

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Техносферная безопасность и производственный дизайн»

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ ГРАФИКА

*Методические рекомендации
к управляемой самостоятельной работе
для студентов специальности 1-36 07 02 «Производство
изделий на основе трехмерных технологий»
очной формы обучения*



Могилев 2022

УДК 004:621.865.8
ББК 32.973:32.816
Н75

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Техносферная безопасность и производственный дизайн» «10» декабря 2021 г., протокол № 5

Составители: ст. преподаватель Н. М. Юшкевич;
ст. преподаватель О. А. Воробьева

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Методические рекомендации предназначены для студентов специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» очной формы обучения. В них приведены материалы для управляемой самостоятельной работы по курсу дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика».

Учебно-методическое издание

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ,
ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ ГРАФИКА

Ответственный за выпуск	А. В. Щур
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2022

Содержание

Введение.....	4
1 Лекции с управляемой самостоятельной работой.....	5
1.1 Метрические свойства проекций.....	5
1.2 Плоскость.....	6
1.3 Метрические задачи.....	8
1.4 Позиционные задачи.....	10
1.5 Система КОМПАС-3D.....	12
2 Практические занятия с управляемой самостоятельной работой.....	18
2.1 Геометрическое черчение.....	18
2.2 Проекционное черчение.....	21
2.3 Метрические задачи.....	23
2.4 Пересечение поверхностей.....	26
2.5 Разъемные и неразъемные соединения.....	30
2.6 Эскизы	33
2.7 Сборочный чертеж.....	42
Список литературы.....	45

Введение

Одним из основных условий успешного изучения технических дисциплин является графическая грамотность студента, т. е. умение правильно читать и выполнять чертежи.

Подготовку специалистов инженерно-технического профиля в вузах обеспечивает курс инженерной графики, который является первой общетехнической дисциплиной, дающей необходимые знания. Изложение материала в методических рекомендациях базируется на положении Государственных стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД), внедренных и действующих в настоящее время в нашей стране.

Управляемая самостоятельная работа (УСР) выполняется под методическим руководством преподавателя. По мере выполнения УСР у студента происходит обобщение, систематизация теоретического материала, закрепление практических навыков.

В методических рекомендациях изложены основы дисциплины, где последовательно рассмотрены основные геометрические элементы, способы преобразования чертежа и их применение к решению практических задач, рассмотрены основные требования стандартов ЕСКД по оформлению чертежей [3–5], проекций геометрических тел, изображения – виды, разрезы, виды конструкторской документации, изображение и обозначение соединений.

Методические рекомендации по дисциплине «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» подготовлены на основе действующих стандартов и отвечают требованиям учебного процесса.

1 Лекции с управляемой самостоятельной работой

1.1 Метрические свойства проекций

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.

Основным методом, объединяющим эти свойства, является метод прямоугольного треугольника, который позволяет по имеющимся проекциям прямой определить натуральную величину её отрезка и углы его наклона к плоскостям проекций.

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. Найти натуральную величину отрезка AB и углы его наклона к плоскостям проекций H и V (рисунок 1.1).

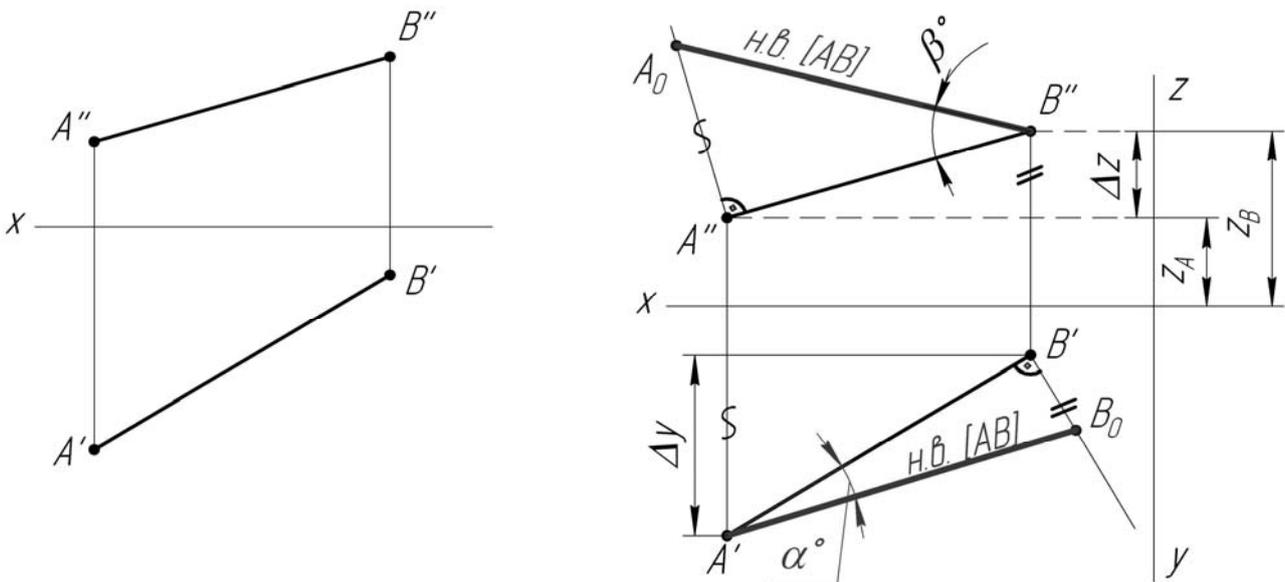


Рисунок 1.1 – Условие и решение задачи

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.

Контрольные вопросы

1 В чем заключается метод прямоугольного треугольника?

2 Определите положение отрезка CH в пространстве. Найдите натуральную величину отрезка, если координаты точек $C(10, 20, 50)$; $H(60, 50, 10)$.

3 Как найти угол наклона прямой к горизонтальной и фронтальной плоскостям проекций?

4 Найдите угол наклона отрезка AB к горизонтальной плоскости проекций, если $A(50, 15, 45)$, $B(5, 50, 5)$.

5 Найдите угол наклона отрезка KM к фронтальной плоскости проекций, если $K(70, 40, 20)$, $M(10, 5, 20)$.

1.2 Плоскость

Плоскость на чертеже может быть задана:

1 – тремя точками, не лежащими на одной прямой;

2 – прямой и точкой вне этой прямой;

3 – двумя пересекающимися прямыми;

4 – двумя параллельными прямыми;

5 – плоской фигурой (например, треугольник);

6 – следами (линии пересечения плоскости с плоскостями проекций).

Плоскость по отношению к плоскостям проекций может занимать следующие положения:

- плоскость общего положения;
- проецирующая плоскость;
- плоскость уровня.

Плоскость общего положения – это плоскость, которая не перпендикулярна ни одной из плоскостей проекций.

Проецирующая плоскость – плоскость, перпендикулярная какой-либо одной плоскости проекций. Если плоскость перпендикулярна плоскости H , то она называется горизонтально-проецирующей, если плоскости V – фронтально-проецирующей, если плоскости W – профильно-проецирующей.

Горизонтально-проецирующая плоскость α .

Плоскость $\alpha \perp H$, эта плоскость проецируется на плоскость H в прямую линию, которой принадлежат горизонтальные проекции точек и линий, лежащих в плоскости α (рисунок 1.2).

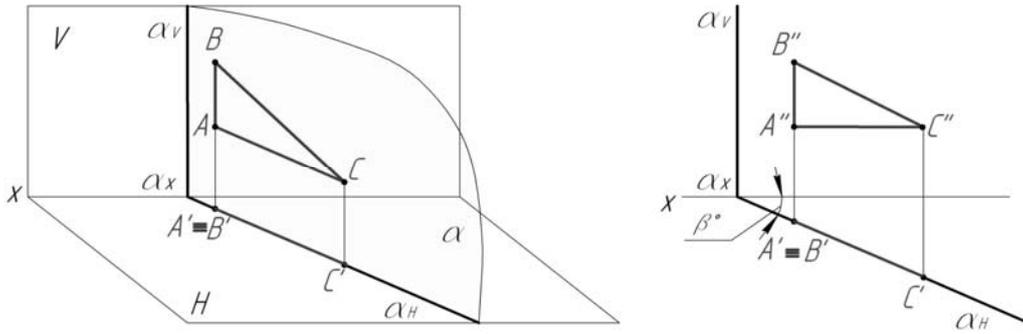


Рисунок 1.2 – Горизонтально-проецирующая плоскость

Фронтально-проецирующая плоскость β (рисунок 1.3).

$\beta \perp V$, эта плоскость проецируется на плоскость V в прямую линию.

α° – угол между плоскостью β и горизонтальной плоскостью проекций.

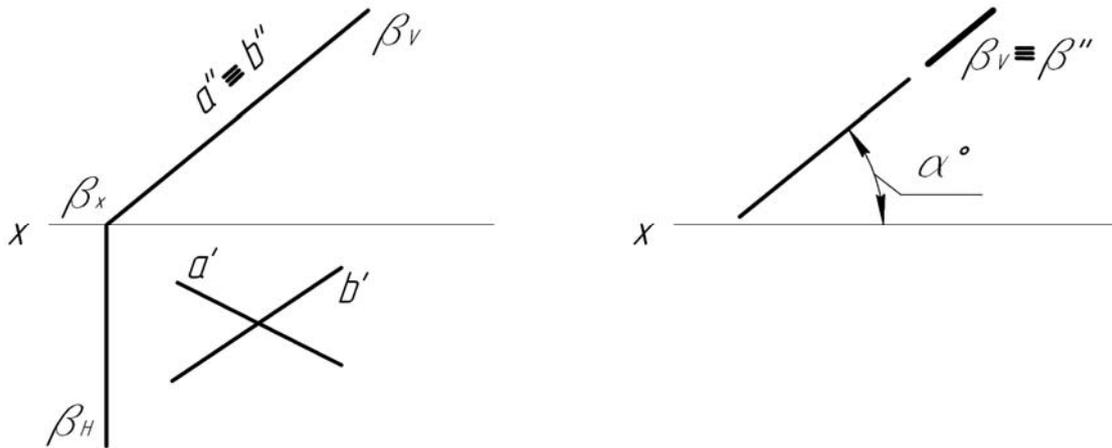


Рисунок 1.3 – Фронтально-проецирующая плоскость

Плоскость уровня – плоскость, параллельная какой-либо плоскости проекций (это частный случай проецирующей плоскости). В зависимости от того, какой проецирующей плоскости параллельна плоскость уровня, различают горизонтальную, фронтальную и профильную плоскости.

Любая фигура такой плоскости проецируется на параллельную ей плоскость проекции в натуральную величину, а на две другие – в прямую линию.

Главные линии плоскости – это линии, лежащие в плоскости и параллельные плоскостям проекций.

Горизонталь – это прямая, принадлежащая плоскости и параллельная горизонтальной плоскости проекций H . Ее фронтальная проекция h'' всегда параллельна оси OX , а горизонтальная проекция h' есть натуральная величина этой прямой.

Фронталь – это прямая, принадлежащая плоскости и параллельная фронтальной плоскости проекций V . Ее горизонтальная проекция v' всегда параллельна оси OX , а фронтальная проекция v'' есть натуральная величина этой прямой.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите способы задания плоскости на чертеже.
- 2 Какие линии называют горизонталью и фронталью? Приведите графические примеры.
- 3 Перечислите названия проецирующих плоскостей и плоскостей уровня. Дайте определения каждой из них.

1.3 Метрические задачи

Задача 1. Определить высоту пирамиды $SABC$ способом перемены плоскостей проекций [14].

Решение

1 Плоскость общего положения необходимо преобразовать в проецирующую плоскость. Перпендикуляр, опущенный из вершины S на проецирующую плоскость, является высотой пирамиды (рисунок 1.4).

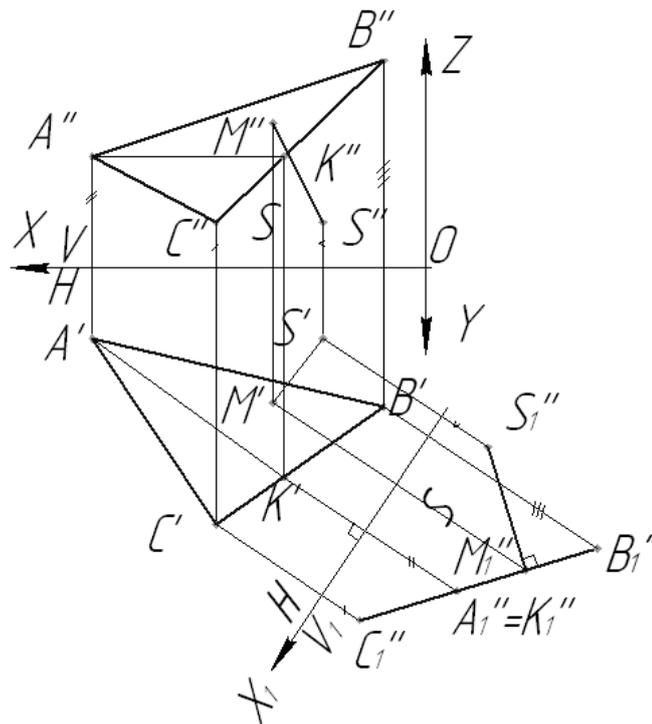


Рисунок 1.4 – Решение задачи 1

- 2 Проводим в плоскости основания ABC горизонталь AK .
- 3 Располагаем новую ось проекций X_1 перпендикулярно к горизонтальной проекции горизонтали $A'K'$.
- 4 Строим новые фронтальные проекции вершины S_1'' и основания пирамиды $A_1''B_1''C_1''$.
- 5 Расстояние $S_1''M_1''$ равно высоте пирамиды.

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

Задача 2. Дана пирамида $SABC$. Вращением вокруг горизонтали или фронтали определить натуральный вид основания [14].

Решение

1 Для определения формы и размеров плоской фигуры нужно повернуть ее вокруг принадлежащей ей горизонтали (фронтالي) так, чтобы в результате этого вращения фигура расположилась параллельно плоскости $H(V)$ (рисунок 1.5).

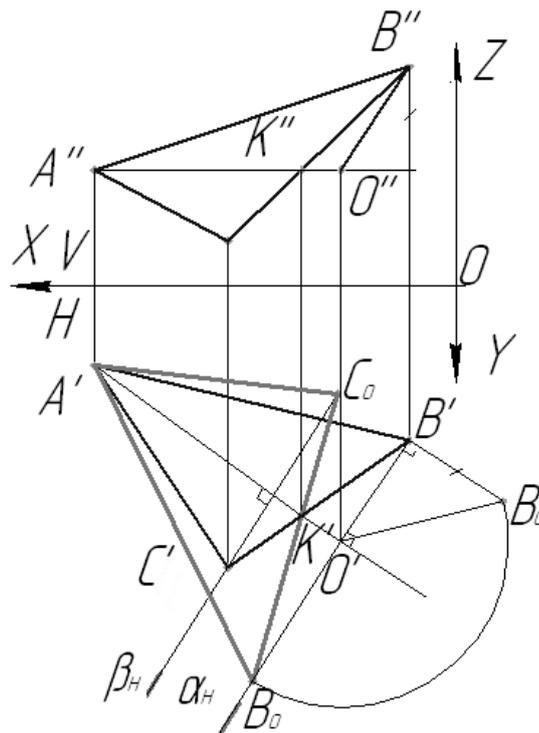


Рисунок 1.5 – Решение задачи 2

2 Через точку A проводим в плоскости основания пирамиды ABC горизонталь.

3 Вращаем точку B вокруг горизонтали AK . Точка B описывает дугу окружности, лежащую в горизонтально-проецирующей плоскости α , перпендикулярной оси вращения AK , т. е. точка B должна находиться на следе α_H .

4 Находим центр вращения точки B (точку O), опустив из точки B перпендикуляр на ось вращения AK .

5 Определяем натуральную величину радиуса вращения $O'B_0$ методом прямоугольного треугольника.

6 Находим совмещенное положение точки B (точку B_0) на следе α_H .

7 Находим совмещенное положение точки C . По аналогии с точкой B она должна лежать в плоскости β , перпендикулярной оси вращения AK , и находиться на следе плоскости β_H . Для нахождения 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 $A'K'$.

8 Точка A находится на оси вращения, поэтому A' совпадает с A_0 .

9 Соединив точки $A_0B_0C_0$, получим натуральный вид основания пирамиды. Задача может быть решена вращением вокруг фронтали.

Контрольные вопросы

1 Как найти расстояние от точки до плоскости способом замены плоскостей проекций?

2 Найдите расстояние от точки K до плоскости треугольника ABC , если $A(60, 40, 10)$, $B(5, 25, 20)$, $C(30, 10, 40)$, $K(45, 15, 35)$. Задачу решите способом замены плоскостей проекций.

3 Приведите алгоритм нахождения натуральной величины треугольника, применяя метод вращения вокруг линии уровня.

1.4 Позиционные задачи

Первая главная позиционная задача (1ГПЗ) заключается в нахождении точек пересечения прямой линии с заданным объектом.

Алгоритм решения 1 ГПЗ

1 Прямую заключаем во вспомогательную плоскость (проецирующую, либо плоскость уровня) (рисунок 1.6).

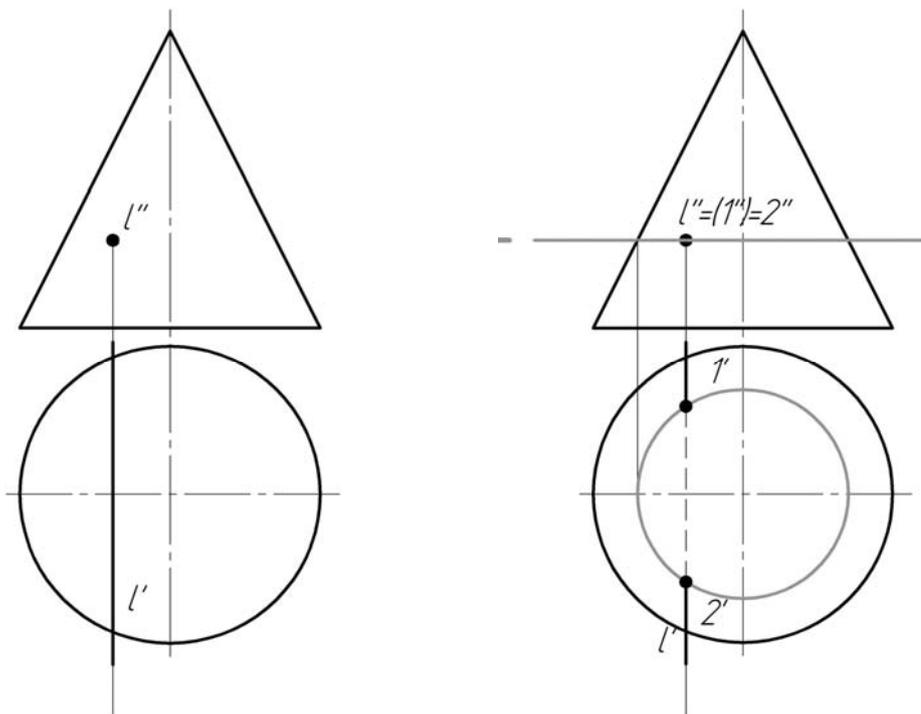
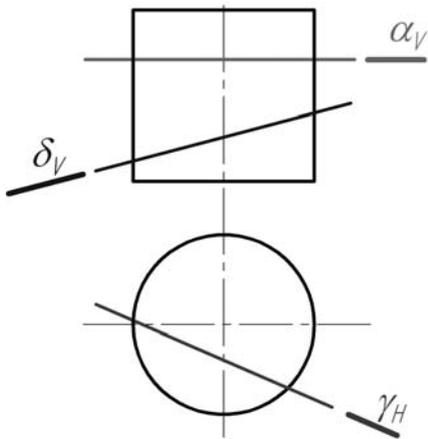


Рисунок 1.6 – Условие и решение 1ГПЗ

2 Находим линию, фигуру пересечения этой плоскости с поверхностью.

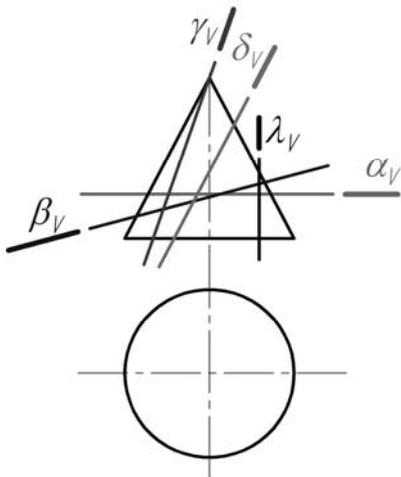
3 Находим точки пересечения поверхности с линией. Определяем видимость.

Сечение поверхностей вращения проецирующими плоскостями (рисунки 1.7–1.9).



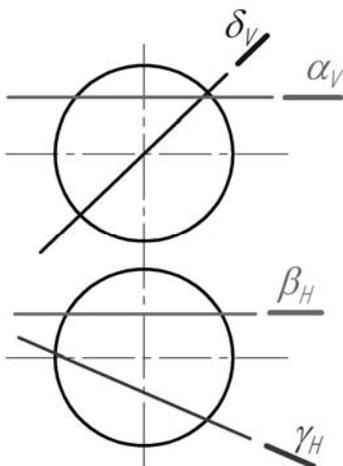
α_V – окружность;
 δ_V – эллипс;
 γ_H – прямоугольник

Рисунок 1.7 – Сечение цилиндра проецирующими плоскостями



α_V – окружность;
 β_V – эллипс;
 γ_V – треугольник;
 δ_V – парабола;
 λ_V – гипербола

Рисунок 1.8 – Сечение конуса проецирующими плоскостями



α_V – окружность;
 β_V – окружность;
 γ_V – эллипс;
 δ_V – эллипс

Рисунок 1.9 – Сечение сферы проецирующими плоскостями

Контрольные вопросы

Найдите точки пересечения прямой l с поверхностями. Определите видимость (рисунок 1.10).

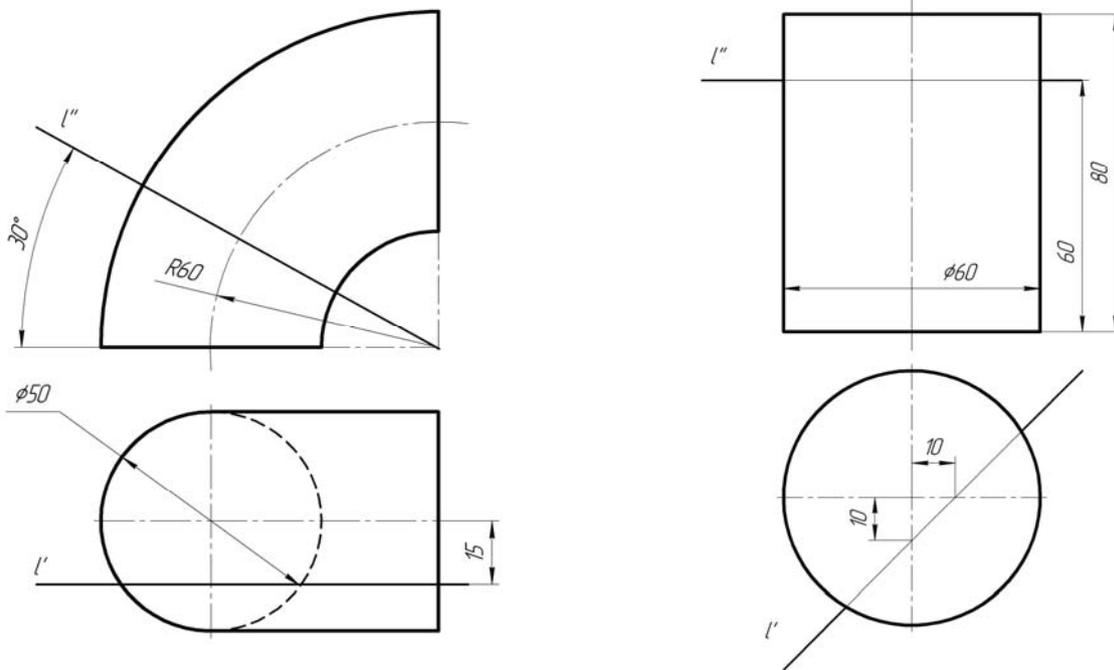


Рисунок 1.10 – Определение точек пересечения

1.5 Система КОМПАС-3D

Работа над чертежом в среде КОМПАС-3D может быть условно разделена на этапы: запуск программы, выбор вида конструкторского документа, задание требуемого формата для чертежа, непосредственное выполнение чертежа, сохранение полученных результатов по окончании работы.

После запуска программы появляется стартовая страница (рисунок 1.11), где можно осуществить выбор вновь создаваемого конструкторского документа: **Деталь**, **Сборка**, **Чертеж**, **Текстовый документ**, **Спецификация**, **Фрагмент**.

 Деталь – документ, содержащий трехмерное изображение модели (детали). Деталью может быть модель лопатки турбины, модель вала и пр. Файлы моделей имеют расширение M3D.

 Сборка – документ с трехмерным изображением модели (узла), содержащей как детали, так и стандартные (библиотечные) компоненты. Сборкой может быть, например, зубчатая передача: два зубчатых колеса, соединенных шпонками с валами и собранных в зацепление. Файлы сборок имеют расширение A3D.

 Чертеж – документ графического изображения какого-либо объекта, содержащего проекционные виды, разрезы, выносные виды, основную надпись,

рамку и другие элементы оформления. На чертеже также можно размещать текст, таблицы и пр. Файлы чертежа имеют расширение CDW.



Рисунок 1.11 – Стартовая страница КОМПАС-3D

 Фрагмент – графический документ вспомогательного характера. Может содержать двухмерное изображение изделия, но без основной надписи, рамки или других элементов оформления. Он используется для отрисовки эскизов, схем, типовых элементов, которые затем можно неоднократно использовать при создании и оформлении чертежей. Во фрагменте можно разместить только один вид в масштабе один к одному. Фрагменты сохраняются в файлах с расширением FRW.

 Спецификация – документ, позволяющий создавать спецификации, ведомости, таблицы изменений, перечней и пр. Спецификация связана с соответствующим ей чертежом или сборкой. При этом все изменения, вносимые в чертеж, будут автоматически отображаться и в спецификации. Файлам спецификаций соответствует расширение SPW.

 Текстовый документ – документ, содержащий обычный текст. Применяется для создания технических требований, оформления пояснительных записок и т. п. Файл текстового документа имеет расширение KDW.

Для запуска уже созданного чертежа необходимо в верхней строке главного меню произвести действия по цепочке: **Файл / Открыть / Указать имя файла и открыть его.**

На экране появляется рабочая страница с изображением документа, над созданием или доработкой которого будет идти работа. В случае работы с **Чертежом** появляется лист чертежного формата А4 по умолчанию. Изменить па-

раметры листа можно, щелкнув правой кнопкой мыши. В открывшемся окне выбираем **Параметры / Параметры первого листа / Формат**, где задаем необходимый для чертежа формат и его расположение (горизонтальный, вертикальный). Подтверждаем выбор нажатием кнопки ОК.

Компактная панель разбита на блоки, в которых расположены соответствующие данному блоку инструменты.

Рассмотрим основные из них, которые потребуются для создания чертежа.

«Геометрия» содержит команды для построения геометрических объектов (рисунок 1.12).

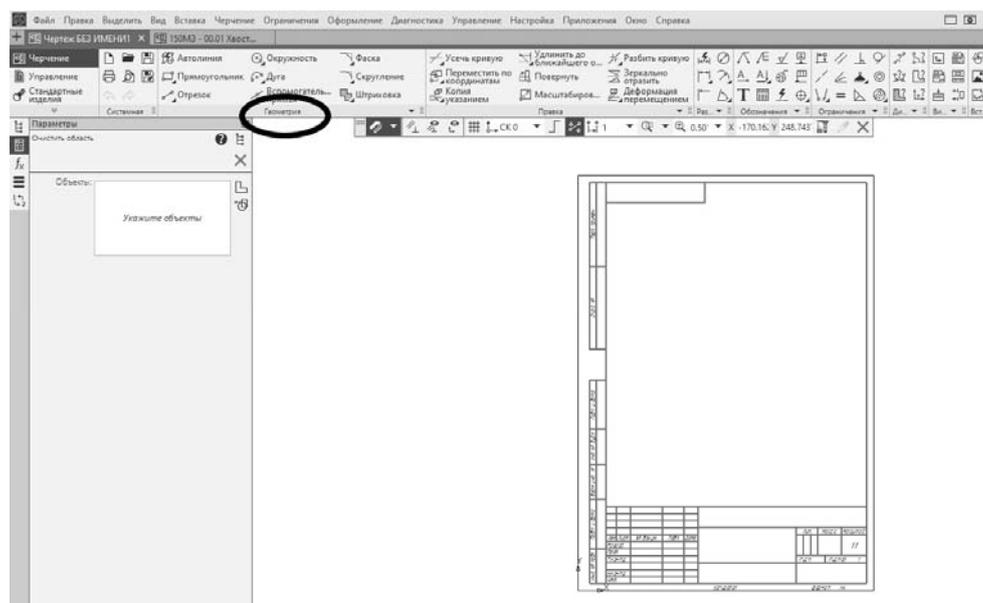


Рисунок 1.12 – Расположение блока «Геометрия» на рабочей странице

Помимо отображаемых на экране кнопок, в «Геометрии» имеются и другие, которые можно увидеть, развернув данную панель (рисунок 1.13).

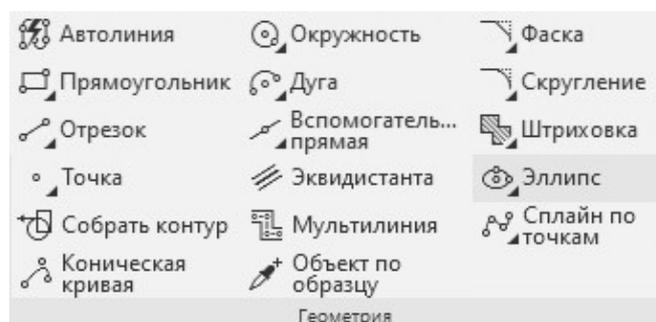


Рисунок 1.13 – «Геометрия»

Если курсор мыши задержать на какой-либо кнопке, то на экране спустя несколько секунд появится подсказка о выбранной команде с перечнем способов построения (рисунок 1.14).

Рассмотрим основные действия на примере команды «Окружность» (рисунок 1.15).

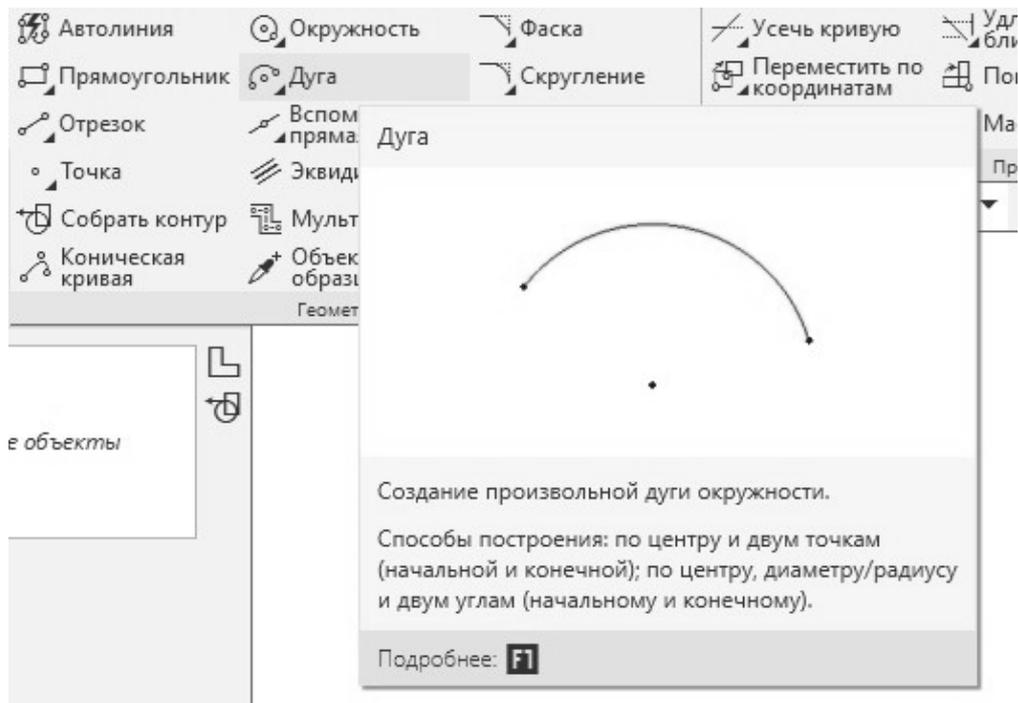


Рисунок 1.14 – Окно с описанием выбранной команды

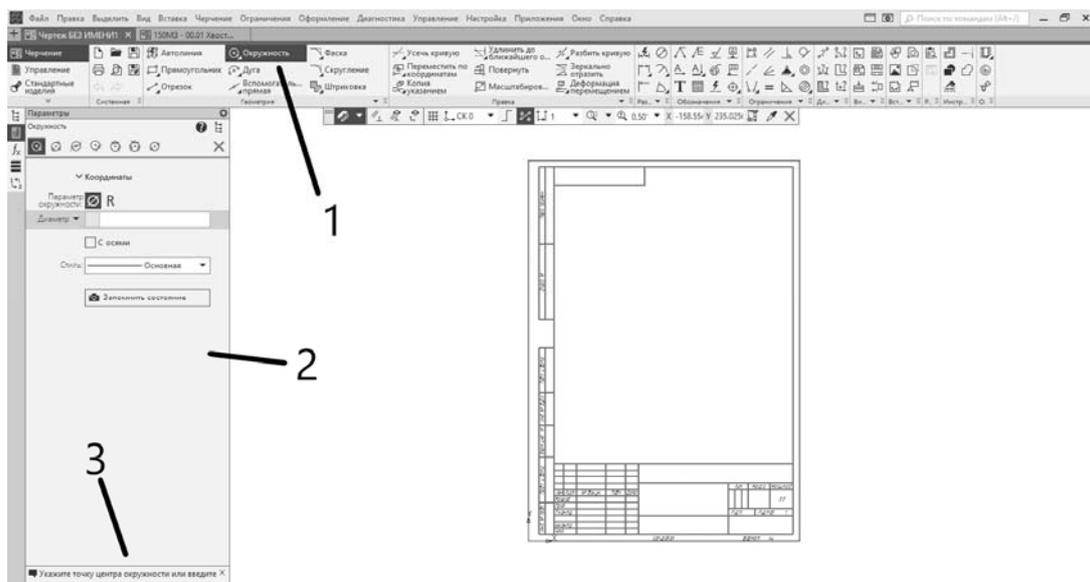


Рисунок 1.15 – Порядок построения окружности

После выбора необходимой команды (действие 1) в левой части экрана появляется диалоговое окно 2, где отображаются поля, которые необходимо заполнить при выполнении этой команды.

Сначала выбираем способ построения окружности:

- произвольная окружность;
- окружность по трем точкам;
- окружность с центром на объекте;
- окружность, касательная к кривой;
- окружность, касательная к двум кривым;

- окружность, касательная к трем кривым;
- окружность по двум точкам.

Затем выбираем параметр, по которому будем вести построение: радиус либо диаметр. В окне под выбранным знаком вводим его числовое значение, подтверждая действие кнопкой Enter.

Если необходимо, чтобы окружность строилась сразу с осями, ставим галочку в соответствующем окне.

Также из выпадающего списка можно выбрать стиль линии.

В нижнем левом углу имеется поле 3, где прописывается последовательность действий, необходимых для данного инструмента.

Задав все необходимые параметры, строим окружность на рабочем чертеже, предварительно выбрав ее центр (рисунок 1.16).

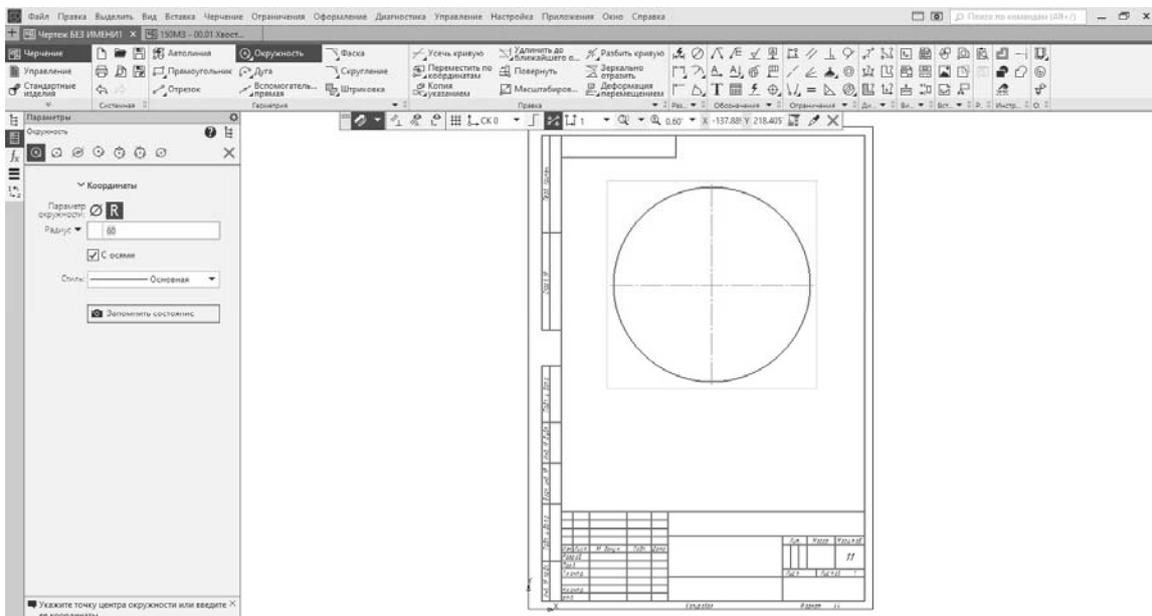


Рисунок 1.16 – Результат построения окружности

Остальные команды из блока «Геометрия» следует рассмотреть самостоятельно аналогичным способом.

Блок «Правка» содержит команды для редактирования уже построенных объектов (рисунок 1.17):

- усечь кривую;
- переместить по координатам;
- копия с указанием;
- удалить фаску/скругление;
- восстановить удаленный участок;
- удлинить до ближайшего объекта;
- повернуть;
- масштабирование;
- преобразовать в сплайн;
- разбить кривую;

- зеркально отразить;
- деформация перемещением;
- очистить область.

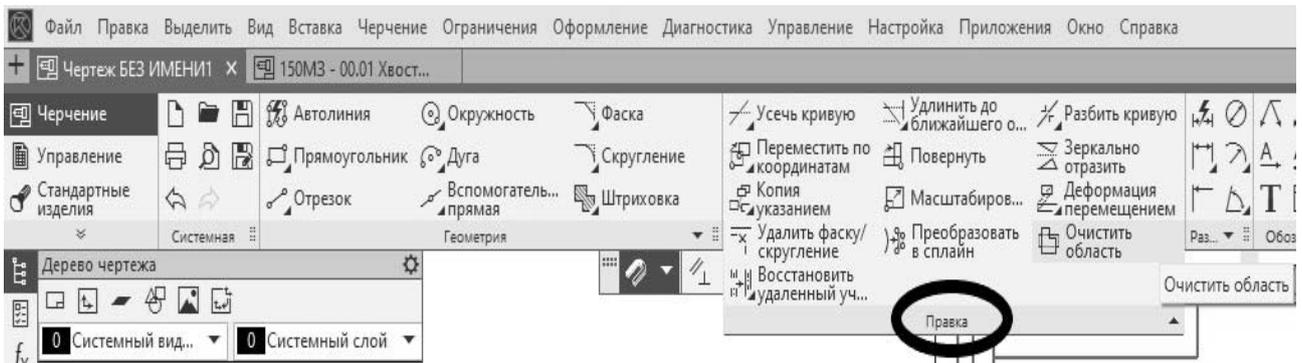


Рисунок 1.17 – Блок «Правка»

Следующий блок – «Размеры», с помощью команд которого можно на чертеже проставить линейные, диаметральные, радиальные и угловые размеры (рисунок 1.18).

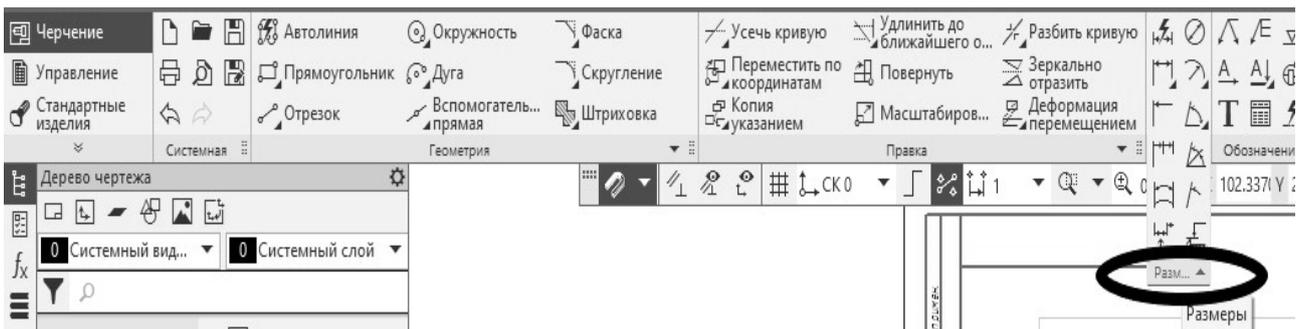


Рисунок 1.18 – Блок «Размеры»

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите основные инструменты, расположенные на панели «Геометрия».
- 2 Какими способами можно начертить дугу?
- 3 Для чего необходимы инструменты «Правки»? Перечислите основные из них.

2 Практические занятия с управляемой самостоятельной работой

2.1 Геометрическое черчение

Наклонные плоскости, примыкающие к горизонтальным полкам швеллера, рельса и двутавра, образуют уклон (рисунок 2.1). Его величина стандартная и имеет определенные размеры.

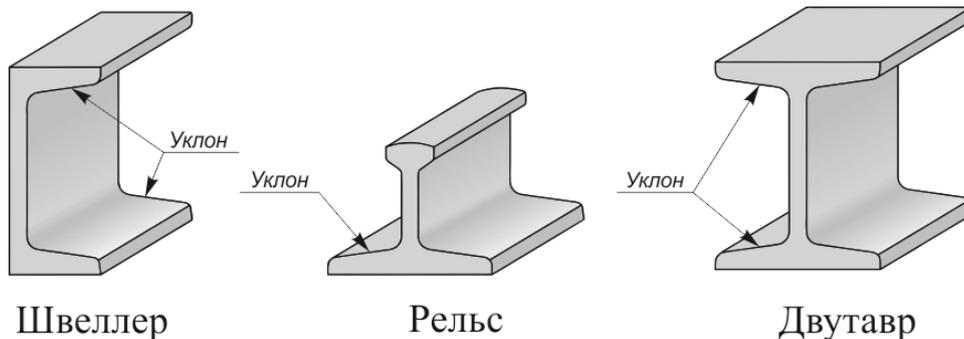


Рисунок 2.1 – Стальной фасонный прокат для металлоконструкций

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).

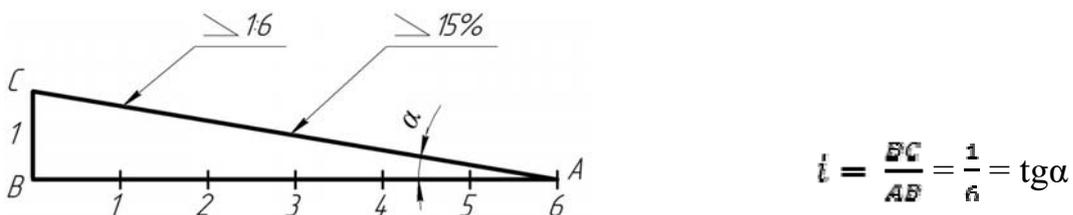


Рисунок 2.2 – Образование уклона двух прямых

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

Конусность называется отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса вращения к расстоянию между ними. Как видно из рисунка 2.3, конусность равна удвоенному уклону образующей конуса к его оси, $k = 2i$. Например, при $i = 1:6$ конусность $k = 2(1/6) = 1/3$.

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

При построении деталей с заданной конусностью значения геометрических размеров d , D и l можно определять с помощью графических приемов.

Пусть требуется построить хвостовик детали по заданным значениям большего диаметра D , его длины l и величины конусности $k = 1:5$ (рисунок 2.4).

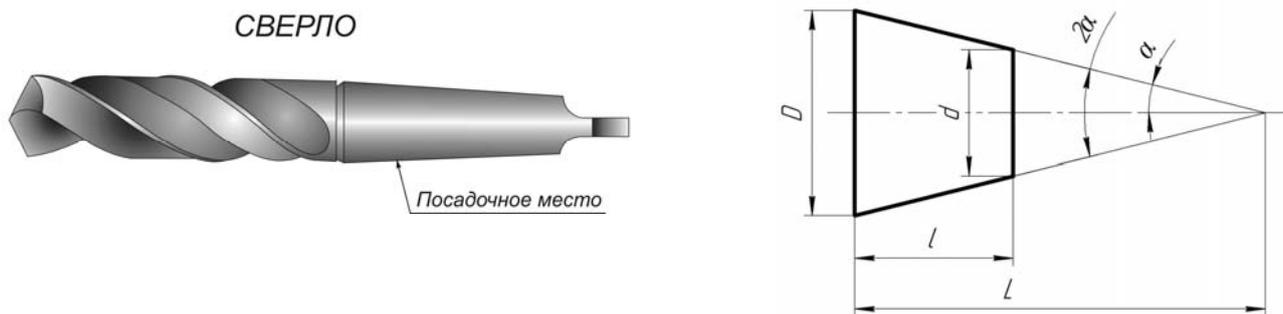


Рисунок 2.3 – Пример детали и характеристика конусности

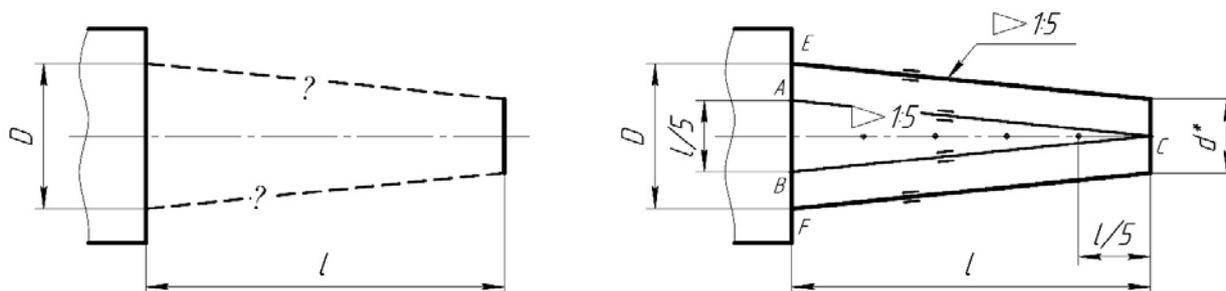


Рисунок 2.4 – Построение конусности на чертеже

Для этого величину l делят на пять равных частей. Полученные значения в миллиметрах откладывают симметрично по обе стороны оси от 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 прямые AC и BC до пересечения с границей конического участка длиной l .

Чертеж дополняют обозначением конусности: равнобедренный треугольник « \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.

Построение сопряжения двух прямых дугой заданного радиуса сводится к нахождению центра дуги (рисунок 2.5). 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. Описанным образом можно получить сопряжения для прямых, находящихся под острым, прямым и тупым друг к другу углом.

Сопряжение прямой линии и окружности может быть внешним и внутренним. Для внешнего сопряжения (рисунок 2.6) центр дуги находится на равном расстоянии от окружности и прямой, а именно в точке пересечения вспомога-

тельной параллельной прямой, которая расположена от заданной на расстоянии R , и от дуги окружности радиусом $R_1 + R$, центр которой совпадает с центром заданной окружности.

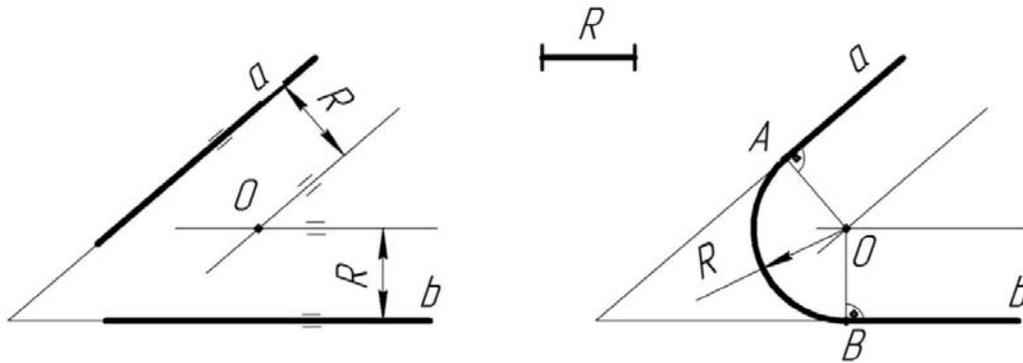


Рисунок 2.5 – Построение сопряжений двух прямых

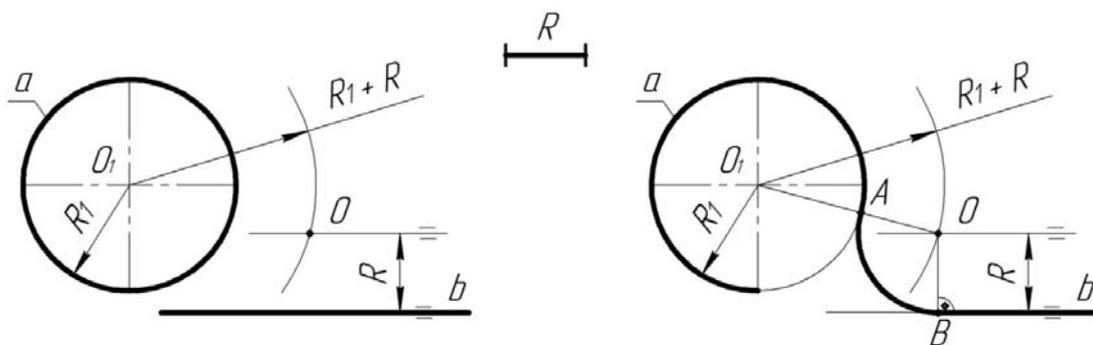


Рисунок 2.6 – Построение внешнего сопряжения прямой и окружности

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 .

Сопряжения двух окружностей бывает внешним и внутренним (рисунки 2.7 и 2.8). Построение их сводится, как и в предыдущих случаях, 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.

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

По итогам УСР выполняется индивидуальное задание № 1 «Геометрическое черчение» на листе формата А3 согласно выданному бланку.

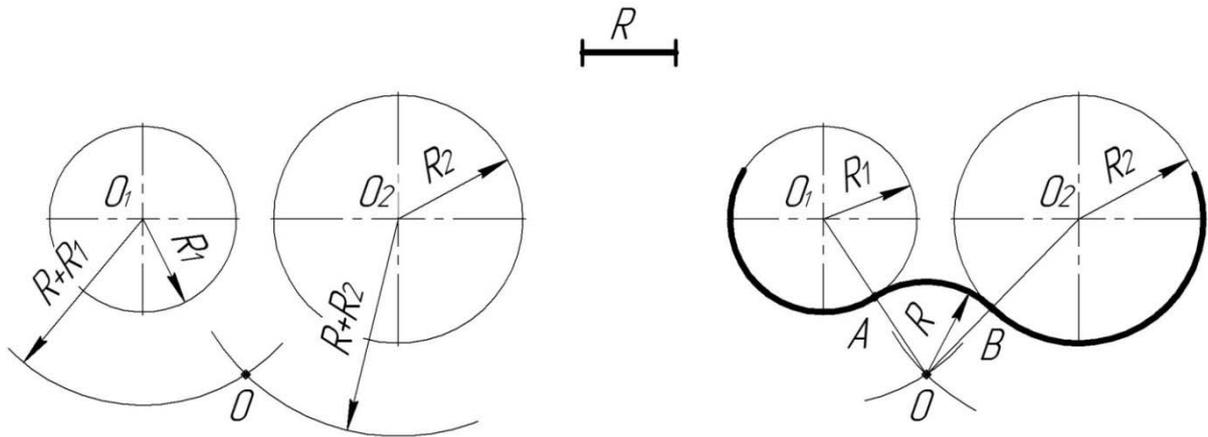


Рисунок 2.7 – Построение внешнего сопряжения двух окружностей

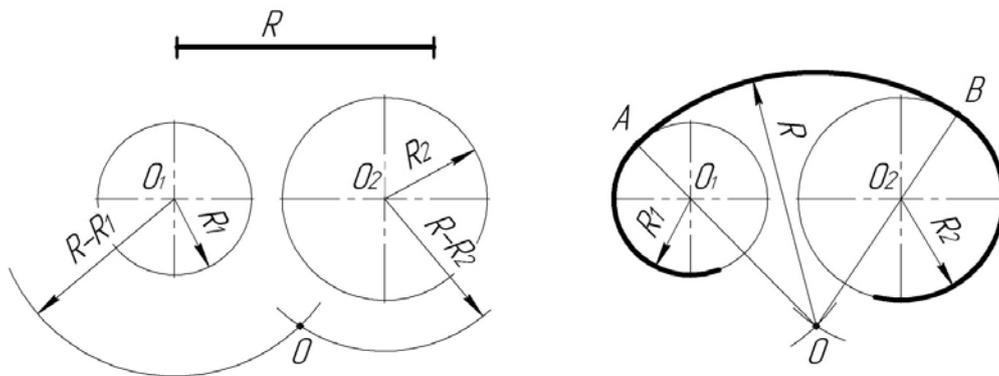


Рисунок 2.8 – Построение внутреннего сопряжения двух окружностей

2.2 Проекционное черчение

В общем случае чертеж любого предмета содержит графические изображения его видимых и невидимых поверхностей [1, 15]. 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 2.305–2008 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 2.305–2008 [6] устанавливает шесть названий *основных видов*: вид спереди (главный вид), вид справа, вид сверху, вид снизу, вид слева, вид сзади (рисунок 2.9).

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 2.10). В целях уменьшения количества изображений допускается показывать на видах штриховыми линиями невидимые контуры предмета.

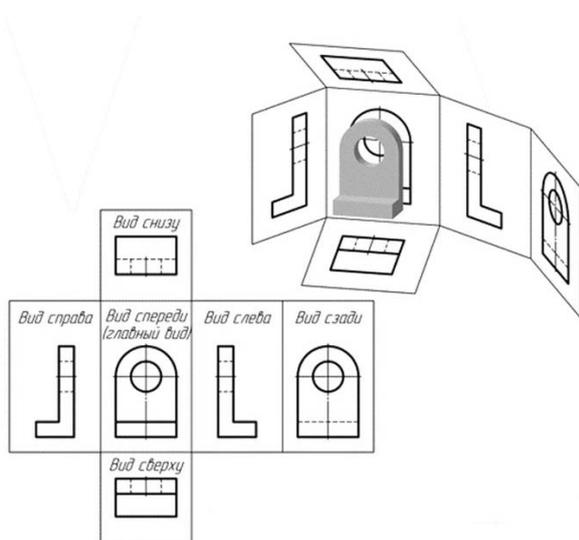


Рисунок 2.9 – Расположение основных видов

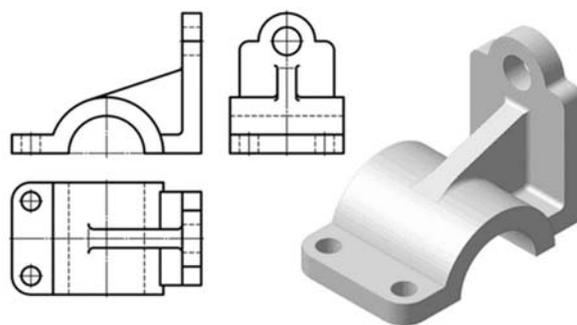


Рисунок 2.10 – Пример расположения трех основных видов (виды спереди, слева, сверху)

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.

Разрез – это изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. Если секущая плоскость одна – разрез простой (рисунок 2.11), две и более – сложный.

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

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

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

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 2.11).

Материал, попадающий в плоскость разреза, необходимо заштриховать.

Наклонные параллельные линии штриховки должны проводиться под углом 45° к линиям рамки чертежа, к линии контура изображения или к его оси.

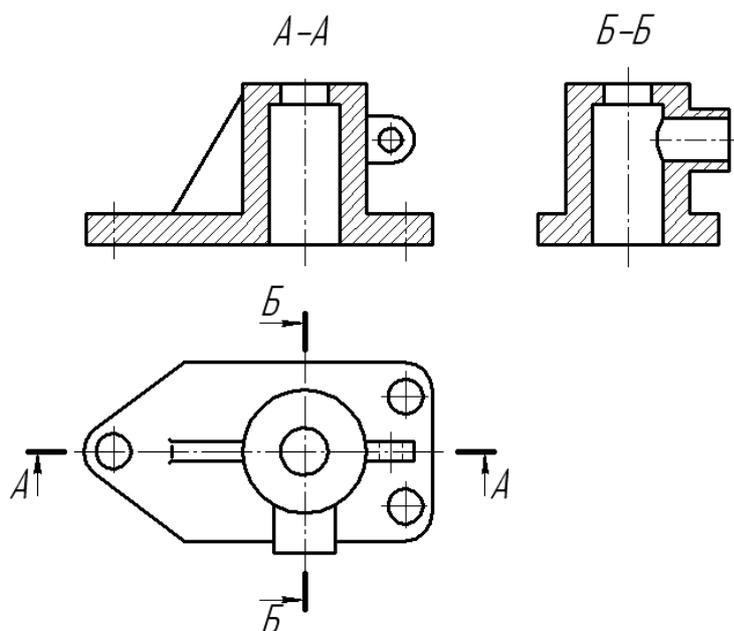


Рисунок 2.11 – Простые разрезы

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 2.12).

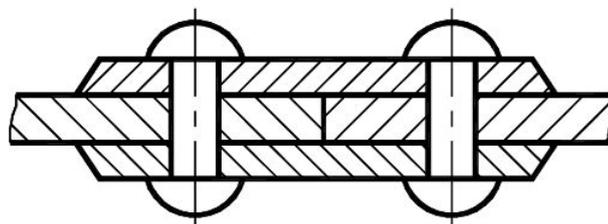


Рисунок 2.12 – Штриховка смежных деталей

Если деталь симметричная и разрез выполнен на месте какого-либо основного вида, то допускается соединять часть вида с частью разреза. Границей между ними служит штрихпунктирная тонкая линия, т. е. ось симметрии (рисунок 2.13).

Если на оси симметрии расположена линия видимого или невидимого контура, то видимость ее сохраняют, дополнительно проводя волнистую линию левее или правее оси симметрии (рисунок 2.14).

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.

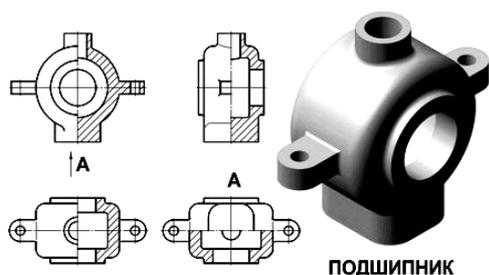


Рисунок 2.13 – Соединение половины вида и половины разреза

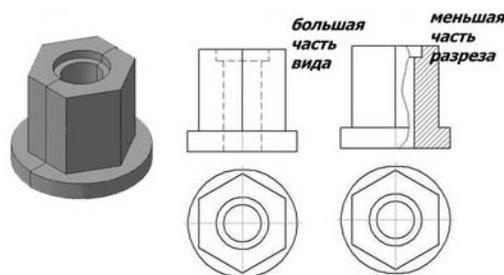


Рисунок 2.14 – Соединение части вида и части разреза

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 (рисунок 2.15). 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. Размер шрифта буквенных обозначений должен быть на два размера больше размерных чисел, нанесенных на том же чертеже.

По итогам УСР выполняется индивидуальное задание № 2 «Проекционное черчение», которое состоит из двух листов формата А3.

Лист 1. По заданному наглядному изображению детали построить три проекции, нанести размеры.

Лист 2. По двум данным проекциям модели построить третью. Выполнить фронтальный и профильный разрезы (соединение половины вида с половиной разреза).

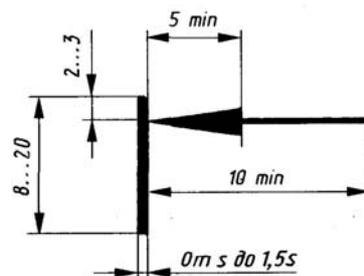


Рисунок 2.15 – Обозначение разреза

2.3 Метрические задачи

Задача 1. Дана пирамида $SABC$. Способом перемены плоскостей проекций определить угол между гранью ABS и основанием пирамиды [14].

Решение

1 Двугранный угол измеряется линейным углом, полученным в пересечении граней двугранного угла плоскостью, перпендикулярной к двум граням, а следовательно, и к линии их пересечения. Линию пересечения из прямой общего положения необходимо преобразовать в проецирующую прямую (рисунок 2.16).

2 Вводим плоскость H_1 параллельно ребру AB .

3 Строим новые горизонтальные проекции точек A, B, C, S .

4 Вводим плоскость V_1 перпендикулярно ребру AB .

5 Строим новые фронтальные проекции.

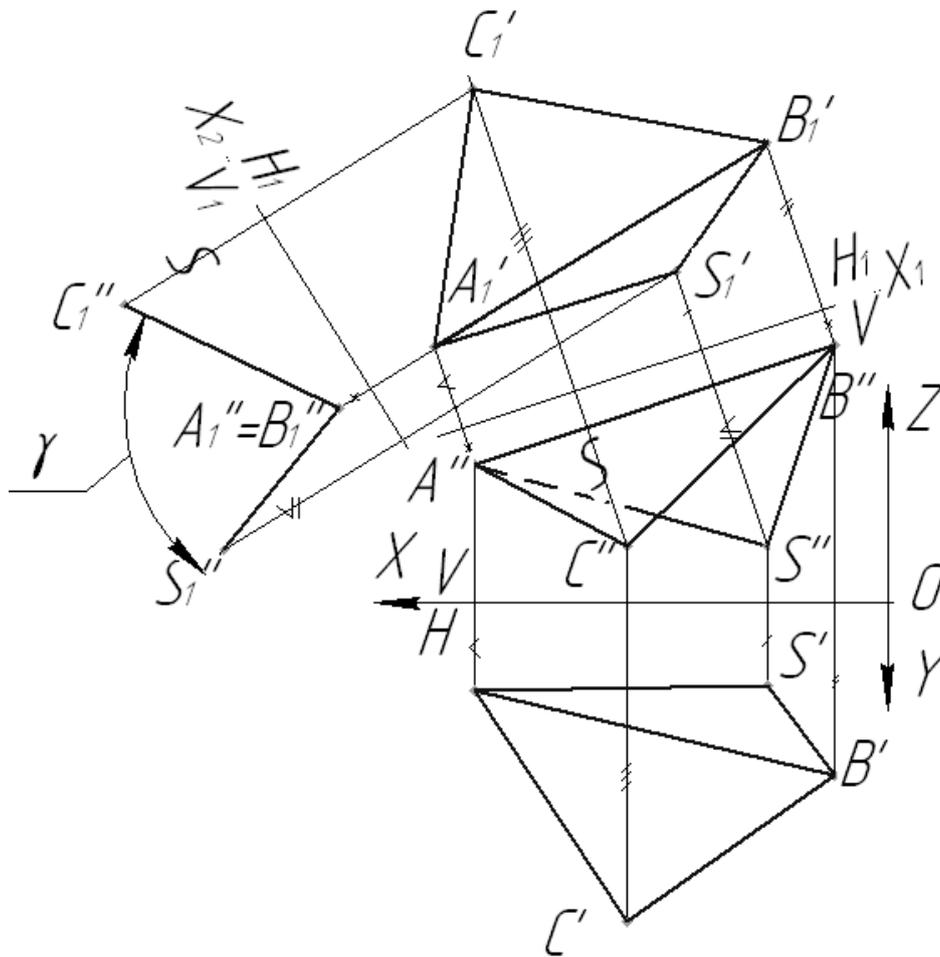


Рисунок 2.16 – Решение задачи 1

Задача 2. Дана пирамида $SABC$. С помощью линии наибольшего наклона определить угол наклона основания к плоскостям V и H [14].

Решение

1 Линия наибольшего наклона плоскости к горизонтальной плоскости проекций (линия ската) перпендикулярна к любой горизонтали плоскости. Линия наибольшего наклона плоскости к фронтальной плоскости проекций перпендикулярна к любой фронтале плоскости. Проводим в плоскости основания горизонталь и фронталь. Строим линии наибольшего наклона к горизонтальной и фронтальной плоскостям проекций. Определяем углы наклона плоскости основания к плоскостям H и V .

2 Проводим горизонталь AK в плоскости основания ABC .

3 Строим линию наибольшего наклона к горизонтальной плоскости проекций BE .

4 Используя способ прямоугольного треугольника, определяем натуральную величину линии наибольшего наклона к плоскости H и угол α .

5 Проводим фронталь BD в плоскости основания ABC .

6 Строим линию наибольшего наклона к фронтальной плоскости проекций AM .

7 Используя способ прямоугольного треугольника, определяем натуральную величину линии наибольшего наклона к плоскости V и угол наклона β (рисунок 2.17).

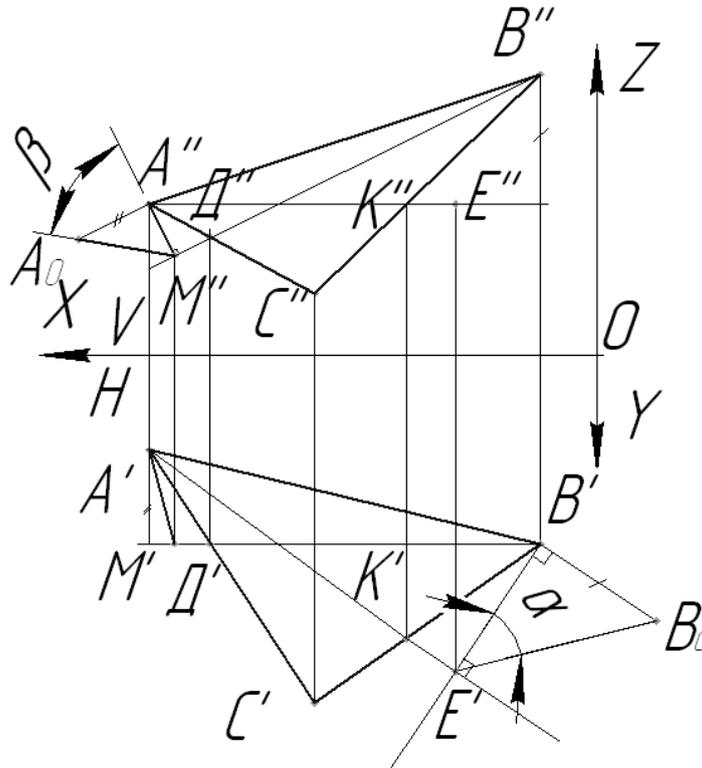


Рисунок 2.17 – Решение задачи 2

По итогам УСР выполняется индивидуальное задание № 3 «Метрические задачи» на листе формата А3.

2.4 Пересечение поверхностей

Построение линий пересечения поверхностей, когда одна из них проецирующая.

Это возможно только для призматических и цилиндрических поверхностей.

На рисунке 2.18 представлены два пересекающихся многогранника – четырехгранная пирамида и трехгранная призма. Призма является горизонтально-проецирующей поверхностью – ее грани расположены перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций.

Следовательно, в соответствии со свойствами проецирующих фигур, горизонтальная проекция линии пересечения совпадает с проекцией призмы, и задача сводится к определению ее фронтальной проекции на основе принципа принадлежности. Так как линия пересечения многогранников представляет собой замкнутую пространственную ломаную линию $A-B-C-D-E-F-A$, то необходимо

найти только вершины этой ломаной, т. е. точки A'' , B'' , C'' , D'' , E'' , F'' . Точку B'' можно найти сразу по линии проекционной связи, т. к. она находится на ребре SL пирамиды, то $B'' \in S''L''$. Аналогично можно построить точку F'' .

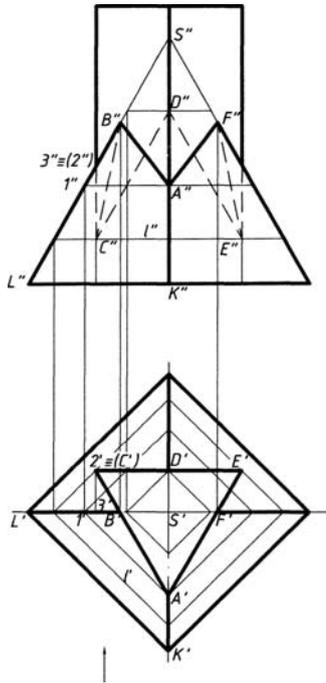


Рисунок 2.18 – Пересечение трехгранной призмы и четырехгранной пирамиды

А вот для нахождения точки A'' следует применить вспомогательные построения на основе принципа принадлежности. Так как точка A' принадлежит одновременно и поверхности призмы, и поверхности пирамиды, то через точку A' на поверхности пирамиды проводим прямую L' , параллельную стороне основания LK пирамиды, находим точку $I' \in S'L'$, проецируем точку I' на фронтальную проекцию и строим прямую $L'' \parallel L''K''$, а затем по линии проекционной связи находим точку $A'' \in L''$.

Аналогично можно построить точки C'' , D'' , E'' . Соединяя точки ломаной на фронтальной проекции, принимаем во внимание принадлежность их определенной грани и последовательность расположения точек,

т. е. соединяем точки в таком же порядке, как и на горизонтальной проекции – $A''-B''-C''-D''-E''-F''-A''$.

Построив линию пересечения поверхностей, приступаем к определению ее видимости. В связи с тем, что на фронтальной плоскости проекции видимы две передние грани пирамиды, то видимыми будут линии $A''B''$ и $A''F''$ пересечения этих граней видимыми гранями прямой призмы; все другие участки пространственного шестиугольника – невидимые. Для определения видимости ребер заданных многогранников воспользуемся конкурирующими точками.

Например, возьмем конкурирующие точки 2 и 3, одна из которых (точка 3) лежит на ребре пирамиды SL , а вторая – на ребре призмы и $2'=C'$.

Так как на горизонтальной проекции видно, что точка $3'$ расположена ниже, чем точка $2'$, значит, она находится ближе к наблюдателю и, следовательно, на фронтальной проекции видна точка $3''$, а она лежит на ребре SL .

Следовательно, участок $L''B''$ ребра SL видимый. Аналогично можно определить видимость фигур и на других участках.

Построение линии пересечения поверхностей методом вспомогательных секущих плоскостей.

Пусть требуется определить линию пересечения поверхности сферы с поверхностью тора (рисунок 2.19). Так как обе заданные поверхности являются поверхностями вращения, то линия их пересечения представляет пространственную кривую, для построения которой нужно найти ряд точек.

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. Данные 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 2'', 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.

Построение линии пересечения поверхностей методом вспомогательных секущих сфер.

Способ вспомогательных секущих сфер может быть использован, если:

- заданные поверхности являются поверхностями вращения;
- оси заданных поверхностей пересекаются;
- оси поверхностей лежат в плоскости, параллельной одной из плоскостей проекций.

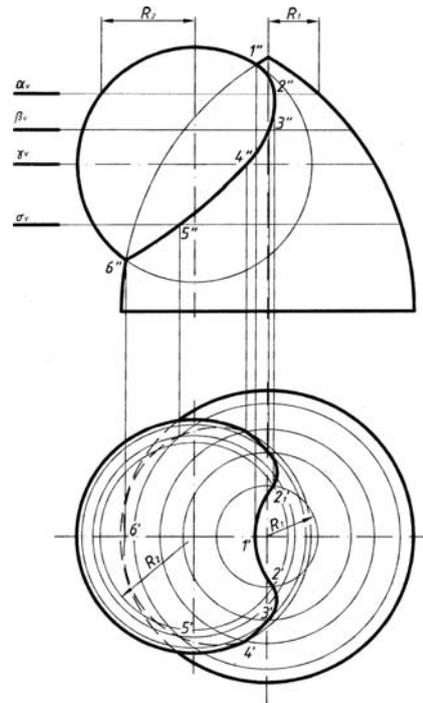


Рисунок 2.19 – Пересечение сферы и тора

Способом вспомогательных секущих сфер проекция линии пересечения на плоскости проекций, параллельно которой расположены оси поверхностей, может быть построена по одной проекции заданных поверхностей.

На рисунке 2.20 приведен пример определения проекций точек линии пересечения поверхностей двух конусов, оси которых пересекаются в точке O и параллельны плоскости V .

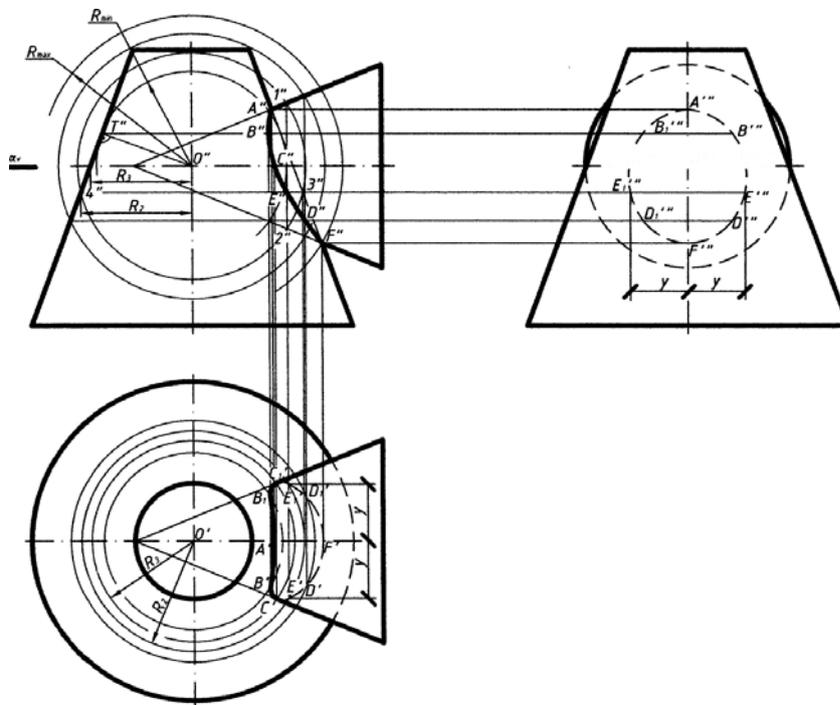


Рисунок 2.20 – Пересечение двух конусов

Сферическая поверхность радиусом R_1 с центром в точке O пересечет конические поверхности по окружностям, фронтальные проекции которых изобразятся в виде прямых $1''-2''$ и $3''-4''$. Взаимное пересечение этих прямых определяет фронтальную проекцию E'' точки E , принадлежащей линии пересечения.

Проведя несколько сферических поверхностей с различными радиусами из того же центра, получим аналогичным образом ряд точек, принадлежащих линии пересечения.

Найдя с помощью сфер различного радиуса ряд точек линии пересечения поверхностей, соединяем их плавной кривой линией.

Затем переходим к построению горизонтальной и профильной проекций линии пересечения и определению видимости.

По итогам УСР выполняется индивидуальное задание № 4 «Пересечение поверхностей» на формате А3.

2.5 Разъемные и неразъемные соединения

Болт представляет собой цилиндрический стержень, снабженный на одном конце головкой, на другом – резьбой, на которую навинчивается гайка.

Заканчивают построение гайки изображением резьбы на виде сверху.

Параметры гайки выбирают, руководствуясь ГОСТ 5915–70.

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.

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 2.23 показаны наглядное изображение винтового соединения и винт, начерченный по действительным размерам.

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 , n , t) выбирают, руководствуясь ГОСТом.

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

Спецификация – это текстовый конструкторский документ, определяющий, из какого количества и разновидностей частей собирается изделие и какие сопутствующие документы дополняют его сборочный чертеж.

В общем случае спецификация носит табличную форму.

Заполнение штампа основной надписи спецификации аналогично штампу сборочного чертежа, но шифр ее не содержит аббревиатуру СБ (сборочный чертеж) и название изделия также не содержит это пояснение.

На рисунке 2.24 приведен пример спецификации абстрактного изделия, соответствующий заданию «Соединения резьбовые».

Болт M24×80.108.016 ГОСТ 7798–70.

Болт с резьбой диаметром $d = 24$ мм, с крупным шагом резьбы, который не указывается, длиной 80 мм, класса прочности 10,9, с цинковым хромированным покрытием толщиной 6 мкм.

Винт M16×60.058.056 ГОСТ 1491–80.

Винт (по ГОСТ 1491–80) исполнения 1, с наружным диаметром резьбы 16 мм, крупным шагом, длиной 60 мм, 5,8 – класс прочности; 0,5 – вид покрытия,

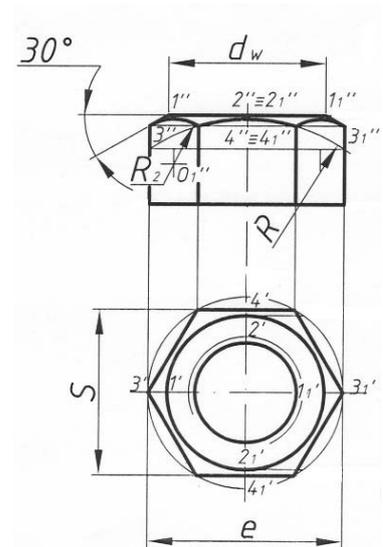
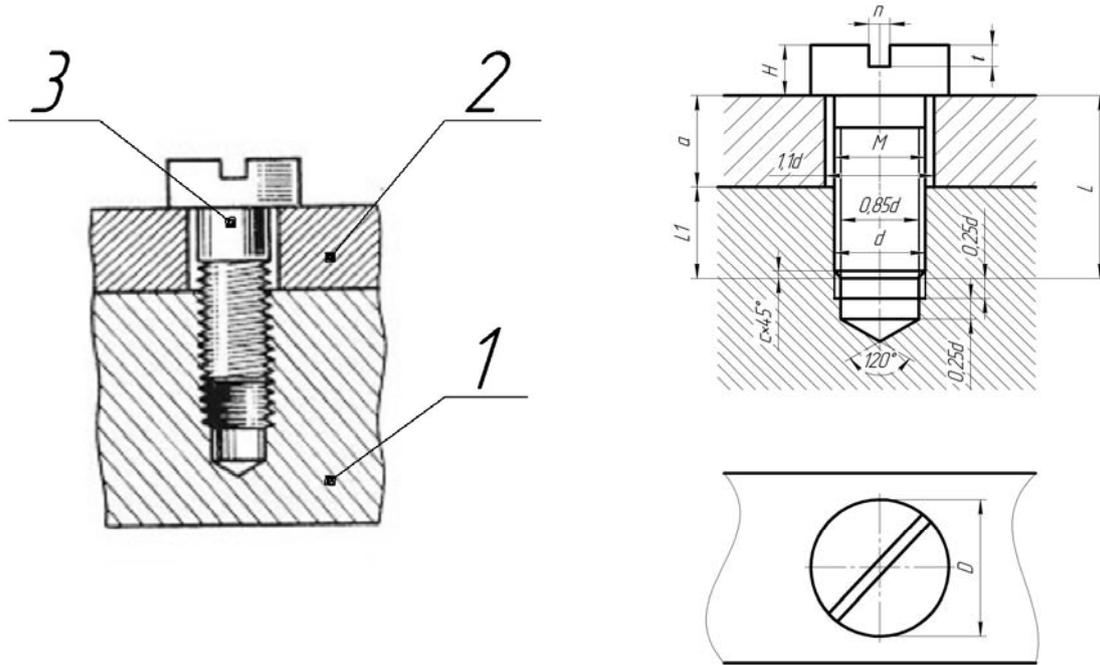


Рисунок 2.22 – Пример построения шестигранной гайки нормальной точности

6 – толщина покрытия в микрометрах.



1 – корпус; 2 – крышка; 3 – винт

Рисунок 2.23 – Изображение соединения винтом

Гайка $M20 \times 1,5.5.016$
ГОСТ 5915–70.

Гайка (по ГОСТ 5915–70) исполнения 1, с диаметром резьбы $d = 20$ мм, с мелким шагом 1,5, классом прочности 5, с покрытием 01, толщиной 6 мкм, классом точности В. Нормальный класс точности В не указывают.

Шайба 24.65Г ГОСТ 6402–70.

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

Шпилька $M20 \times 1,5 \times 55.069.029$
ГОСТ 22032–76.

Шпилька исполнения 1, с наружным диаметром резьбы 20 мм, мелким шагом 1,5 мм, рабочая длина шпильки $l = 55$ мм, 6,9 – класс прочности, 0,2 – вид покрытия, 9 – толщина покрытия

Код	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		Документация		
43	09.02.01.00.СБ.	Сборочный чертеж		
		Детали		
44	1	09.02.01.01	Корпус	1
44	2	09.02.01.02	Крышка	1
44	3	09.02.01.03	Уголок	1
		Стандартные изделия		
	4	Болт $M24 \times 80.109.016$ ГОСТ 7798–70		1
	5	Винт $M16 \times 60.058.056$ ГОСТ 14.91–80		1
	6	Гайка $M20 \times 1,5.5.016$ ГОСТ 5915–70		1
	7	Гайка $M24.5.016$ ГОСТ 5915–70		1
	8	Шайба 16.01 ГОСТ 11371–78		1
	9	Шайба 20.65Г ГОСТ 6402–70		1
	10	Шайба 24.65Г ГОСТ 6402–70		1
	11	Шпилька $M20 \times 1,5 \times 55.069$ ГОСТ 22032–76		1
09.02.01.00.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Взм.
Разраб.	Исполн.	Провер.	Соглас.	
Проб.	Ветрад.			
Начерт.				
Студ.				
Соединение резьбовое			Лист	Лист
			1	1
			БРУ, гр. ТМ-051	

Рисунок 2.24 – Спецификация

в микрометрах. Для шпильки исполнения 2 в условном обозначении перед наружным диаметром резьбы ставится цифра 2.

По итогам УСР выполняется индивидуальное задание № 5 «Резьбовые соединения» на листе формата А3, которое включает в себя выполнение построенных резьбовых соединений болтом и винтом по действительным размерам и в упрощенном виде; нанесение номеров позиций и необходимых размеров; заполнение спецификации (отдельный лист формата А4).

2.6 Эскизы

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 [19].

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 2.25 задан чертеж вала определенной формы.

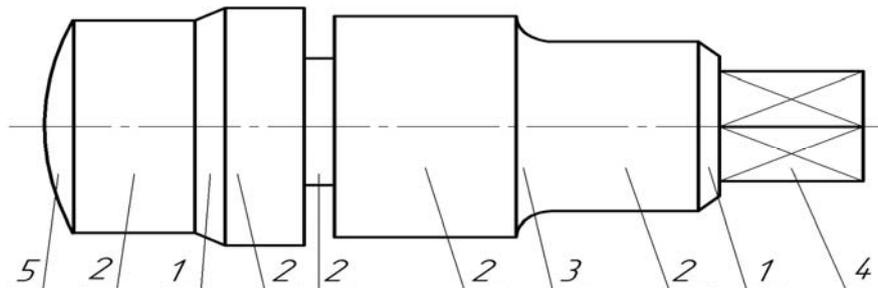


Рисунок 2.25 – Чертеж вала с указанием составляющих его поверхностей

Анализируя ее, можно расчленить вал на несколько простейших элементов, составляющих его форму (рисунок 2.26).

В машиностроении отдельным элементам валов принято присваивать названия, что в среде специалистов облегчает общение на техническом языке. На рисунке 2.27 приведены некоторые из них.

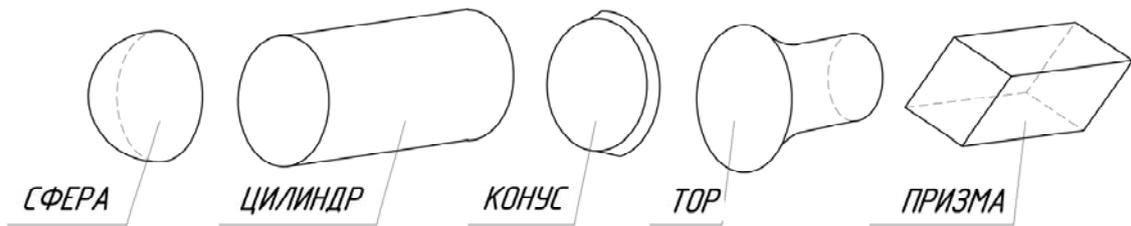


Рисунок 2.26 – Отдельные геометрические тела, из которых состоит вал

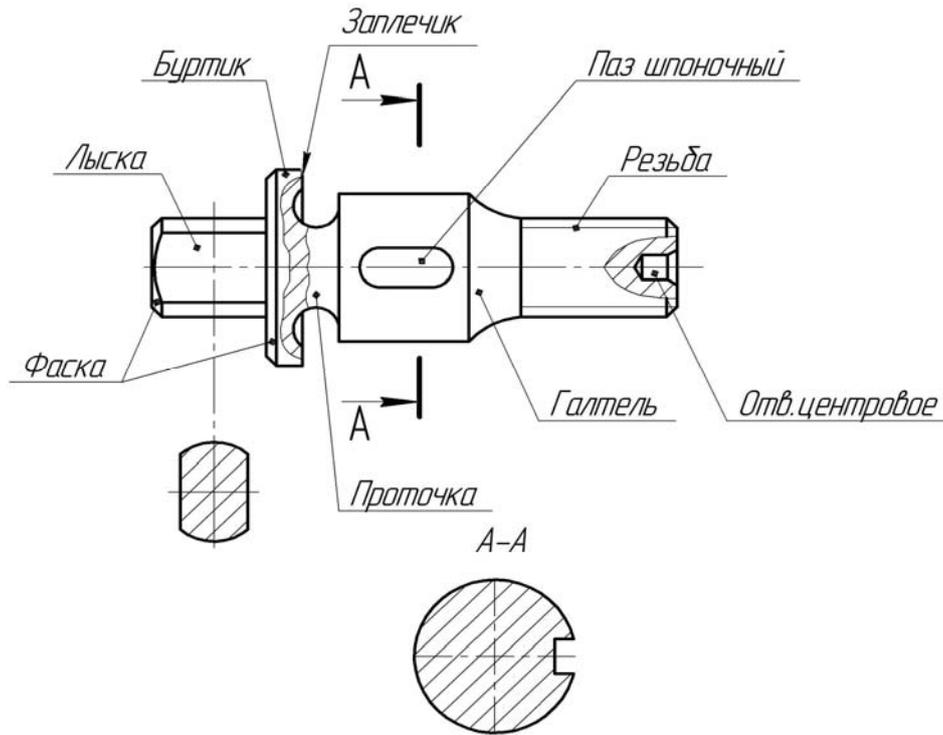


Рисунок 2.27 – Элементы вала

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

Галтель – криволинейная поверхность плавного перехода от меньшего сечения вала к плоской части запечника 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 [12].

Паз – прорезь в виде фрезерованной канавки на деталях машин.

Проточка – кольцевой желобок на стержне или кольцевая выточка в отверстии, технологически необходимая для выхода резбонарезного 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 [13]. Оно предотвращает проскальзывание пальцев руки при завинчивании детали.

Фаска – скошенная кромка стержня, бруска, листа или отверстия [11]. 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 2.28 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 [7]. 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.

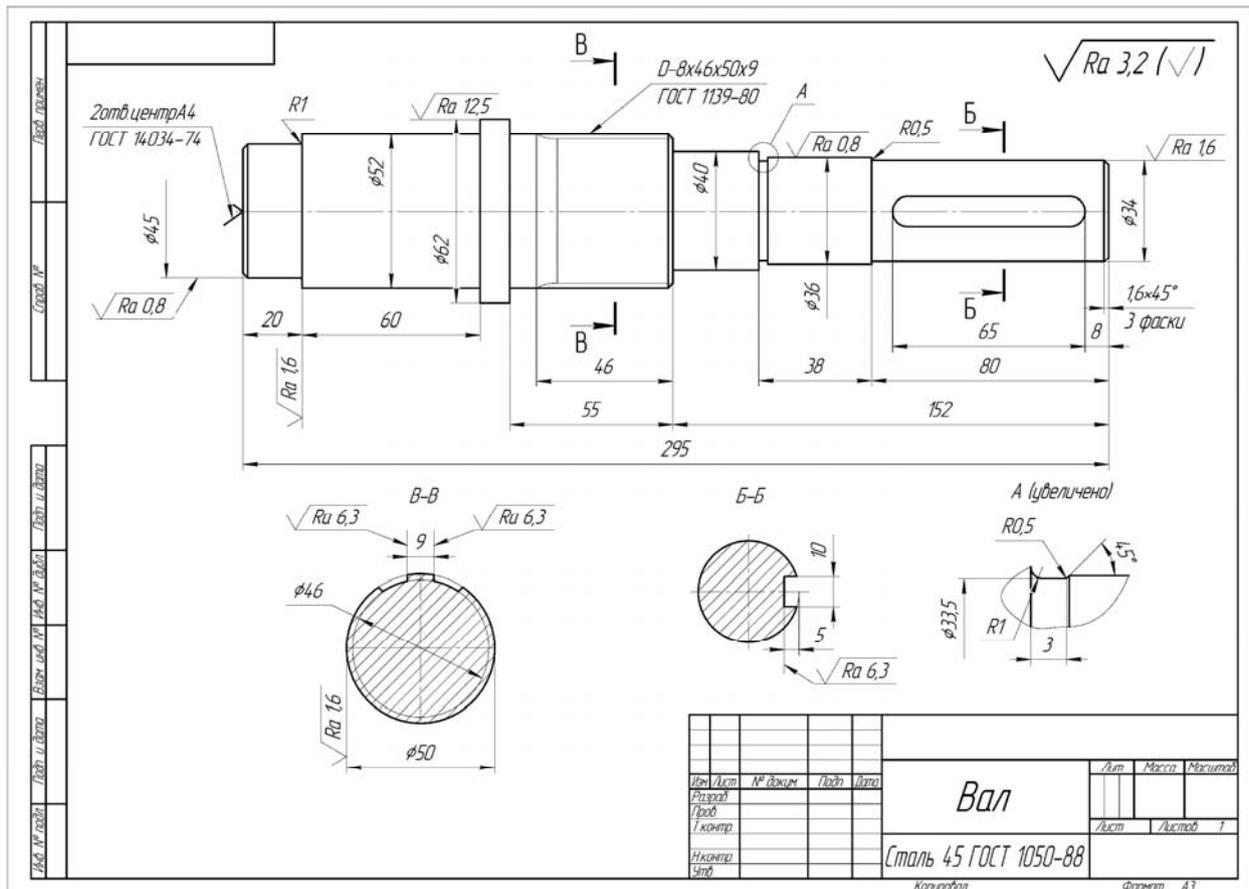


Рисунок 2.28 – Образец выполнения эскиза вала

Основные параметры цилиндрического зубчатого колеса показаны на рисунке 2.29 [16].

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 устанавливает ГОСТ 9563–60. Модуль есть длина (в миллиметрах) диаметра

делительной окружности, приходящаяся на один зуб зубчатого колеса:

$$m = \frac{d}{z}, \quad (2.1)$$

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.

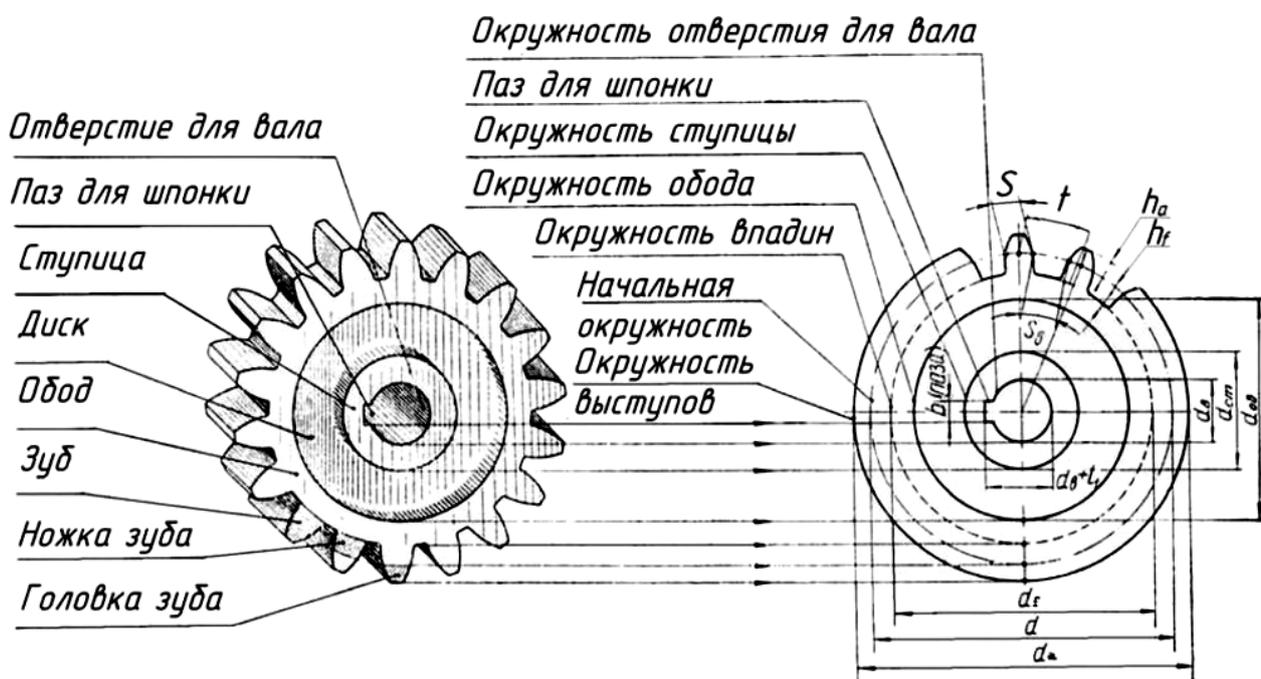


Рисунок 2.29 – Основные параметры цилиндрического зубчатого колеса

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 разре-

зах 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 2.30), в правом нижнем – основную надпись.

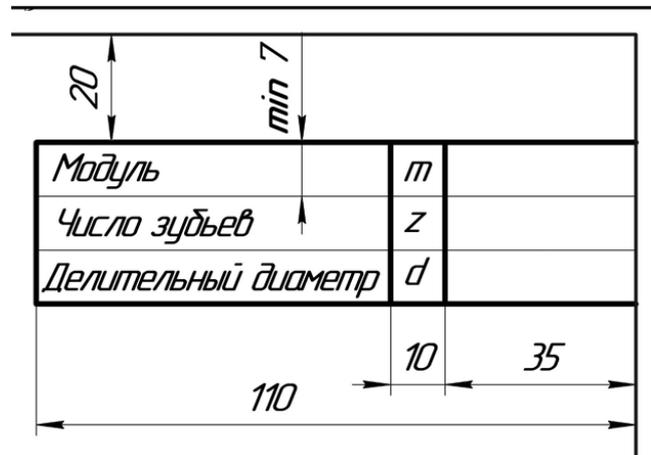


Рисунок 2.30 – Таблица параметров

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 конструктив-

ные 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 2.31) диаметр выступов (вершин) зубчатого колеса d_a .



Рисунок 2.31 – Замер диаметра выступов колеса зубчатого

8.2 Подсчитать число зубьев z зубчатого колеса.

8.3 Определить расчетную величину модуля:

$$d_a = m \cdot (z + 2); \quad (2.2)$$

$$m = \frac{d_a}{z + 2}. \quad (2.3)$$

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

$$d = m \cdot z; \quad (2.4)$$

– диаметр впадин

$$d_f = m \cdot (z - 2,5). \quad (2.5)$$

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 2.32 представлен образец выполнения эскиза колеса зубчатого.

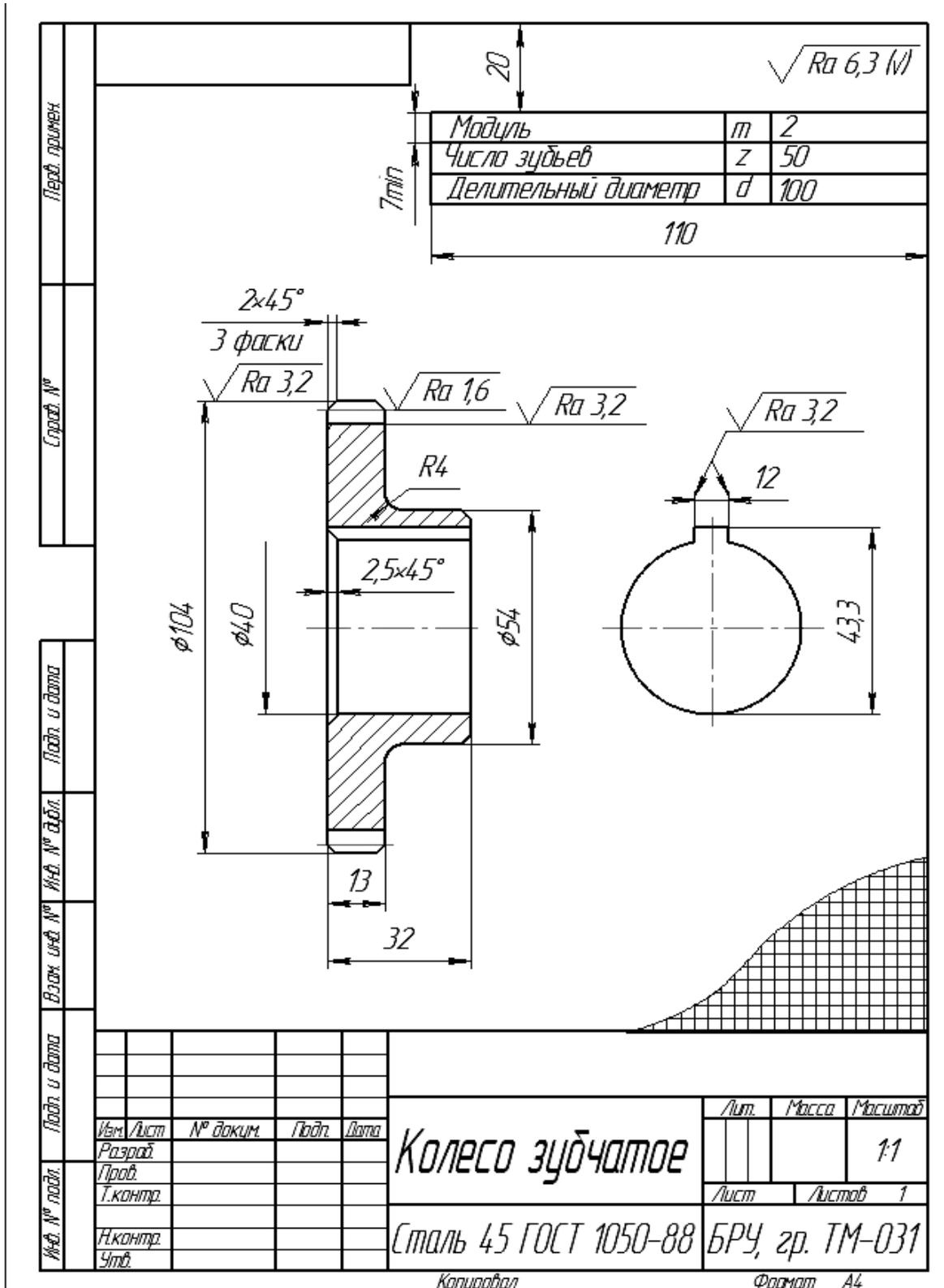


Рисунок 2.32 – Образец выполнения эскиза колеса зубчатого

По итогам УСР выполняется индивидуальное задание № 6 «Эскизы» на миллиметровой бумаге (форматы А3, А4).

2.7 Сборочный чертёж

Одним из основных конструкторских документов является рабочий чертёж 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 2.33 и 2.34.

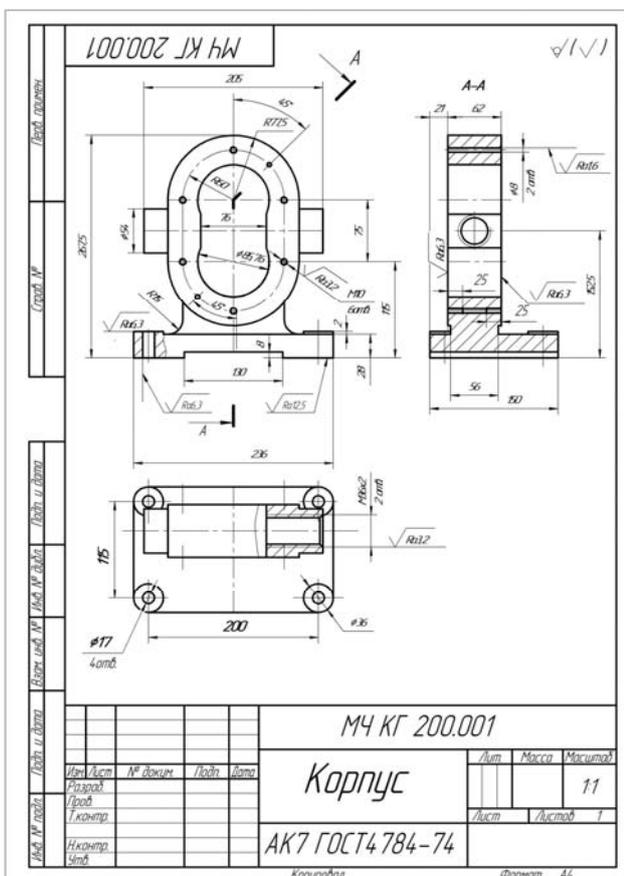


Рисунок 2.33 – Рабочий чертёж «Корпус»

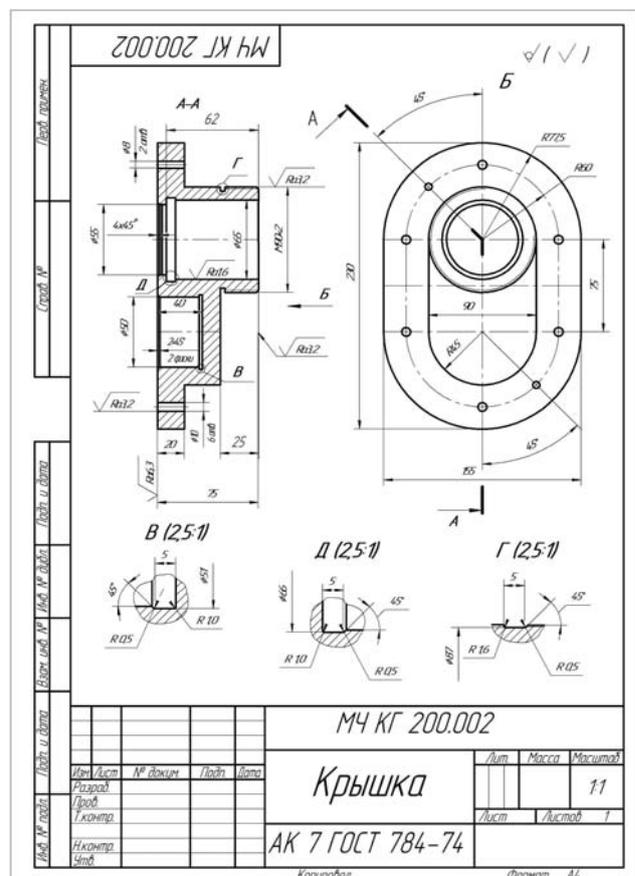


Рисунок 2.34 – Рабочий чертёж «Крышка»

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.

Составление сборочного чертежа.

Соединение деталей в сборочные единицы, а затем в готовые изделия выполняется по сборочным чертежам, которые входят в комплект рабочей документации и предназначены для производства.

Сборочный чертеж должен содержать:

- изображения изделия (сборочной единицы), дающие представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающие возможность сборки и контроля;

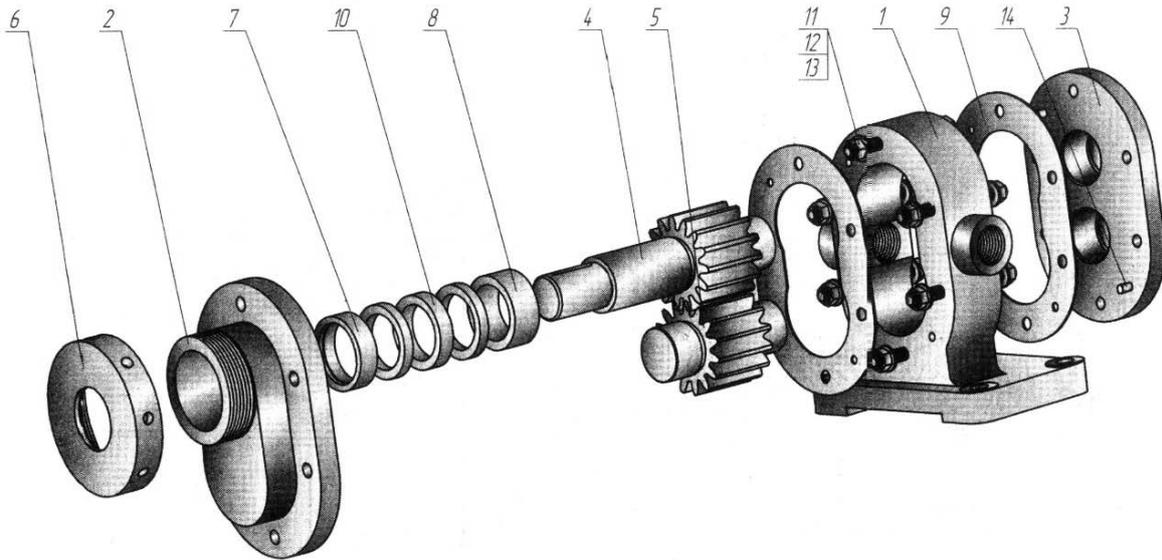
- размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые выполняют и контролируют по данному чертежу; можно указывать в качестве справочных размеры детали, определяющие характер сопряжения;

- указания о характере сопряжения и методах его осуществления, а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и др.);

- номера позиций составных частей, входящих в изделие (сборочную единицу);

- габаритные, установочные и присоединительные размеры.

Прежде чем приступить к составлению сборочного чертежа, необходимо подробно ознакомиться с назначением изделия и взаимодействием всех его частей, поэтому его условно разбирают на составляющие (рисунок 2.35).



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 2.35 – Подетальное расчленение узла

Последовательность составления сборочного чертежа:

- выбор числа изображений;
- выбор масштаба изображений;
- выбор формата листа;
- компоновка изображений;
- выполнение изображений;
- нанесение размеров;
- выполнение текстового материала;
- заполнение основной надписи;
- расстановка позиций и составление спецификации.

На чертежах сборочных единиц, кроме основных видов, широко используются разрезы, сечения, местные разрезы, дополнительные виды, выносные элементы.

Большое значение при выполнении сборочного чертежа имеет выбор главного изображения. Сборочную единицу на главном изображении желательно располагать в рабочем положении, как и на чертеже общего вида. Главное изображение в основном выполняется в разрезе. Разрез на сборочном чертеже представляет собой совокупность разрезов отдельных деталей, входящих в сборочную единицу.

Смежные детали в разрезах и сечениях выделяют разной по направлению и плотности штриховкой, одинаковой для каждой детали на всех изображениях, или сдвигают линию штриховки в одном сечении по отношению к другому. Перемещающиеся части изделий допускается изображать в крайнем или про-

межуточном положении с соответствующими размерами. Краны трубопроводов изображают открытыми. Вентили изображают в закрытом положении.

На рисунке 2.36 приведен чертеж общего вида шестеренного насоса. Спецификация в данном случае размещена на самом чертеже.

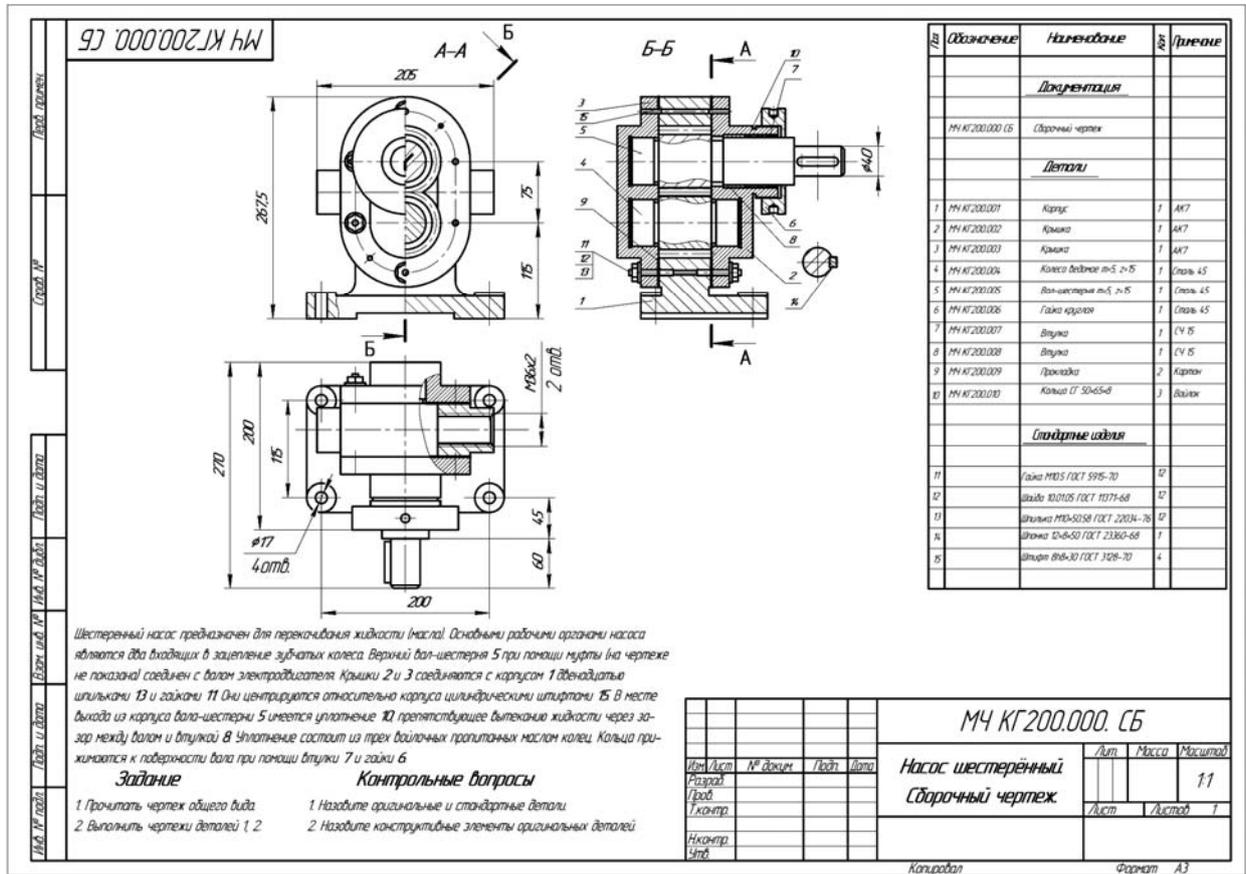


Рисунок 2.36 – Пример сборочного чертежа

По итогам УСР выполняется индивидуальное задание № 7 «Сборочный чертёж» согласно выданному бланку.

Список литературы

- 1 **Зеленый, П. В.** Инженерная графика. Практикум по проекционному черчению: учебное пособие / П. В. Зеленый, Е. И. Белякова; под ред. П. В. Зеленого. – Минск: БНТУ, 2014. – 200 с.
- 2 **Чекмарев, А. А.** Инженерная графика. Машиностроительное черчение: учебник / А. А. Чекмарев. – Москва: ИНФРА-М, 2015. – 396 с.
- 3 **ГОСТ 2.301–68.** Форматы. – Минск: Госстандарт, 2010. – 4 с.
- 4 **ГОСТ 2.303–68.** Линии. – Минск: Госстандарт, 2010. – 8 с.
- 5 **ГОСТ 2.304–81.** Шрифты чертежные. – Минск: Госстандарт, 2010. – 23 с.
- 6 **ГОСТ 2.305–2008.** Изображения – виды, разрезы, сечения. – Минск: Госстандарт, 2010. – 28 с.
- 7 **ГОСТ 2.307–2011.** Нанесение размеров и предельных отклонений. – Минск: Госстандарт, 2011. – 28 с.
- 8 **ГОСТ 2.309–73.** Обозначения шероховатости поверхностей. – Минск: Госстандарт, 2010. – 9 с.
- 9 **ГОСТ 2.311–68.** Изображение резьбы. – Минск: Госстандарт, 2010. – 7 с.
- 10 **ГОСТ 1139–80.** Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски. – Минск: Госстандарт, 2011. – 9 с.
- 11 **ГОСТ 10948–64.** Радиусы закруглений и фаски. Размеры. – Москва: Изд-во стандартов, 1986. – 2 с.
- 12 **ГОСТ 14034–74.** Отверстия центровые. Размеры. – Минск: Госстандарт, 2008. – 124 с.
- 13 **ГОСТ 21474–75.** Рифления прямые и сетчатые. Форма и основные размеры. – Москва: Изд-во стандартов, 1985. – 3 с.
- 14 Метрические задачи. Инженерная графика. Начертательная геометрия и компьютерная графика: методические рекомендации для студентов всех специальностей и направлений подготовки 09.03.04 «Программная инженерия», 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», 27.03.05 «Инноватика» / Сост. В. М. Акулич. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2019. – 22 с.
- 15 Проекционное черчение. Инженерная графика: методические рекомендации к практическим занятиям для студентов всех специальностей и направлений подготовки / Сост. О. А. Воробьева, Ж. В. Рымкевич. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2018. – 25 с.
- 16 Эскиз зубчатого колеса. Инженерная графика: методические рекомендации к практическим занятиям для студентов всех специальностей и направлений подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» / Сост. О. А. Воробьева, Ж. В. Рымкевич. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2019. – 21 с.
- 17 Чертеж сборочной единицы. Детализование. Инженерная графика. Начертательная геометрия и компьютерная графика. Начертательная геометрия и инженерная графика: методические рекомендации к практическим занятиям для студентов всех специальностей и направлений подготовки очной и заочной

форм обучения / Сост. Н. Н. Гобралев [и др.]. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2018. – 43 с.

18 Шпоночные и шлицевые соединения. Инженерная графика: методические рекомендации к практическим занятиям для студентов всех специальностей и направлений подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», 3.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» / Сост. О. А. Воробьева, Ж. В. Рымкевич. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2019. – 24 с.

19 Эскиз вала. Инженерная графика: методические рекомендации к практическим занятиям для студентов всех специальностей и направлений подготовки 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» / Сост. Ю. А. Гуца. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2019. – 24 с.