

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.

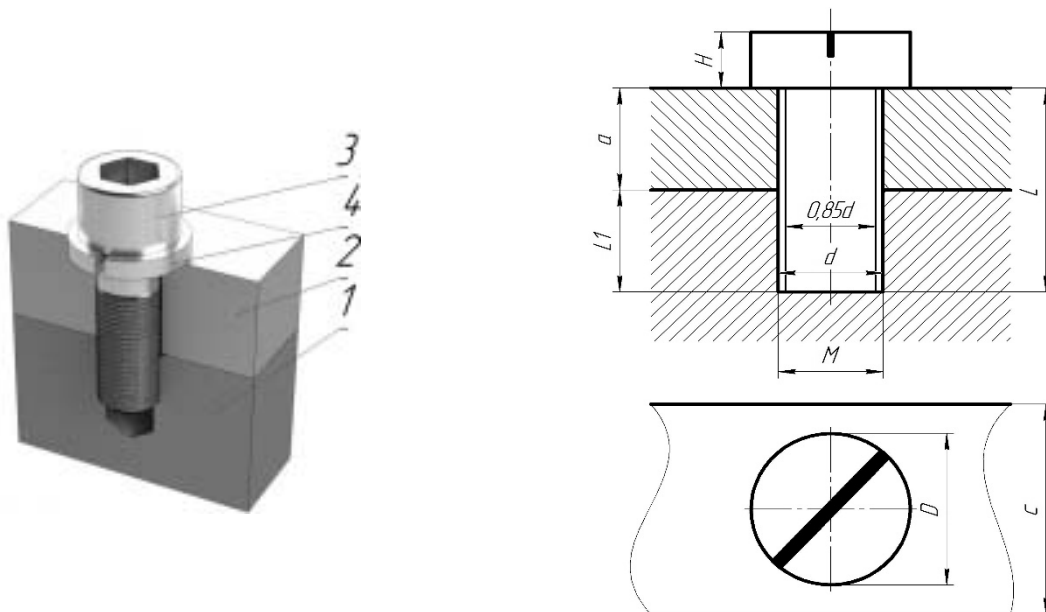
Крепежный винт – деталь, которая служит для разъемного соединения и представляет собой цилиндрический стержень с резьбой для ввинчивания в одну

из соединяемых деталей и головкой различных форм «под ключ» или с прорезью «под отвертку».



Рисунок 2.12 – Конструктивные размеры шпилек

На рисунке 2.13 показаны наглядное и упрощенное изображение винтового соединения.



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

Рисунок 2.13 – 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. Специфика-

ция – 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 2.14).

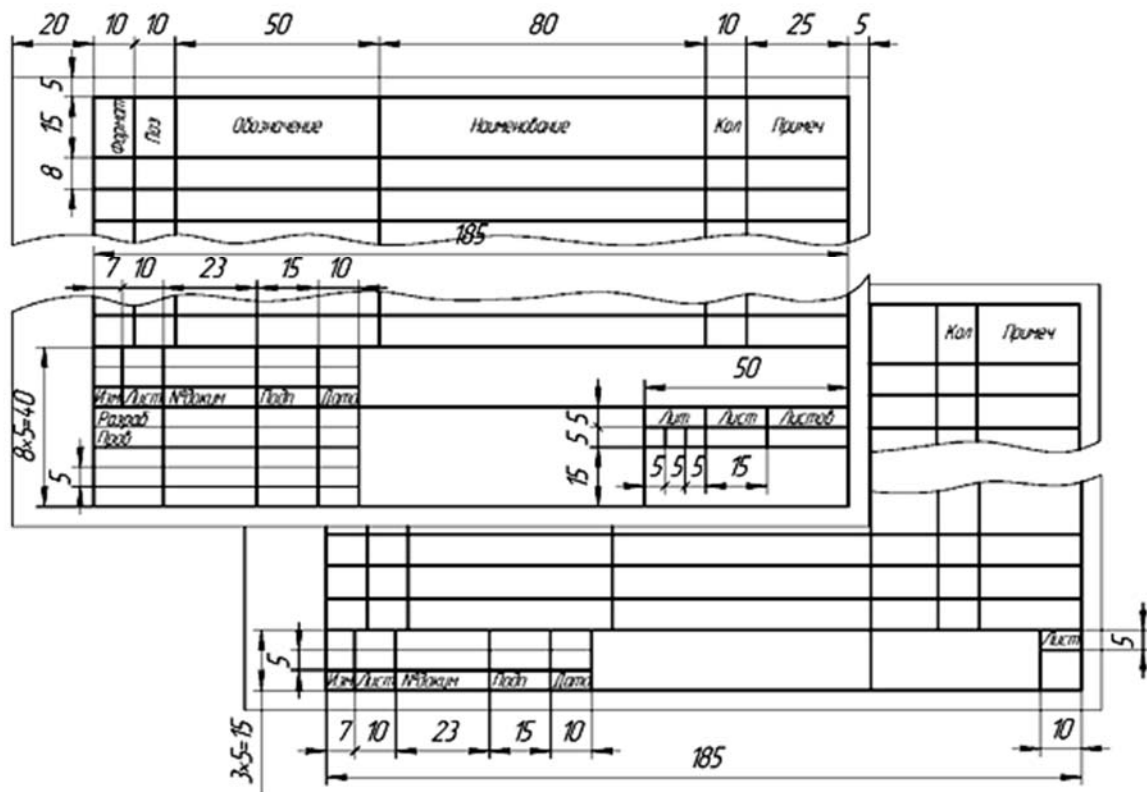


Рисунок 2.14 – Формы штампа основной надписи

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

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

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

В колонке «Поз.» (Позиция) записываются цифры-номера позиций, которыми отмечены составляющие части изделия (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. 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*, *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.

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 2.15–2.17).

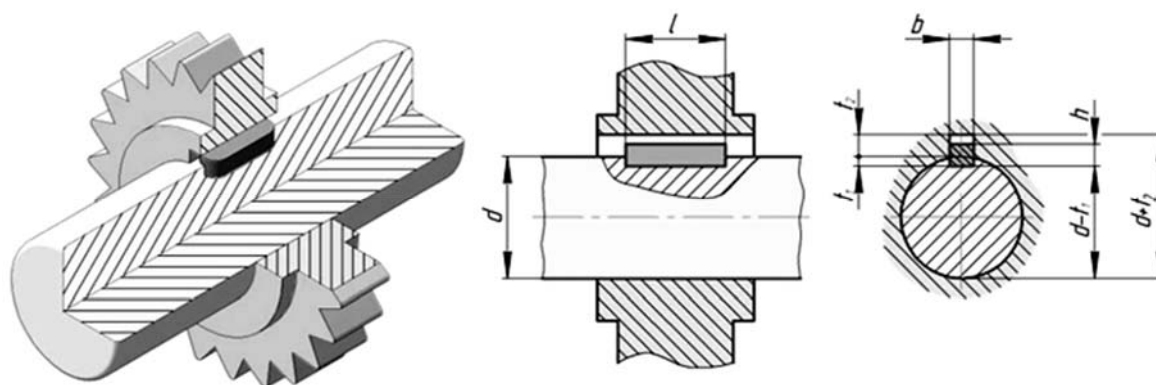


Рисунок 2.15 – Соединение шпоночное с призматической шпонкой

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.

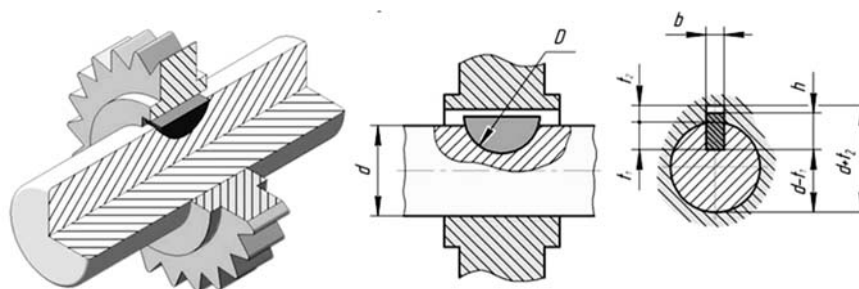


Рисунок 2.16 – Соединение шпоночное с сегментной шпонкой

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.

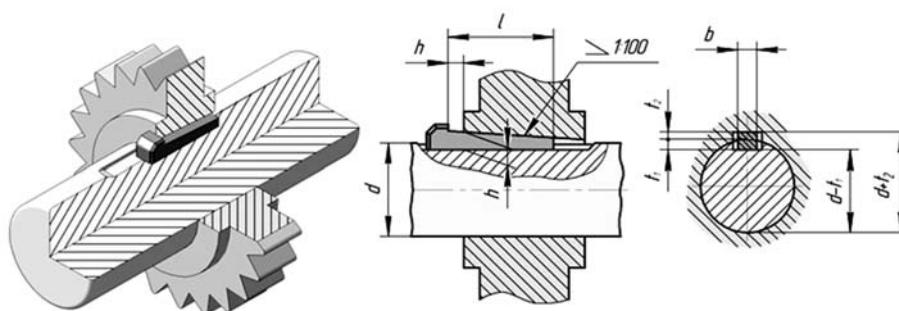


Рисунок 2.17 – Соединение шпоночное с клиновой шпонкой

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 [1].

Шлицевое соединение можно представить как многошпоночное соединение, в котором шпонки выполнены заодно с валом (рисунок 2.18). 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 2.19).

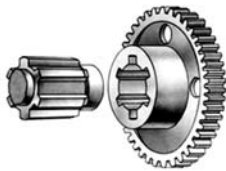


Рисунок 2.18 – Соединение шлицевое

Рисунок 2.19 – 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: $d-8 \times 36 \times 40 \times 7$.

3 Эскизирование

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 3.1 задан чертеж вала определенной формы.

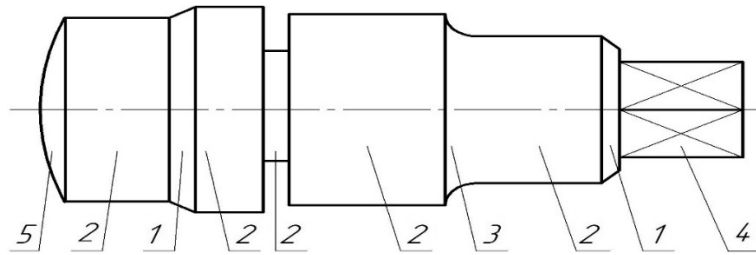


Рисунок 3.1 – Чертеж вала с указанием составляющих его поверхностей

Анализируя ее, можно расчленить вал на несколько простейших элементов, составляющих его форму (рисунок 3.2).

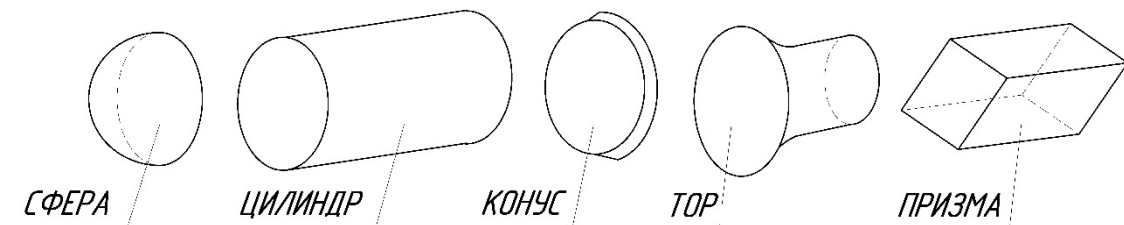


Рисунок 3.2 – Отдельные геометрические тела, из которых состоит вал

В машиностроении отдельным элементам валов принято присваивать названия, что в среде специалистов облегчает общение на техническом языке. На рисунке 3.3 приведены некоторые из них.

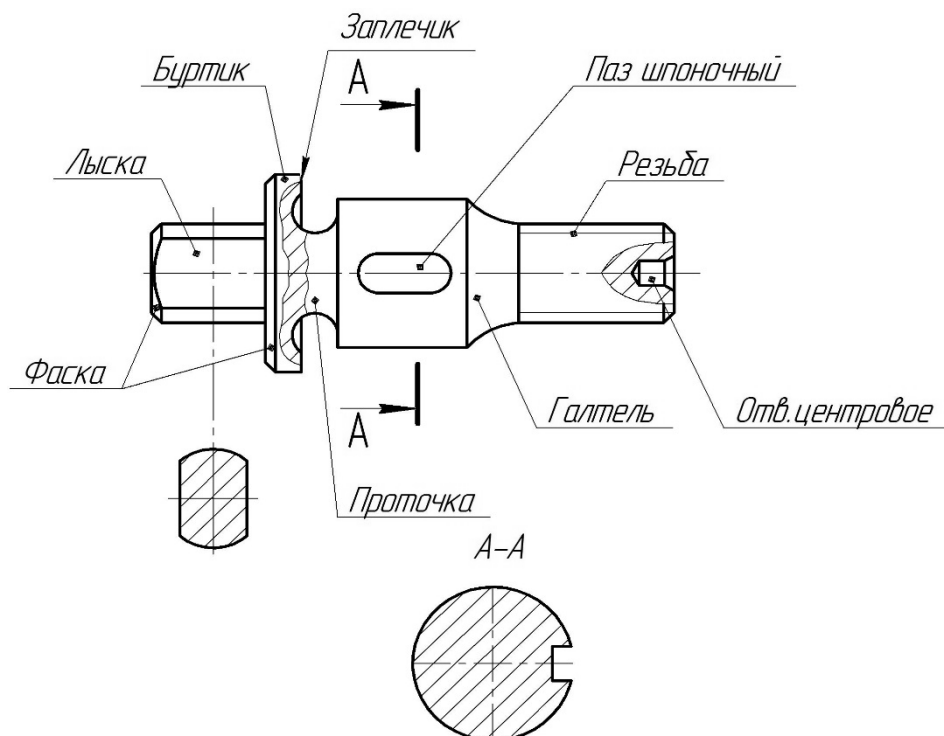


Рисунок 3.3 – Элементы вала

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

Галтель – криволинейная поверхность плавного перехода от меньшего сечения вала к плоской части заплечика 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 3.4 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

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

3 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.

4 Обмер деталей. Для определения действительных размеров вала используют различные мерительные инструменты. Для измерения размеров применяют металлическую линейку, треугольник, штангенциркуль, кронциркуль,

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.

Этапы выполнения эскиза колеса зубчатого.

1 На выбранном формате в правом верхнем углу вычертить таблицу параметров (рисунок 3.6), в правом нижнем – основную надпись.

Модуль	m
Число зубьев	z
Делительный диаметр	d

Рисунок 3.6 – 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.

9 Измерить с помощью штангенциркуля (рисунок 3.7) диаметр выступов (вершин) зубчатого колеса d_a .



Рисунок 3.7 – Замер диаметра выступов колеса зубчатого

10 Подсчитать число зубьев z зубчатого колеса.

11 Определить расчетную величину модуля:

$$d_a = m \cdot (z + 2); \quad (3.2)$$

$$m = \frac{d_a}{z + 2}. \quad (3.3)$$

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

Пересчитать диаметр окружности выступов d_a .

По принятому стандартному модулю определить:

– делительный диаметр

$$d = m \cdot z; \quad (3.4)$$

– диаметр впадин

$$d_f = m \cdot (z - 2,5). \quad (3.5)$$

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

14 Заполнить таблицу параметров зубчатого колеса.

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

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

На рисунке 3.8 представлен образец выполнения эскиза колеса зубчатого.

Рисунок 3.8 – Образец выполнения эскиза колеса зубчатого

4 Деталирование

Одним из основных конструкторских документов является рабочий чертеж детали. Основанием для разработки рабочих чертежей служит чертеж общего вида технического проекта.

На рабочем чертеже детали приводят сведения о конструктивных размерах, выбранных посадках, информацию 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.

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 *деталированием сборочного чертежа*.

Главными составляющими этапами его являются:

- мысленное «представление» детали;
- определение необходимых изображений рабочего чертежа детали и их масштаб;
- резервирование подходящего формата листа бумаги для рабочего чертежа с учетом размещения изображений на листе, предполагаемой сетки размеров, записи необходимых технических требований и других данных;
- непосредственное выполнение рабочего чертежа детали;
- нанесение 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.

Конструкция насоса шестеренного и порядок его сборки иллюстрируются рисунками 4.1 и 4.2.

На рисунке 4.3 приведен чертеж общего вида шестеренного насоса, по которому требуется выполнить рабочие чертежи деталей позиции 1 и позиции 2. Поставленная задача решается последовательным чтением сборочного чертежа и его деталированием по вышеописанному порядку.

Выполнение рабочих чертежей «Корпус» и «Крышка» проведено с учетом вышеприведенных рекомендаций по определению количества и вида их достаточных изображений и нанесения размеров. Рабочие чертежи указанных деталей представлены на рисунках 4.4 и 4.5.

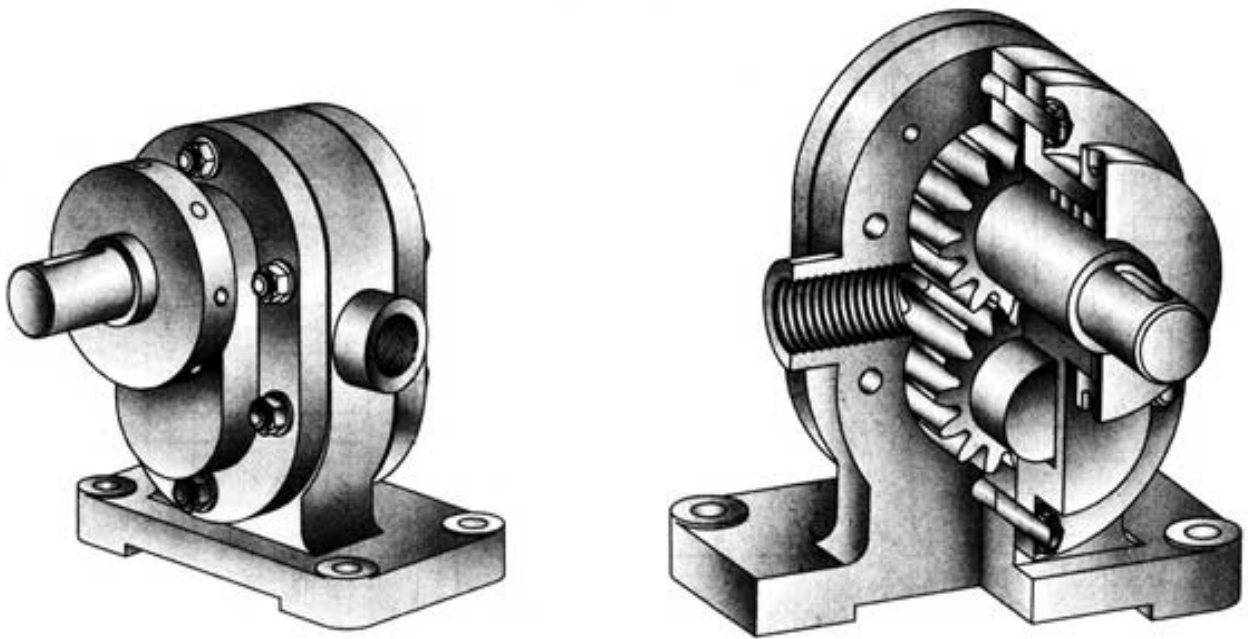
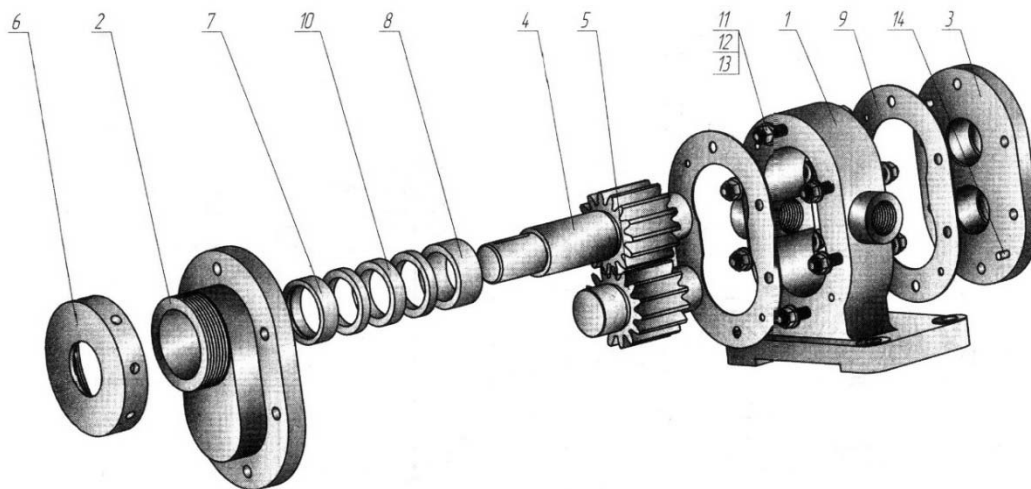


Рисунок 4.1 – Наглядное изображение насоса шестеренного



1 – корпус; 2 – крышка сквозная; 3 – крышка; 4 – вал-шестерня; 5 – колесо ведомое; 6 – гайка круглая; 7, 8 – втулки; 9 – прокладка; 10 – кольцо; 11 – гайка; 12 – шайба; 13 – шпилька; 14 – штифт

Рисунок 4.2 – Подetailное расчленение узла

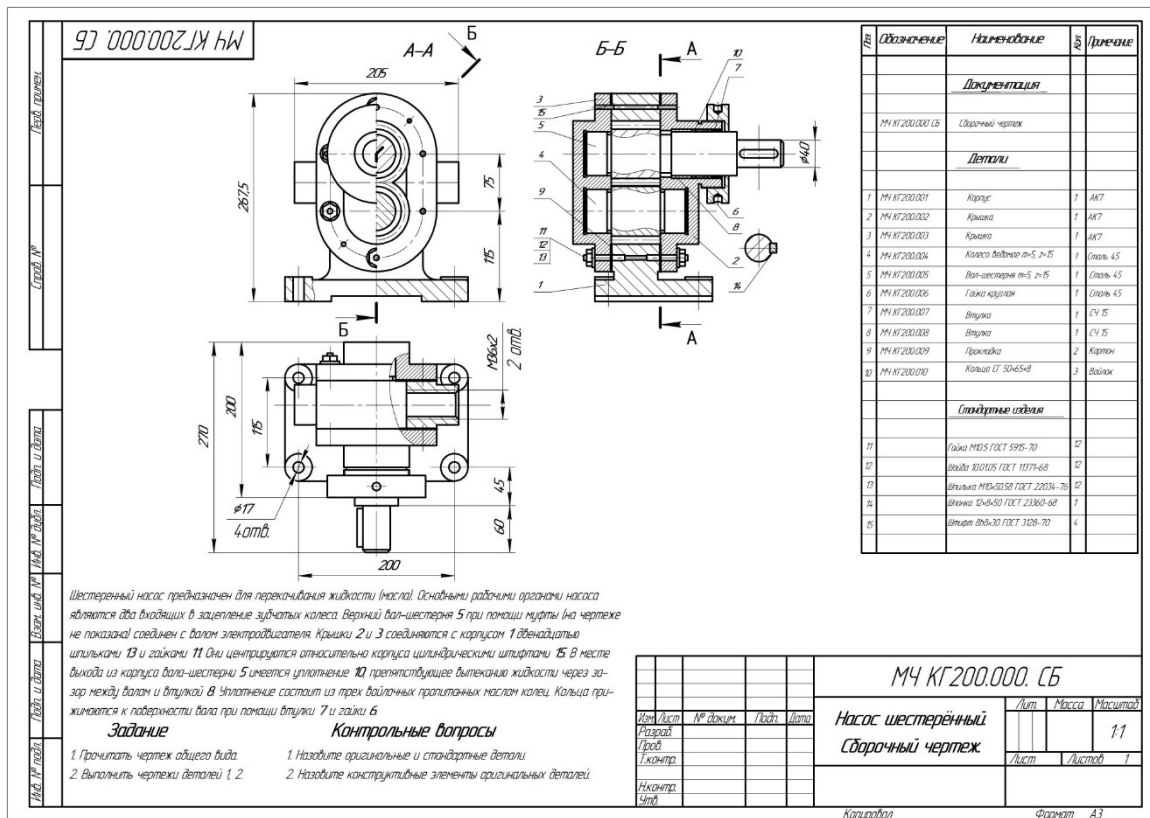


Рисунок 4.3 – Пример задания по детализированию

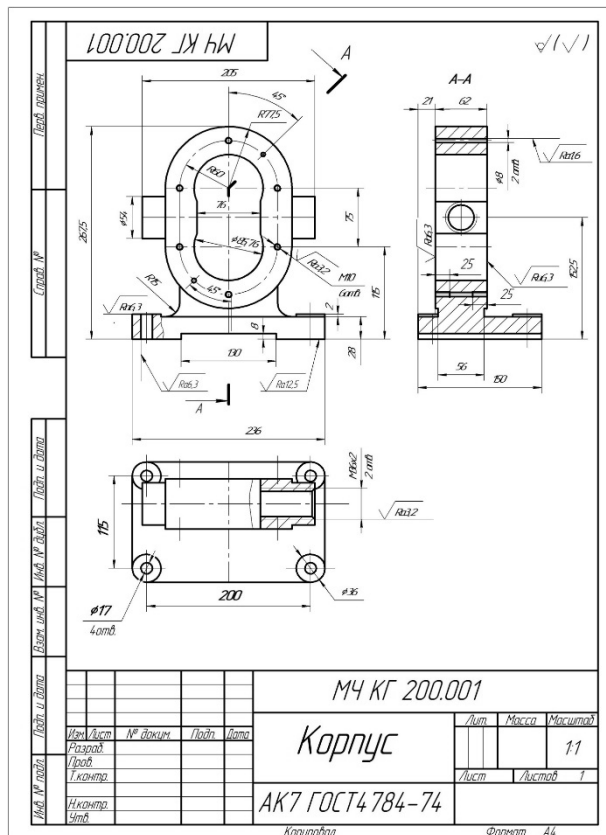


Рисунок 4.4 – Рабочий чертёж «Корпус», позиция 1

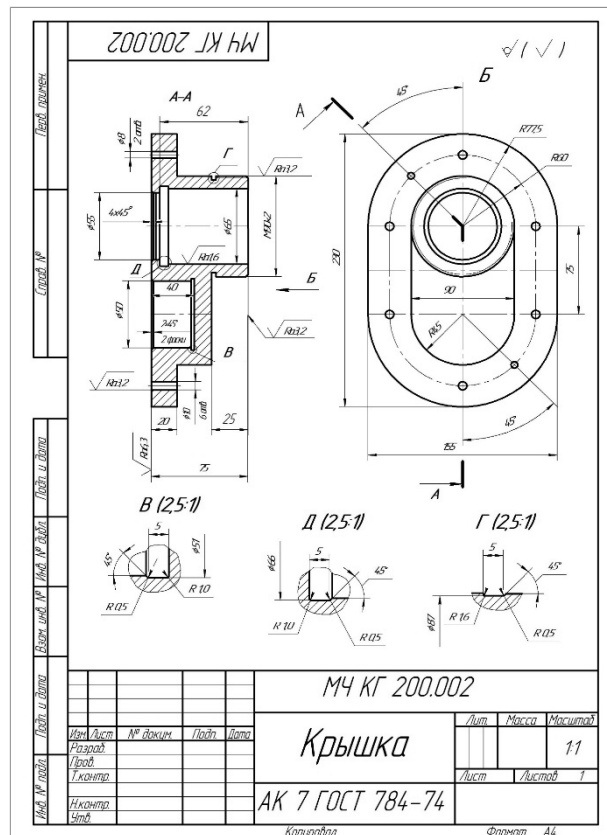


Рисунок 4.5 – Рабочий чертёж «Крышка», позиция 2

Список литературы

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