

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
**«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

## **ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОСНОВЫ САПР**

Методические рекомендации для самостоятельной  
подготовки к выполнению лабораторной работы по курсу  
«Геометрическое моделирование и основы САПР»

## **Введение**

Современные предприятия не смогут выжить во всемирной конкуренции, если не будут выпускать новые продукты лучшего качества, более низкой стоимости и за меньшее время. Поэтому они стремятся использовать огромные возможности памяти компьютеров, их высокое быстродействие и возможности удобного графического интерфейса для того, чтобы автоматизировать и связать друг с другом задачи проектирования и производства, которые раньше были весьма утомительными и совершенно не связанными друг с другом. Таким образом, сокращается время и стоимость разработки и выпуска продукта. Для этой цели используются технологии автоматизированного проектирования САПР.

Одной из наиболее распространенных систем геометрического моделирования является графическая программа Autodesk Inventor, разработанная компанией Autodesk Inc (США). Она представляет собой прикладную систему автоматизации чертежно-графических работ и предназначена для получения конструкторской документации на основе трехмерной модели в процессе проектирования какого-либо изделия.

Методические рекомендации к лабораторным работам по дисциплине «Геометрическое моделирование и основы САПР» для студентов направления 13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Целью данной лабораторной работы является освоение САПР Autodesk Inventor и ее применение для разработки геометрической модели и конструкторских чертежей элементов энергоагрегатов (чертежи деталей, входящих в состав сборки и сборочный чертеж).

При выполнении данной работы будут освоены основные команды системы Autodesk Inventor на примере создания твердотельной модели мазутной форсунки и ее сборочного чертежа.

### **1. Предохранительный клапан**

Предохранительный клапан предназначен для защиты от механического разрушения оборудования и трубопроводов избыточным давлением путём автоматического выпуска избытка жидкой, паро- и газообразной среды из систем и сосудов с давлением сверх установленного. Клапан также должен обеспечивать прекращение сброса среды при восстановлении рабочего давления. Предохранительный клапан является арматурой прямого действия, работающей непосредственно от рабочей среды, наряду с большинством конструкций защитной арматуры и регуляторами

давления прямого действия. Предохранительный клапан состоит из винта 1 (рис. 1.1), опоры 2, клапан 3, гайки 4, пружины 5, корпуса 6, седла 7, винтовая гайка 8.

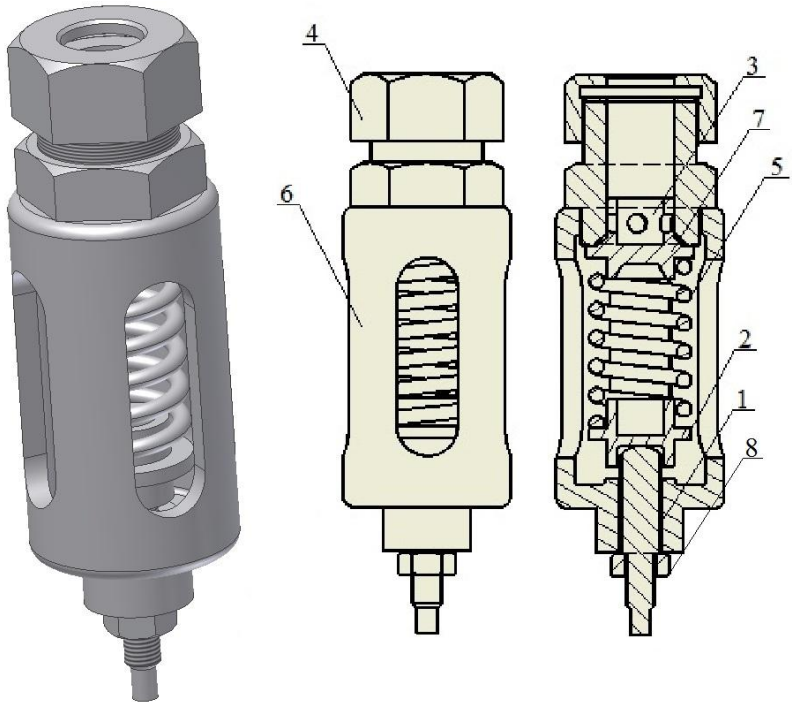


Рисунок 1.1 – Предохранительный клапан

Рассмотрим построение моделей каждой из деталей сборочной единицы.

## 2. Построение трехмерной модели винта

Создание модели детали (рис. 2.1) будем производить в несколько этапов:

- 1) сначала необходимо создать первые вспомогательные элементы – эскиз;
- 2) проставить все необходимые размеры;
- 3) затем нужно будет создать вращение – первое тело;
- 4) далее необходимо нарезать резьбу на корпусе винта;
- 5) чтобы получить окончательный вариант детали, нужно создать фаски и скругления.

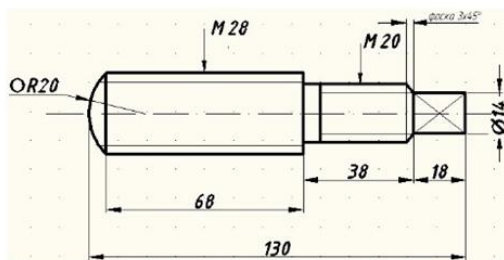


Рисунок 2.1 – Винт

### Шаг 1. Создание эскиза винта

После загрузки программы Autodesk Inventor появляется диалоговое окно **Открыть**, содержащее шесть шаблонов для создания различных видов изделий: для создания изделий из листового материала, сборок, чертежей, презентационных роликов (схем), деталей и сварных конструкций (рис. 2.2)

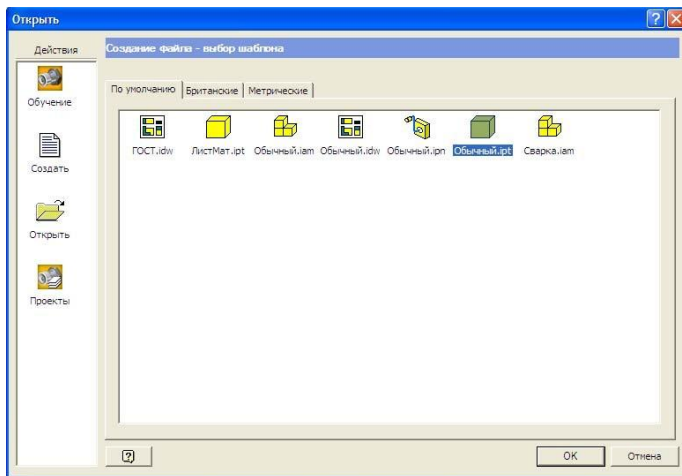




Рисунок 2.2 – Диалоговое окно **Открыть**

- Создайте новый файл из шаблона «Деталь», для чего нажмите кнопку **Создать** на главной панели инструментов, и в диалоговом окне **Открыть**, выберите пиктограмму  **Обычный.ipt**. При этом открывшаяся рабочая плоскость имеет вид, изображенный на рисунке 2.3.
- Выберите на панели инструментов команду  **Проецировать геометрию**.
- Затем нажмите в браузере (рис. 2.4) символ «+» напротив надписи **Начало** и выберите **ось Y**, при этом в графической зоне появится проекция стандартной оси Y.
- Завершите команду, нажав клавишу **Esc**.

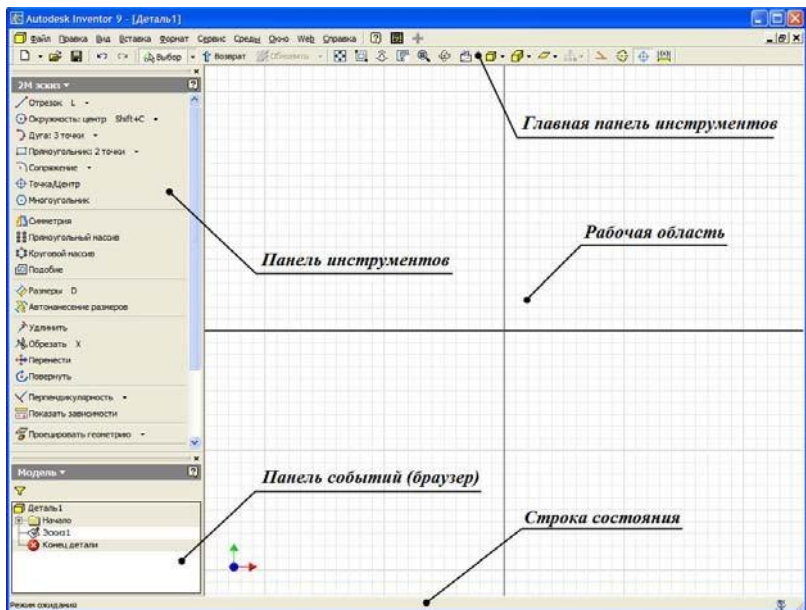


Рисунок 2.3 – Вид рабочего стола Autodesk Inventor

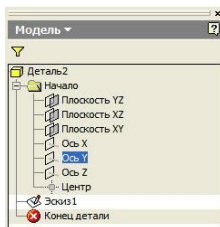





Рисунок 2.4 – Панель событий (браузер)

- Выделите полученную проекцию оси и нажмите кнопку  **Осевая линия** на главной панели инструментов. В результате проекция оси примет вид штрихпунктирной линии.
- Выберите из инструментальной палитры команду  **Отрезок**.
- Перенесите курсор в область рисования. При этом курсор примет вид желтой точки. Щелкните на левой кнопке мыши правее созданной оси.
- Начните перемещать курсор вверх; обратите внимание на динамическую линию, которую программа проводит к курсору от указанной ранее точки. Когда эта линия близка к вертикальной, вблизи курсора появляется символ 

- параллельности с осью серого цвета.
- Как только курсор достигает конечной точки отрезка (длину отрезка можно контролировать в строке состояния, расположенной в нижнем правом углу экрана), щелкните мышью еще раз. Вертикальная линия построена. На данном этапе эскиз выполняется с произвольными размерами.
  - Команда построения отрезков еще активна, поэтому сразу добавляем остальные линии, как показано на рис. 2.5. При построении последних, следите за их перпендикулярностью (параллельностью) по отношению к первой линии. При построении замыкающей линии следите за тем, чтобы контур эскиза получился замкнутым.
  - Постройте область относительно оси, как показано на рисунке 2.5, по приблизительным размерам.

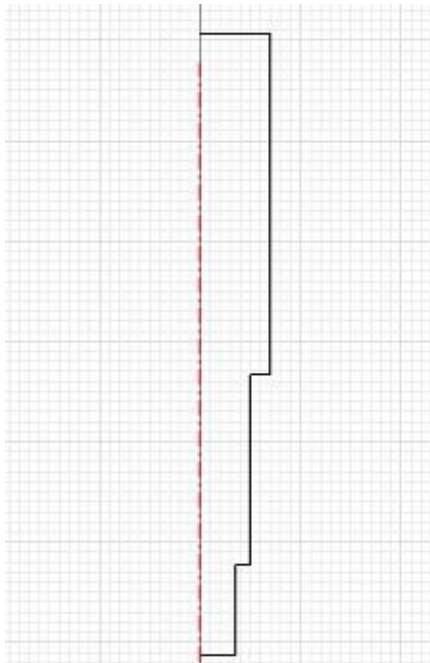



Рисунок 2.5 – Эскиз винта без размеров

- Вызовите команду  **Размеры** на панели инструментов.
- Щелкните на одном из отрезков для нанесения размера. Затем переместите мышь, при этом появится динамический образец размера. Чтобы установить размер в выбранную позицию

щелкните мышью.

- После установки динамического образца размера в выбранную позицию и при щелчке левой клавишей мыши открывается диалоговое окно **Редактирование размера** (рис. 2.6).

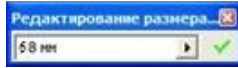



Рисунок 2.6 – Диалоговое окно **Редактирование размера**

- Введите в диалоговом окне значение; затем либо нажмите **Enter**, либо кнопку с зеленой галочкой  в правой части диалогового окна.
- Нанесите все размеры, как показано на рисунке 2.7.

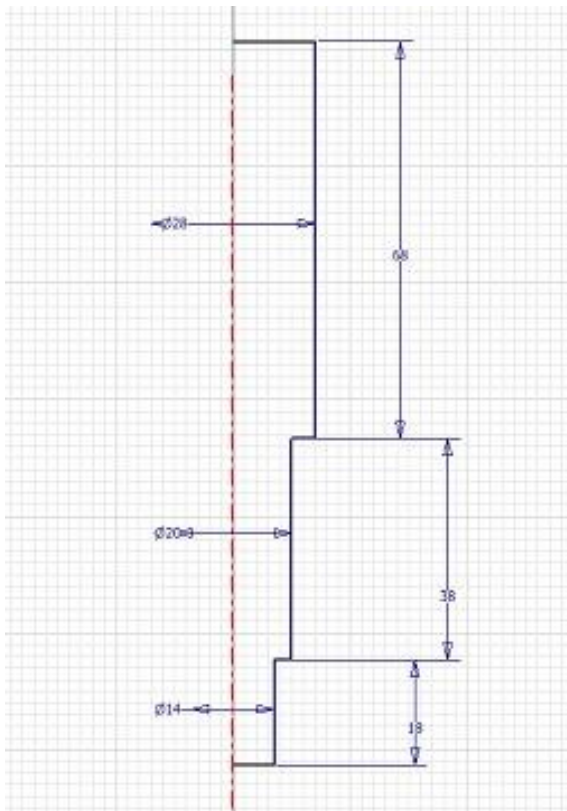






Рисунок 2.7 – Эскиз винта с размерами



- Завершите команду **Размеры** (либо, вызвав щелчком правой кнопки мыши контекстное меню и выбрав в нем опцию **Завершить**, либо, используя клавишу **Esc** на клавиатуре).
- Чтобы центр дуги лежал на оси вращения, необходимо совместить центр дуги с проекцией оси. Для этого в инструментальной палитре щелкните на стрелке  инструмента **Перпендикулярность**  (подменю зависимостей).
- Из списка выберите инструмент  **Совмещение** и укажите
- Выберите команду **Принять эскиз** в контекстном меню, которое вызывается щелчком правой клавиши мыши, для завершения работы с эскизом.

## Шаг 2. Вращение области эскиза

- Выберите команду  **Вращение** из инструментальной палитры, при этом откроется диалоговое окно (рис. 2.9).

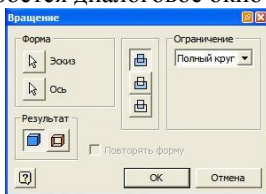


Рисунок 2.9 – Диалоговое окно **Вращение**

- Область вращения и ось подсветятся голубым цветом. Так как на данном этапе работы мы имеем только один эскиз и одну ось, то они автоматически выбираются в качестве области для вращения и оси вращения (рис. 2.10).
- Нажмите кнопку **Ок** в диалоговом окне.

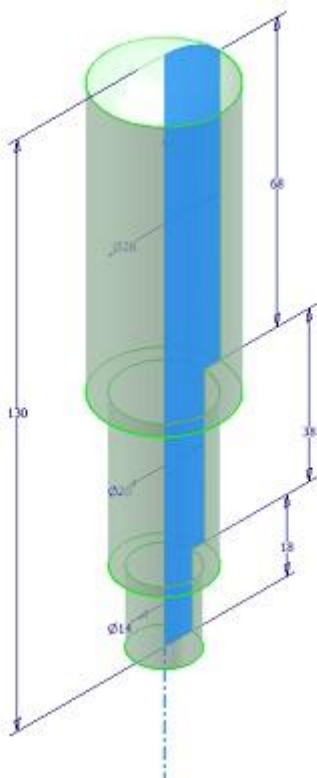


Рисунок 2.10 – Вращение области

### Шаг 3. Создание резьбы и фасок детали



- В контекстном меню выберите команду Изометрия для более наглядного изображения.
- Вызовите команду  Фаска из инструментальной палитры.
- Выберите ребро корпуса (рис. 2.11).
- В диалоговом окне Фаска установите длину фаски 2 мм.
- Нажмите **ОК**.



Рисунок 2.11 – Снятие фаски

- Аналогично создайте фаску на ребре противоположной грани детали.
- Из инструментальной панели вызовите команду  Резьба. При этом появится диалоговое окно **Резьба** (рис. 2.12).

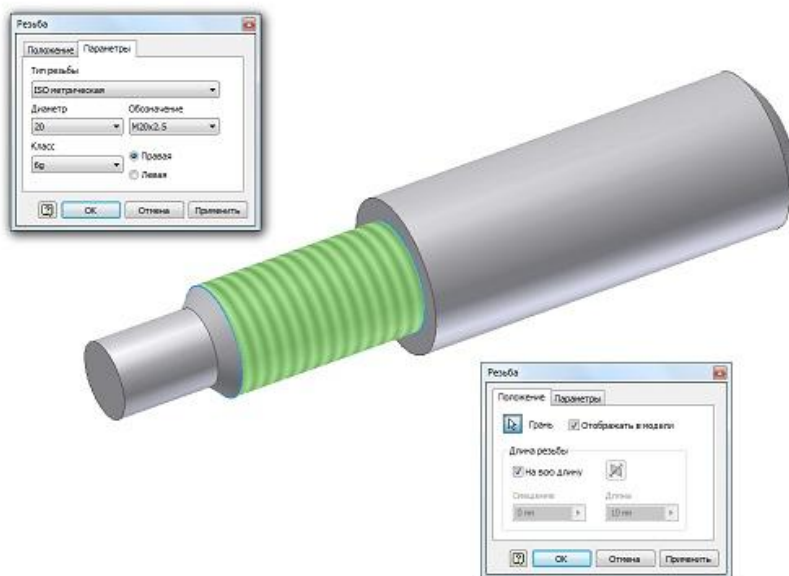


Рисунок 2.12 – Диалоговое окно резьба

- Укажите поверхность модели, на которой должна быть нарезана резьба (рис. 2.13). При этом резьба динамически отобразится на ней.

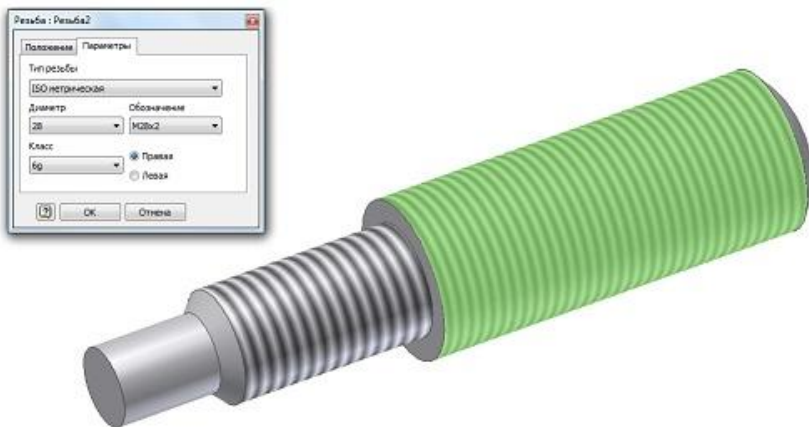
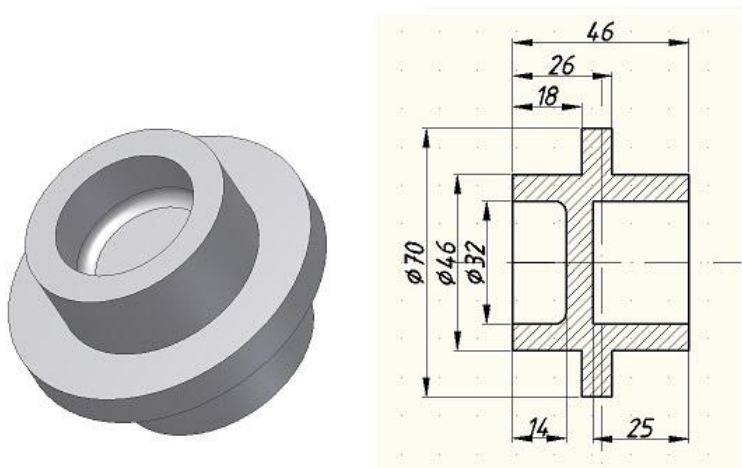


Рисунок 2.13

- На вкладке **Параметры** установите значение **ISO метрическая** в поле **Тип резьбы** (рис. 2.13), а в поле **Обозначение** – **M28×2**.
- Для завершения нарезания резьбы нажмите кнопку **Ok**.

### 3. Создание модели опоры

Модель опоры можно получить путем вращения области относительно оси (рис. 3.1). Создадим эту область:





мышь и, не отпуская ее, переместите мышь. Модель поворачивается, согласуясь с движением курсора.

- Сохраните полученную модель под именем **ОпораНасадка**.

#### 4. Создание модели клапана

##### Шаг 1. Создание эскиза

- Создайте новый файл.
- Спроецируйте ось Y на рабочую плоскость и установите ее осевой линией.

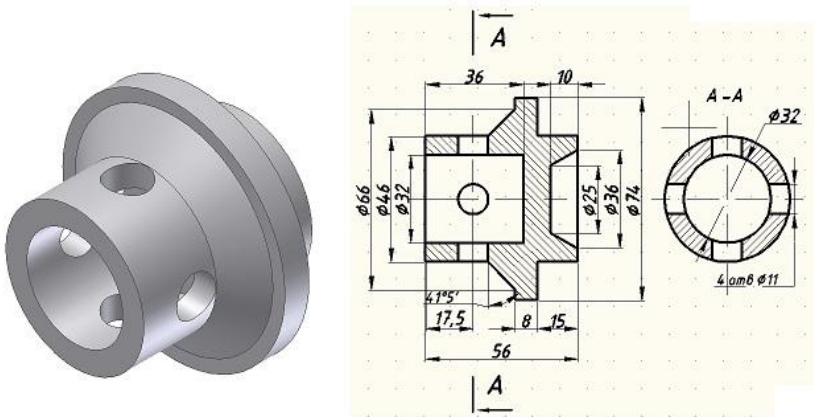


Рисунок 4.1 – Клапан

- Самостоятельно постройте эскиз при помощи команд **Отрезок**, **Размеры** (рис. 4.2).

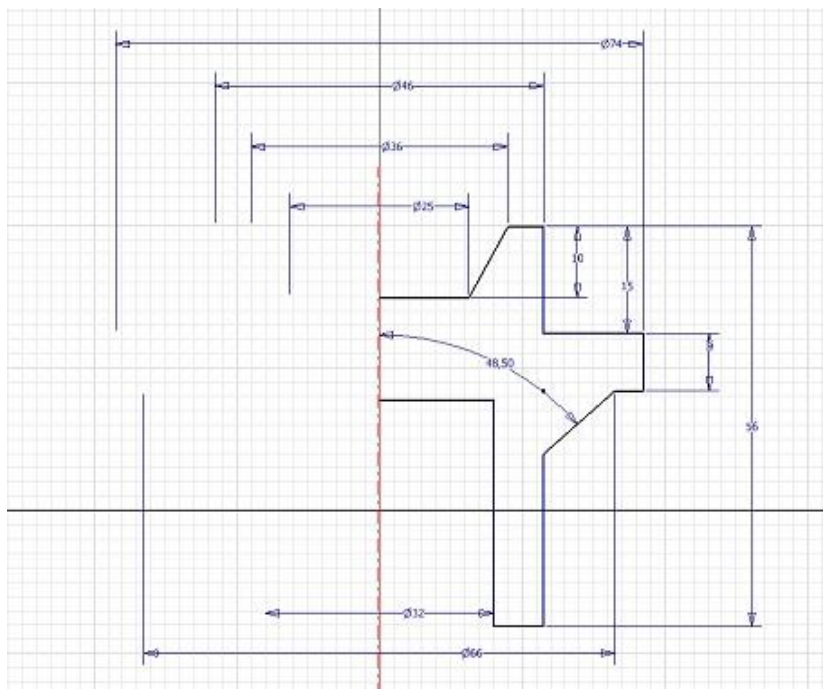


Рисунок 4.2 – Эскиз клапана

- При помощи команды **Вращение** создайте модель.
- Вызовите команду **Повернуть** из стандартной панели и ориентируйте модель как показано на рис. 4.3.

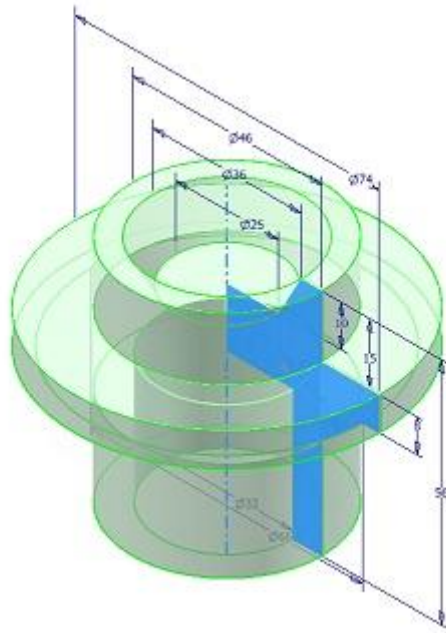



Рисунок 4.3

## Шаг 2. Создание отверстий

Далее необходимо установить плоскость для построения нового эскиза. Для этого:

- Выберите на главной панели инструментов команду  **Эскиз** и выполните щелчок левой кнопки мыши на плоскость «YZ» в подменю «Начало», в левом нижнем углу экрана. На экране появится сетка (рисунок 4.4).



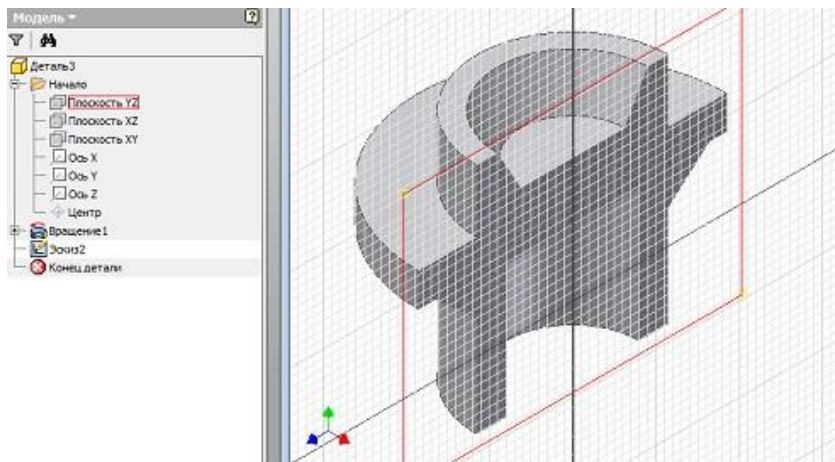


Рисунок 4.4

- Выберите пункт «Разбить модель (F7)» в контекстном меню для отображения области эскиза.
- При помощи команды «Спроецировать геометрию» спроецируйте на плоскость YZ ось Y и линию нижнего основания созданной геометрической фигуры (см. рис 4.4).
- Постройте эскиз отверстия с центром, лежащим на проекции оси Y, проставьте размеры (рис.. 4.5, 4.6).

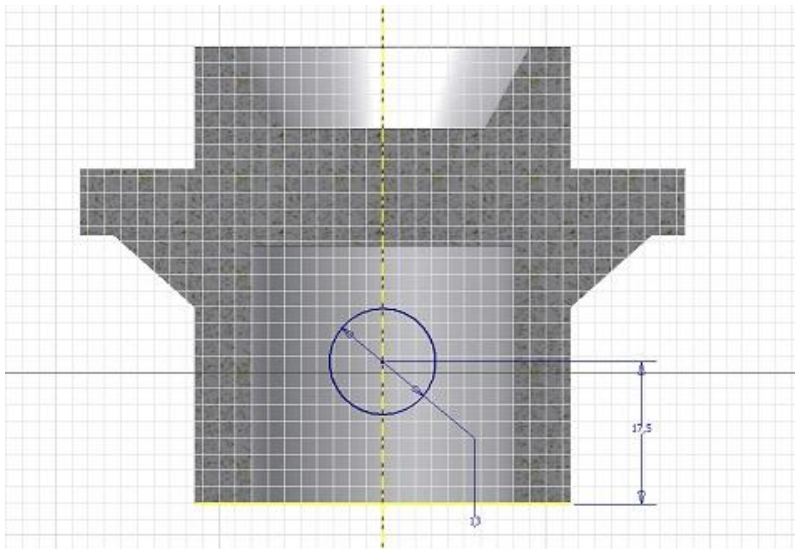



Рисунок 4.4 – Эскиз отверстия

- Завершите режим построения эскизов, выбрав в контекстном меню команду **Принять эскиз**.
- Выберите команду  **Выдавливание** из инструментальной палитры, открывается диалоговое окно (рис. 4.6).

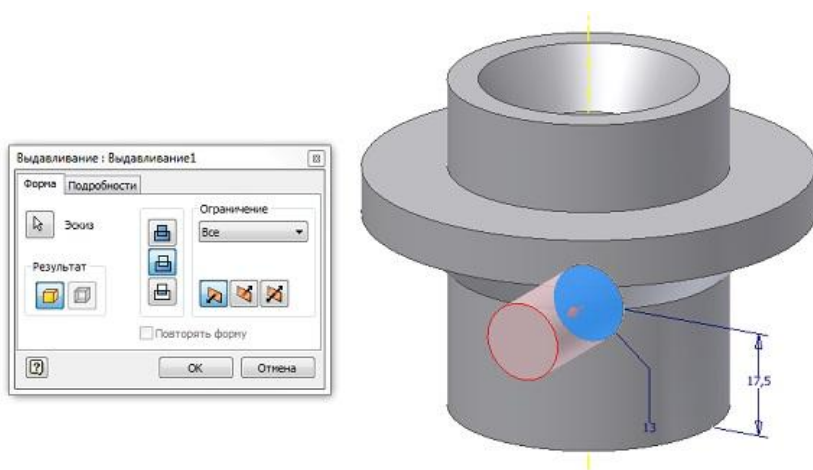



Рисунок 4.6 – Диалоговое окно **Выдавливание**

- Подведите курсор к области, ограниченной окружностью, и кликните левой кнопкой мыши для выбора области выдавливания, она подсветится голубым светом.

- В диалоговом окне **Выдавливание** нажмите кнопку



#### Вычитание.

- Установите в поле **Ограничение** в окне **Расстояние – Все**.
- Нажмите кнопку **Ок**.
- Выберите из инструментальной палитры команду  **Круговой массив**, при этом появится диалоговое окно (рис. 4.7).
- Выберите полученное отверстие, нажмите кнопку **Ось массива** и в браузере в списке **Начало** укажите **ось Y**. В поле **Размещение элементов** введите значение **4**. При этом появится динамический образец массива.
- Для завершения команды нажмите кнопку **Ок**.

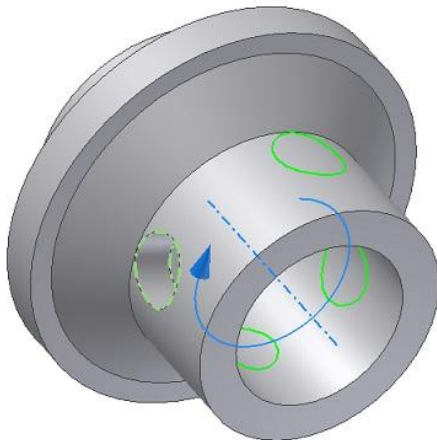
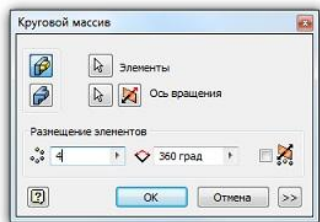


Рисунок 4.7 – Круговой массив

- Сохраните полученную модель под именем **Клапан**.

## 5. Создание модели гайки

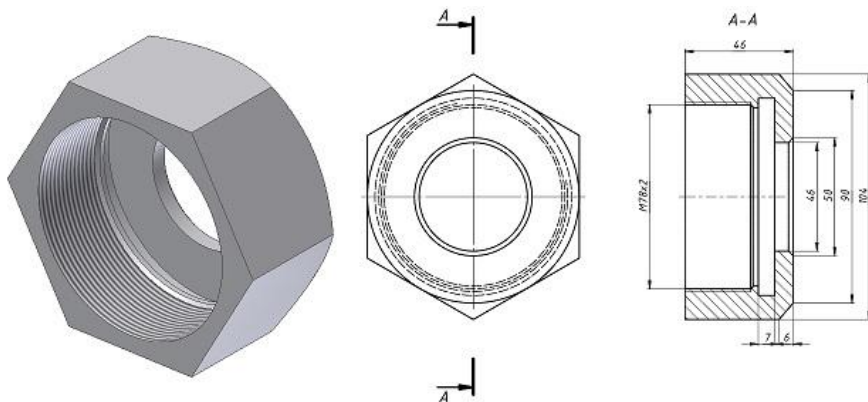


Рисунок 5.1 – Гайка

- Создайте новый файл.
- Спроецируйте ось Y на рабочую плоскость и установите ее осевой линией.
- Самостоятельно постройте эскиз при помощи команд **Отрезок**, **Размеры** (рис. 5.2).

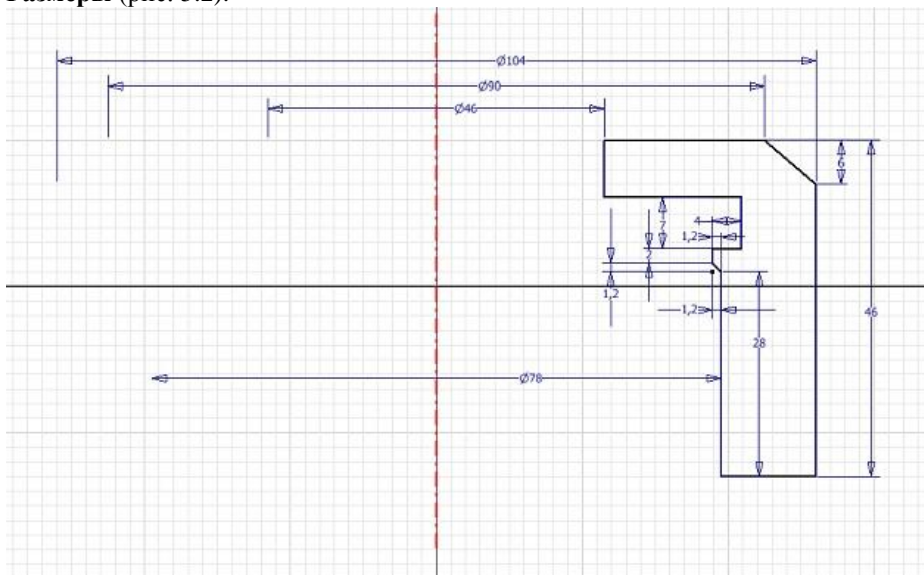


Рисунок 5.2 – Эскиз гайки

- При помощи команды **Вращение** создайте модель (рис 5.3).

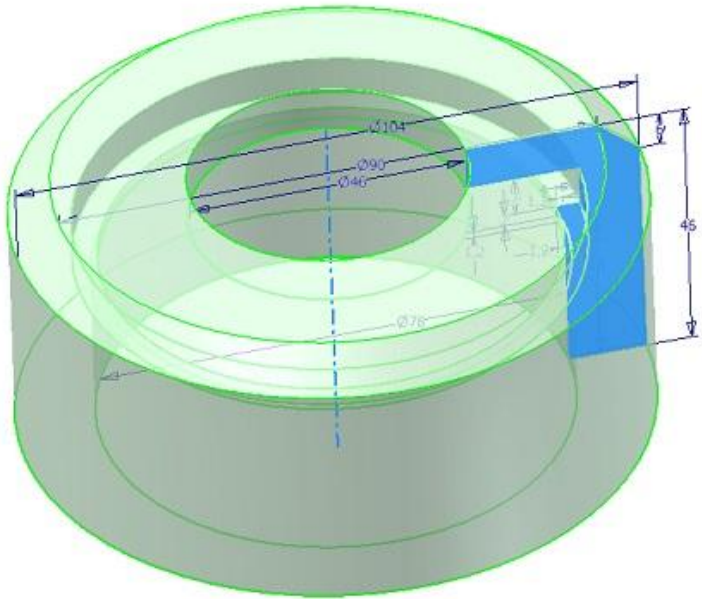


Рисунок 5.4 – Эскиз

- Используя инструмент **Фаска**, самостоятельно создайте фаску в соответствии с рис. 5.4.

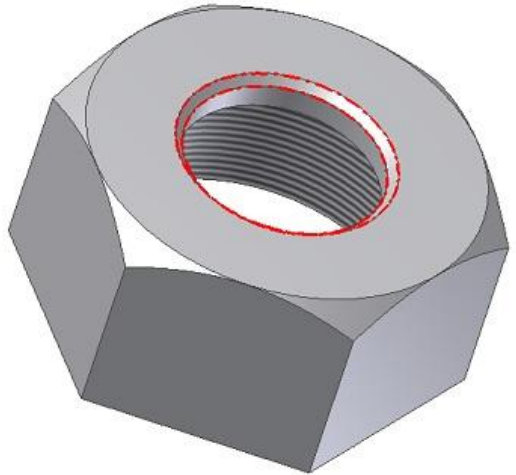
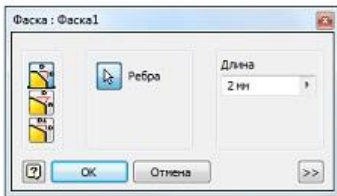



Рисунок 5.4 – Фаска

- Выберите команду **Эскиз** и выполните щелчок левой клавишей мыши на верхней плоскости полученной модели. При этом появится сетка (рис. 5.4).
- Спроецируйте внешнюю цилиндрическую поверхность детали на рабочую плоскость.
- На инструментальной панели выберите команду  **Многоугольник**, в диалоговом окне установите количество углов – **6**, постройте эскиз так, чтобы центр шестиугольника находился в центре окружностей, а его вершины лежали на наибольшей окружности (рис. 5.5).
- Для завершения команды нажмите кнопку **Готово**.
- Завершите построение эскиза.

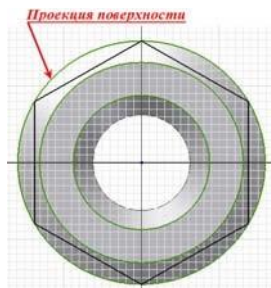
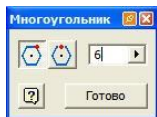


Рисунок 5.5 – Эскиз

- Затем выберите команду **Выдавливание** и вычтите полученную область, выбрав в поле **Ограничение** опцию **Все** (рис. 5.6).

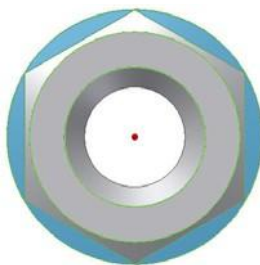


Рисунок 5.6 – Выдавливание области

- Самостоятельно создайте резьбу (рис. 5.7)

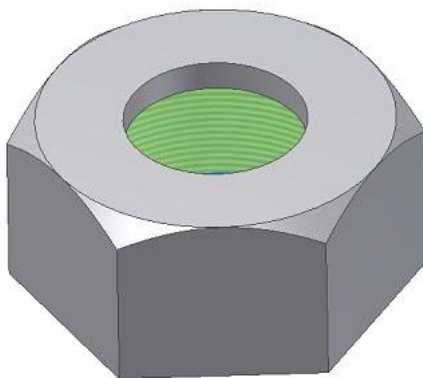
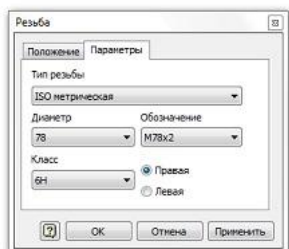


Рисунок 5.7 – Резьба

- Сохраните полученную модель под именем **Гайка**.

## 6. Создание модели пружины

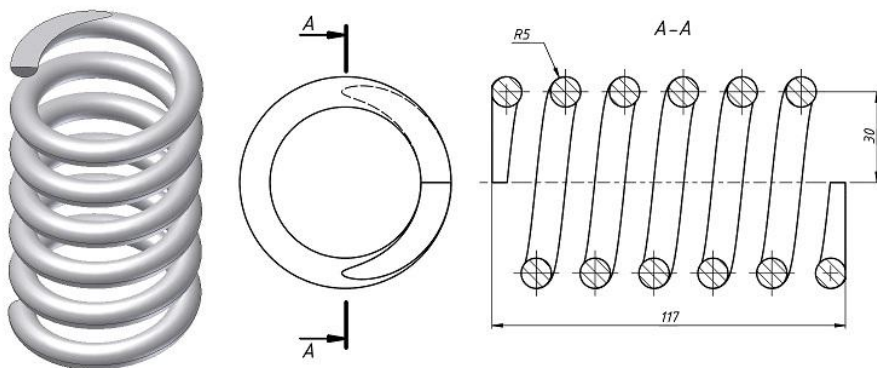


Рисунок 6.1 – Пружина

### Шаг 1. Создание эскиза

- Создайте новый файл.
- Спроецируйте ось Y на рабочую плоскость и установите ее осевой линией.
- Самостоятельно постройте эскиз при помощи команд **Окружность**, **Размеры** (рисунок 6.2).



Рисунок 6.2 – Эскиз пружины

- Создайте модель при помощи команды **Пружина**, задавая число витков и длину (рис. 6.2).
- В качестве эскиза выберите окружность, в качестве оси выберите ось Y.



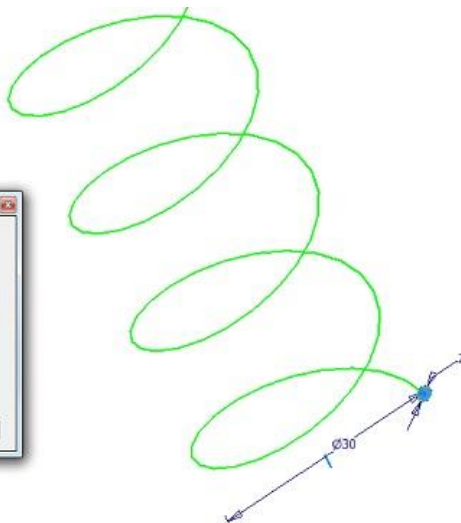
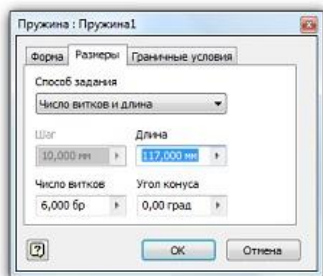



Рисунок 6.3 – Эскиз пружины

- Выберите на главной панели инструментов команду  **Эскиз** и выполните щелчок левой кнопки мыши на окружности первоначального эскиза. На экране появится сетка.
- Самостоятельно создайте эскиз по рисунку 6.4.

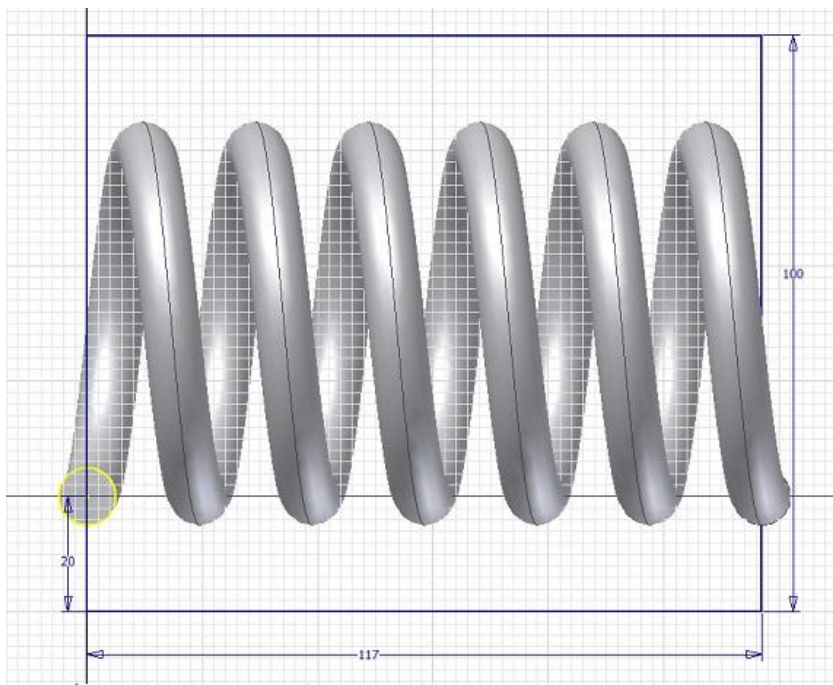



Рисунок 6.4 – Пружина

- Для формирования плоского основания пружины отсеките лишнее, используя команду **Выдавливание** и  **Вычитание**.
- Самостоятельно выполните команду **выдавливание**, применительно к созданному эскизу, установив настройки в соответствии с рис. 6.5.

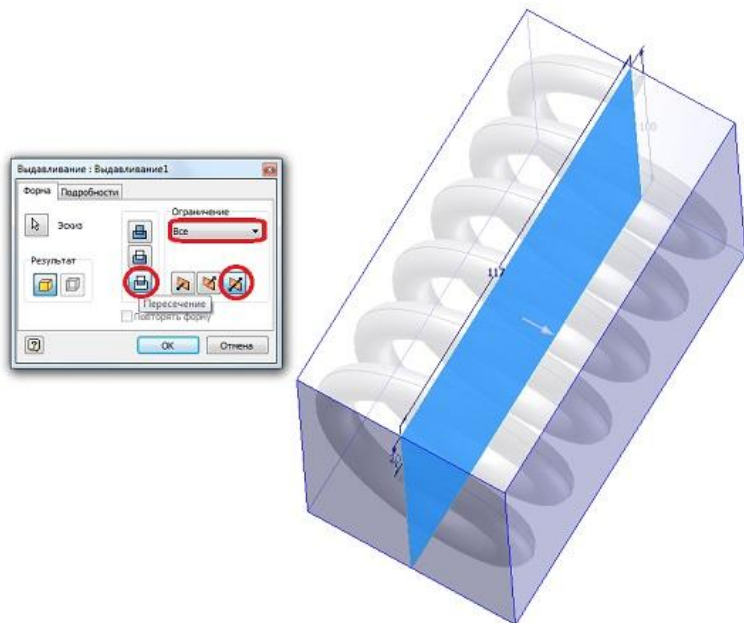


Рисунок 6.5 – Эскиз пружины

## 7. Задания для самостоятельной проработки

- Самостоятельно создайте модель винтовой гайки.

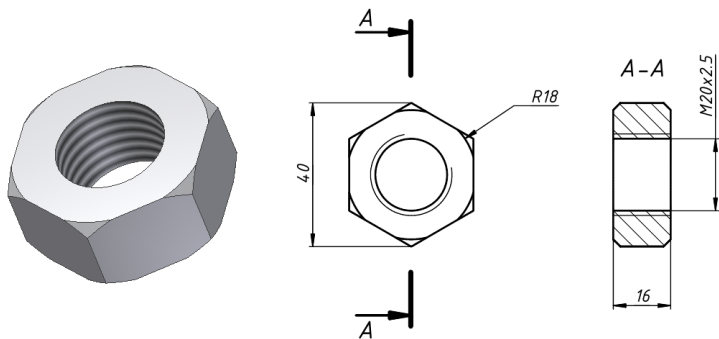


Рисунок 7.1 – Винтовая гайка

- Самостоятельно создайте модель седла.

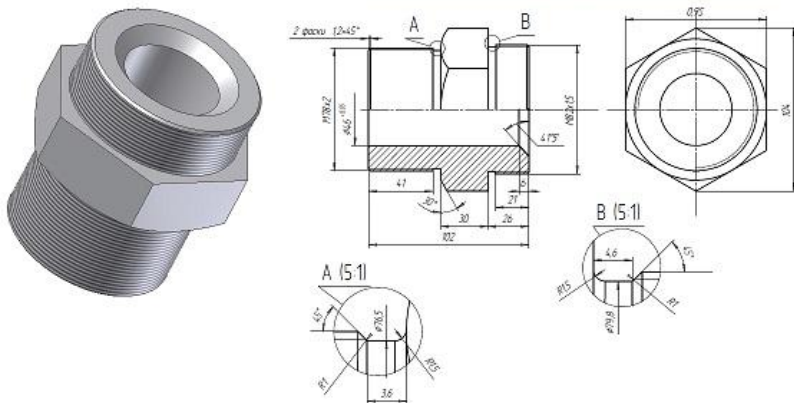


Рисунок 7.2 – Седло

- Самостоятельно создайте модель корпуса

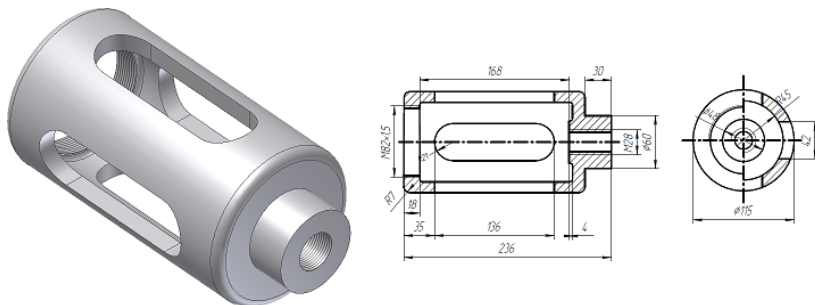




Рисунок 7.3 – Корпус


## 8. Создание сборки предохранительного клапана

После того, как созданы модели всех деталей, входящих в состав сборочной единицы, можно приступать к сборке изделия. Для создания сборки необходимо выполнить следующие действия:

- Создайте новый файл из шаблона «Изделие», для чего нажмите кнопку **Создать** на главной панели инструментов, и в диалоговом окне **Открыть**, выберите пиктограмму  **Обычный.iam**.

- Нажмите на кнопку  **Вставить компонент**, в открывшемся диалоговом окне укажите на деталь **Седло** и нажмите кнопку

### Открыть.

- Один корпус будет размещен автоматически и появится второй, связанный с курсором. Поскольку второй корпус нам не нужен, не выполняя клика левой кнопкой, нажмите правую, и из меню выберите **Завершить**.
- При помощи кнопки  **Повернуть** проверните модель так, как показано на рисунке (рис. 7.1).

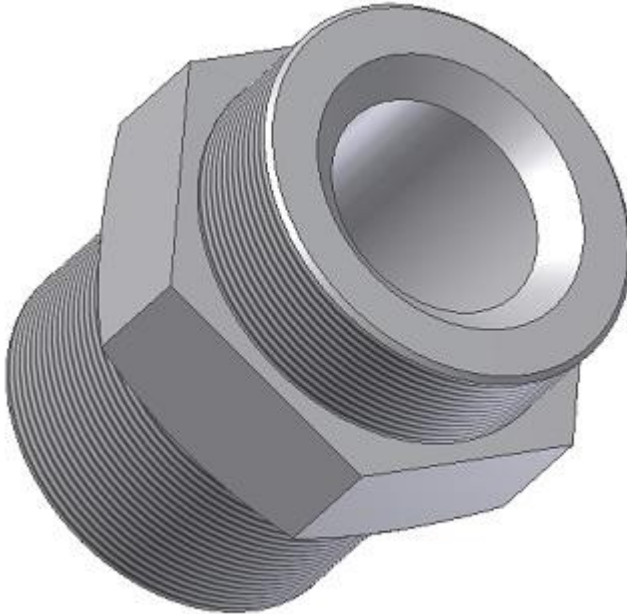




Рисунок 7.1 – Ориентация седла

- Пользуясь той же кнопкой  **Вставить компонент** вставьте вторую деталь **Клапан**.
- Переместите курсор в рабочее поле и нажмите на левую кнопку мыши. Располагайте детали так, чтоб они не накладывались на изображения предыдущих деталей.
- Нажмите на кнопку **Esc** на клавиатуре.
- Нажмите на кнопку  **Повернуть компонент** на панели инструментов, затем укажите на клапан.
- Установите модель в положение, показанное на рисунке (рис.

7.2).

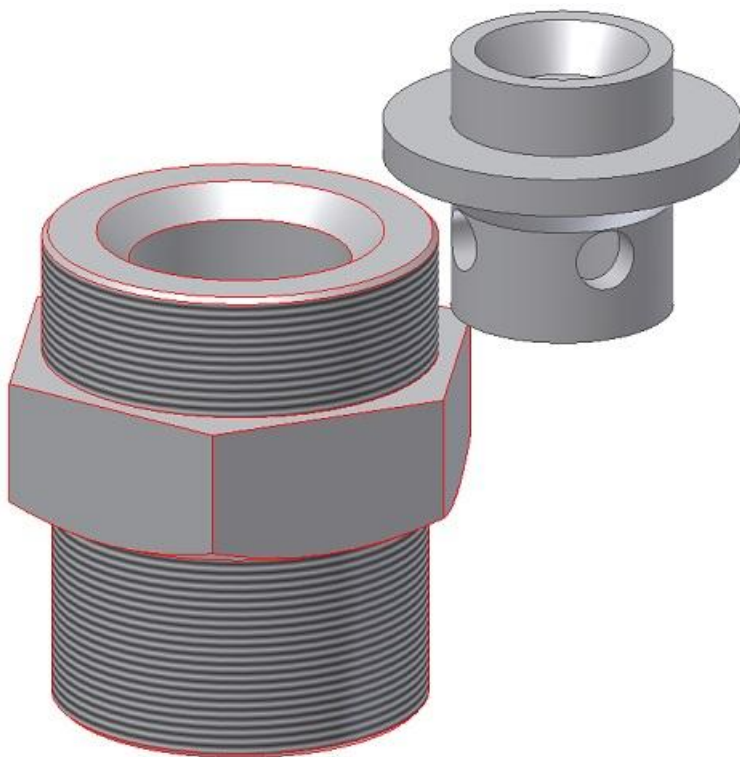




Рисунок 7.2 – Ориентация клапана

- Кликните на кнопку  **Зависимости**.
- Укажите сначала поверхность у клапана, а затем поверхность седла, как показано на рисунке (рис. 7.3). Поверхности подсветятся синим светом.
- В диалоговом окне **Зависимости в изделии** нажмите на кнопку  **Совмещение** (рис. 7.3).
- Нажмите на кнопку **Ок** для завершения операции.

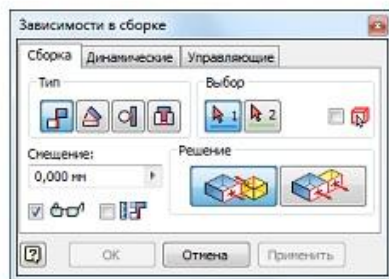
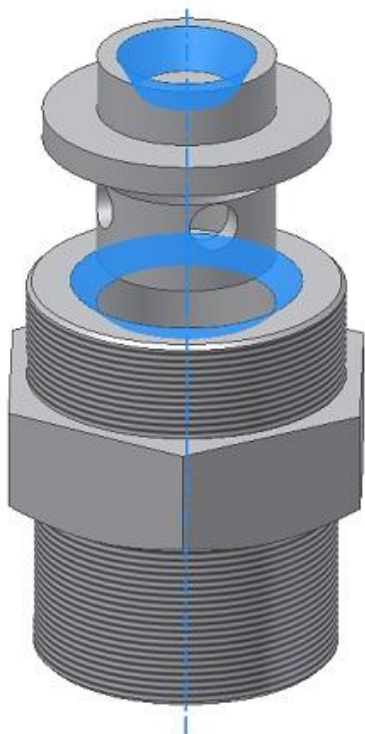



Рисунок 7.3 – Установление зависимости

- Опять нажмите на кнопку  **Зависимости**.
- Укажите сначала на ось клапана (объект подсветится синим светом), приблизительно в центре, а затем на ось седла, как показано на рисунке (рис. 7.4).
- Нажмите на кнопку **Ок** для завершения операции.

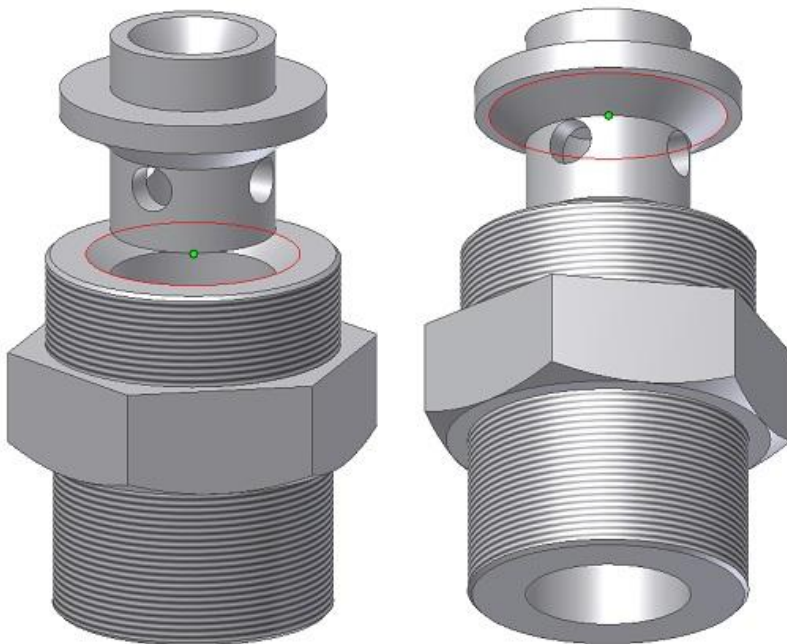




Рисунок 7.4 – Установление зависимости

## Шаг 2. Присоединение пружины

- Используя кнопку  **Вставить компонент** на панели инструментов вставьте следующую деталь **Пружина**.
- Нажмите на кнопку  **Повернуть компонент** на панели инструментов, а затем укажите на пружину. Установите модель в положение, показанное на рисунке (рис. 7.5).



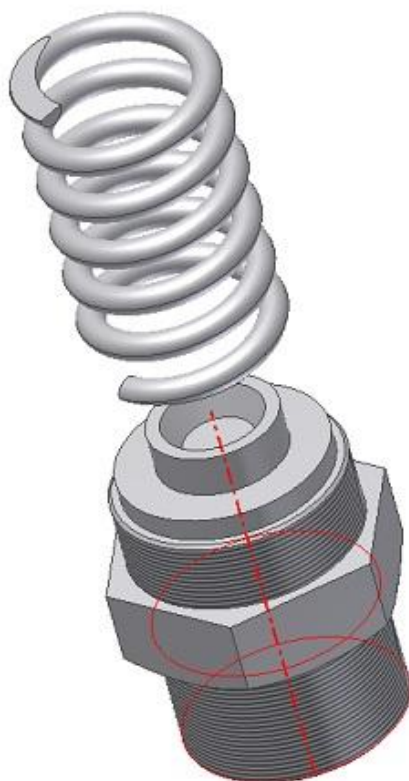


Рисунок 7.5 – Установление зависимости

- При помощи команды **Зависимости** аналогично установите зависимости совмещения граней и соосности пружины и клапана (рис. 7.6).

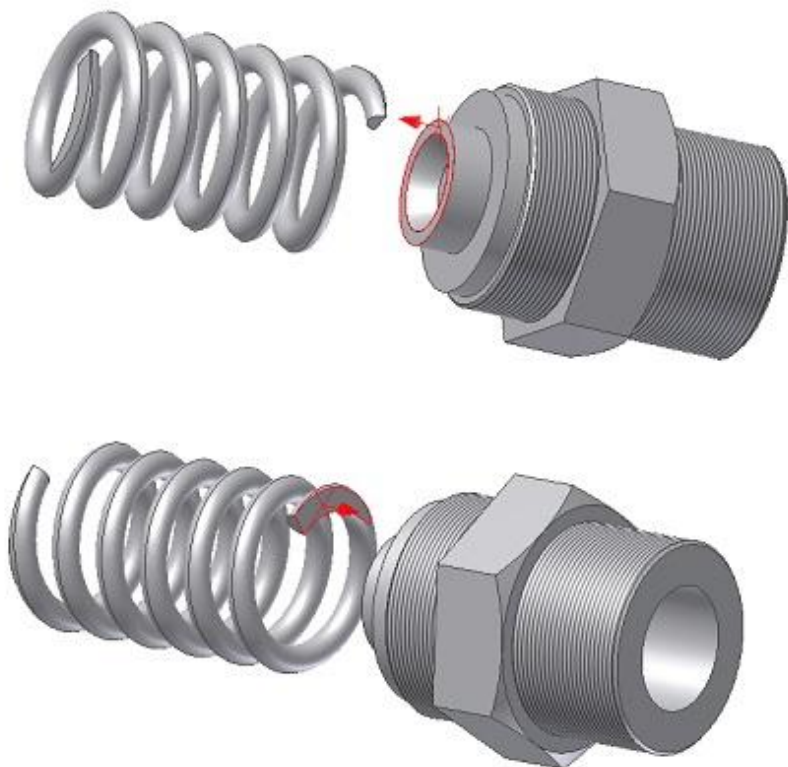


Рисунок 7.6 – Установление зависимости

- Нажмите на кнопку **Ок** для завершения операции.
- Вставьте в сборку следующую деталь – **Опора**.
- Установите зависимость **Вставка** между пружиной и опорой как показано на рисунке 7.7.

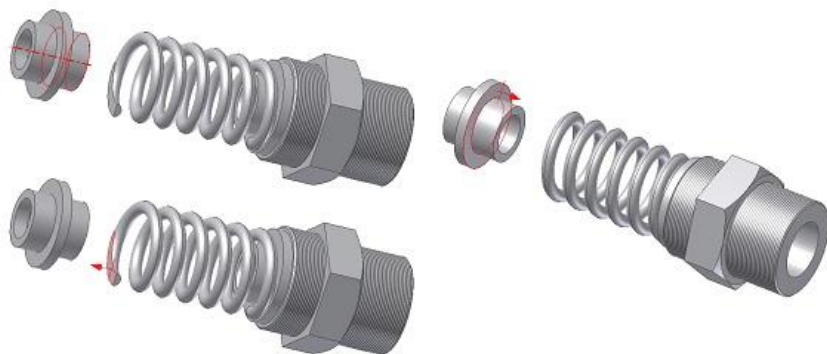


Рисунок 7.7 – Установление зависимости

- Нажмите на кнопку **Ok** для завершения операции.
- Вставьте в сборку следующую деталь – **Корпус**.
- Установите зависимость **Вставка** между седлом и корпусом как показано на рисунке 7.8.

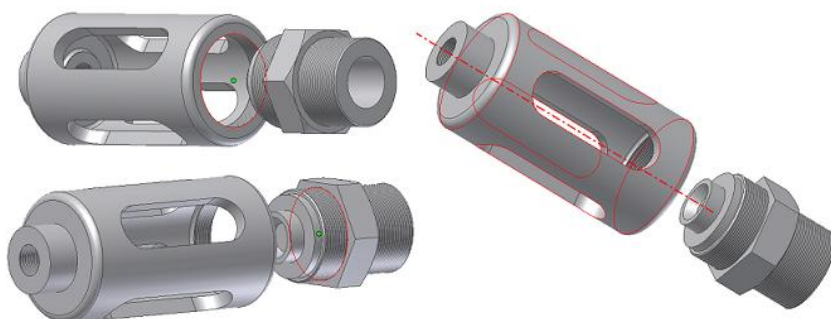


Рисунок 7.8 – Установление зависимости

- Нажмите на кнопку **Ok** для завершения операции.
- Вставьте в сборку следующую деталь – **Гайка**.
- Установите зависимость **Вставка** между седлом и корпусом как показано на рисунке 7.9.

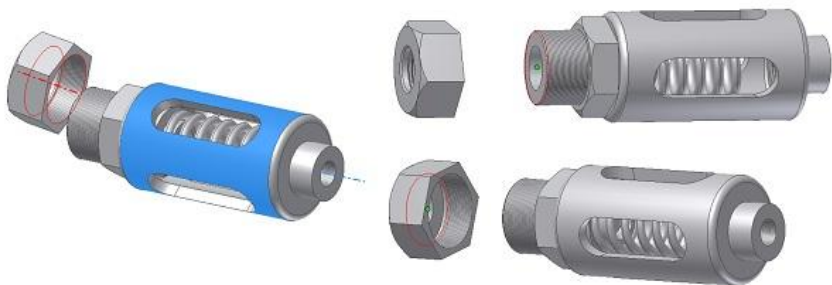


Рисунок 7.9 – Установление зависимости

- Нажмите на кнопку **Ок** для завершения операции.
- Самостоятельно установите зависимость **Вставка** между винтом и корпусом.
- Самостоятельно установите зависимость **Вставка** между винтом и гайкой.

## 9. Создание сборочного чертежа

После того как модель изделия создана, можно переходить к компоновке чертежа (рис. 8.1).

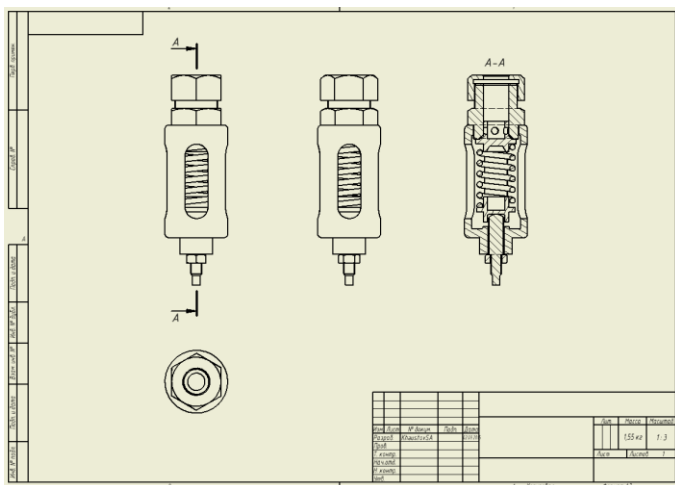


Рисунок 8.1 – Сборочный чертеж предохранительного клапана

## 1. Мазутная форсунка

Мазутная форсунка предназначена для тонкого распыления жидкого топлива в целях его эффективного сжигания. Форсунка вместе с каналом подачи горячего воздуха и устройством его завихривания образуют мазутную горелку. Механическая форсунка состоит из наконечника 1 (рис. 1.1), к которому накидной гайкой 5 прижимаются три специальных диска. Мазут поступает в отверстия распределительного диска 2, далее по тангенциальным каналам завихривающего диска 3 попадает в вихревую камеру и с большой скоростью и сильным завихрением продавливается через отверстие насадки 4.

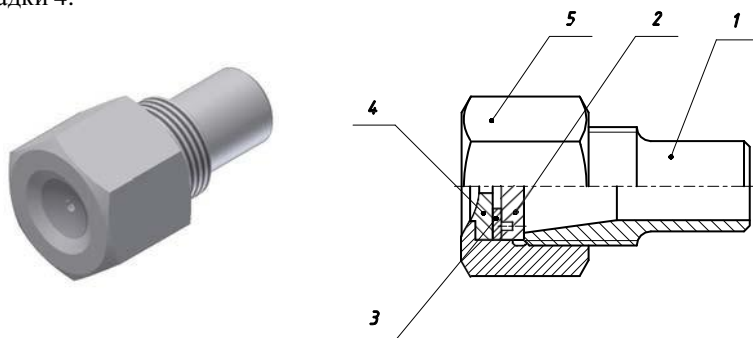


Рисунок 1.1 – Мазутная форсунка

Рассмотрим построение моделей каждой из деталей сборочной единицы.

## 2. Построение трехмерной модели наконечника

Создание модели детали (рис. 2.1) будем производить в несколько этапов:

- 1) сначала необходимо создать первые вспомогательные элементы – эскиз;
- 2) проставить все необходимые размеры;
- 3) затем нужно будет создать вращение – первое тело;
- 4) далее необходимо нарезать резьбу на корпусе наконечника;
- 5) чтобы получить окончательный вариант детали, нужно создать фаски и скругления.

## Шаг 1. Создание эскиза наконечника

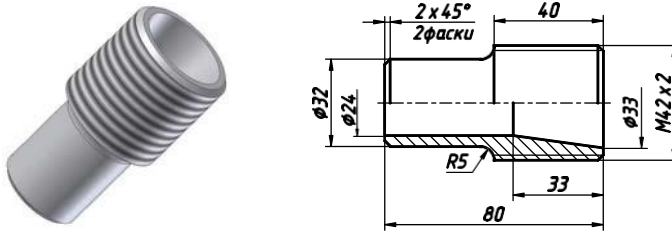




Рисунок 2.1 – Наконечник мазутной форсунки

После загрузки программы Autodesk Inventor появляется диалоговое окно **Открыть**, содержащее шесть шаблонов для создания различных видов изделий: для создания изделий из листового материала, сборок, чертежей, презентационных роликов (схем), деталей и сварных конструкций (рис. 2.2)



Рисунок 2.2 – Диалоговое окно **Открыть**

- Создайте новый файл из шаблона «Деталь», для чего нажмите кнопку **Создать** на главной панели инструментов, и в диалоговом окне **Открыть**, выберите пиктограмму  **Обычный.ipt**. При этом открывшаяся рабочая плоскость имеет вид, изображенный на рисунке 2.3.
- Выберите на панели инструментов команду  **Проецировать геометрию**.
- Затем нажмите в браузере (рис. 2.4) символ «+» напротив надписи **Начало** и выберите **ось Y**, при этом в графической зоне появится проекция стандартной оси Y.
- Завершите команду, нажав клавишу **Esc**.

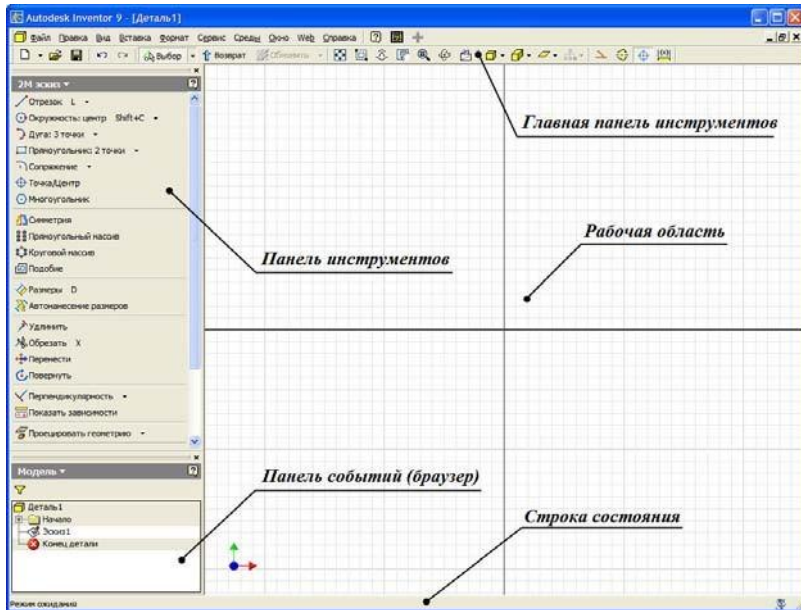


Рисунок 2.3 – Вид рабочего стола Autodesk Inventor

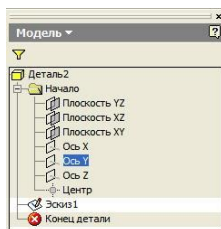




Рисунок 2.4 – Панель событий (браузер)

- Выделите полученную проекцию оси и нажмите кнопку  **Осевая линия** на главной панели инструментов. В результате проекция оси примет вид штрихпунктирной линии.
- Выберите из инструментальной палитры команду  **Отрезок**.
- Перенесите курсор в область рисования. При этом курсор примет вид желтой точки. Щелкните на левой кнопке мыши правее созданной оси.
- Начните перемещать курсор вверх; обратите внимание на

динамическую линию, которую программа проводит к курсору от указанной ранее точки. Когда эта линия близка к вертикальной, вблизи курсора появляется символ параллельности с осью серого цвета.

- Как только курсор достигает конечной точки отрезка (длину отрезка можно контролировать в строке состояния, расположенной в нижнем правом углу экрана), щелкните мышью еще раз. Вертикальная линия построена. На данном этапе эскиз выполняется с произвольными размерами.
- Команда построения отрезков еще активна, поэтому сразу добавляем остальные линии, как показано на рис. 2.5. При построении последних, следите за их перпендикулярностью (параллельностью) по отношению к первой линии. При построении замыкающей линии следите за тем, чтобы контур эскиза получился замкнутым.
- Постройте область относительно оси, как показано на рисунке 2.5, по приблизительным размерам.

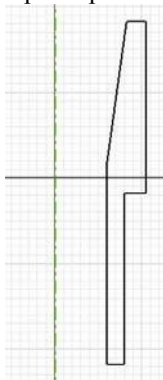


Рисунок 2.5 – Эскиз наконечника

- Вызовите команду  **Размеры** на панели инструментов.
- Щелкните на одном из отрезков для нанесения размера. Затем переместите мышью, при этом появится динамический образец размера. Чтобы установить размер в выбранную позицию щелкните мышью.
- После установки динамического образца размера в выбранную позицию и при щелчке левой клавишей мыши открывается диалоговое окно **Редактирование размера** (рис. 2.6).



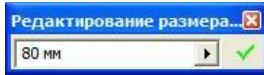



Рисунок 2.6 – Диалоговое окно **Редактирование размера**

- Введите в диалоговом окне значение; затем либо нажмите **Enter**, либо кнопку с зеленой галочкой  в правой части диалогового окна.
- Нанесите все размеры, как показано на рисунке 2.7.

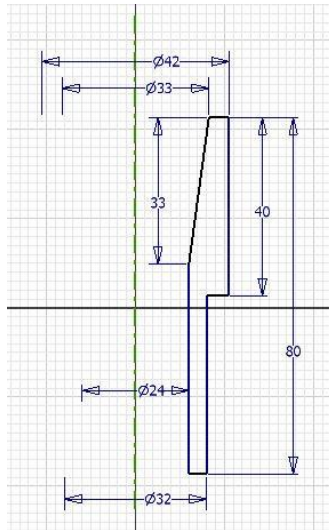

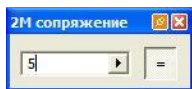
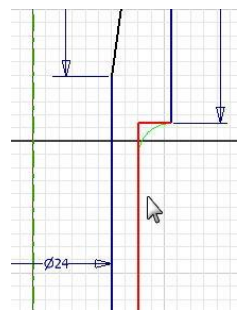


Рисунок 2.7 – Эскиз наконечника

- Завершите команду **Размеры** (либо, вызвав щелчком правой кнопки мыши контекстное меню и выбрав в нем опцию **Завершить**, либо используя клавишу **Esc** на клавиатуре).
- Выберите из инструментальной палитры команду  **Сопряжение**. При этом появится диалоговое окно **2М сопряжение** (рис. 2.8, а). Установите радиус скругления равный 5 мм и поочередно укажите на два отрезка (рис. 2.8, б).



а)




б)

Рисунок 2.8 – Сопряжение

- Выберите команду **Принять эскиз** в контекстном меню, которое вызывается щелчком правой клавиши мыши, для завершения работы с эскизом.

### Шаг 2. Вращение области эскиза

- Выберите команду  **Вращение** из инструментальной палитры, при этом откроется диалоговое окно (рис. 2.9).

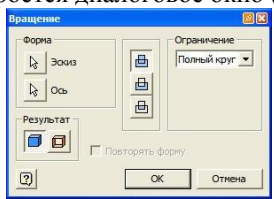


Рисунок 2.9 – Диалоговое окно Вращение

- Область вращения и ось подсветятся голубым цветом. Так как на данном этапе работы мы имеем только один эскиз и одну ось, то они автоматически выбираются в качестве области для вращения и оси вращения (рис. 2.10).
- Нажмите кнопку **Ok** в диалоговом окне.

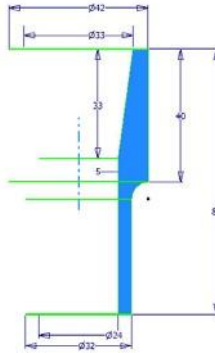

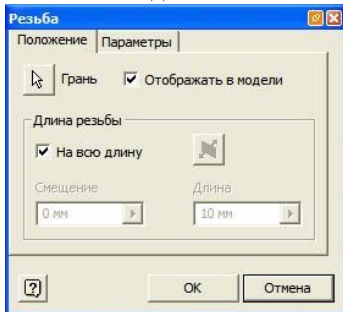


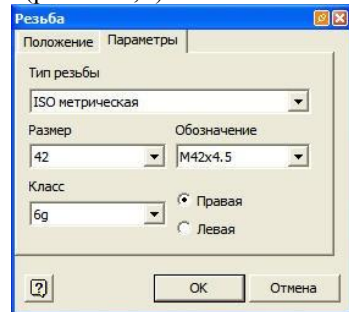
Рисунок 2.10 – Вращение области

### Шаг 3. Создание резьбы и фасок детали

- В контекстном меню выберите команду **Изометрия** для более наглядного изображения.
- Из инструментальной панели вызовите команду  **Резьба**. При этом появится диалоговое окно **Резьба** (рис. 2.11, а).



а)




б)

Рисунок 2.11 – Диалоговое окно **Резьба**

- Укажите поверхность модели, на которой должна быть нарезана резьба (рис. 2.12). При этом резьба динамически отобразится на ней.



Рисунок 2.12

- На вкладке **Параметры** установите значение **ISO метрическая** в поле **Тип резьбы** (рис. 2.11, б), а в поле **Обозначение** – **M42×4,5**.
- Для завершения нарезания резьбы нажмите кнопку **Ок**.
- Вызовите команду  **Фаска** из инструментальной палитры.
- Выберите ребро корпуса (рис. 2.13).
- В диалоговом окне **Фаска** установите длину фаски 2 мм.
- Нажмите **ОК**.

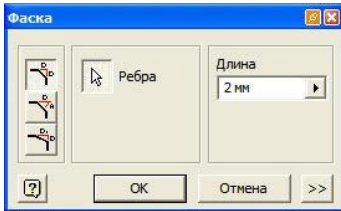



Рисунок 2.13 – Снятие фаски

- Аналогично создайте фаску на ребре противоположной грани детали.

#### Шаг 4. Установка параметров модели

- Откройте стандартное меню **Файл**.
- Выберите  **Свойства Inventor** и на вкладках **Документ** и **Проект** заполните поля и нажмите **Применить**, а затем **Заккрыть** (рис. 2.14).

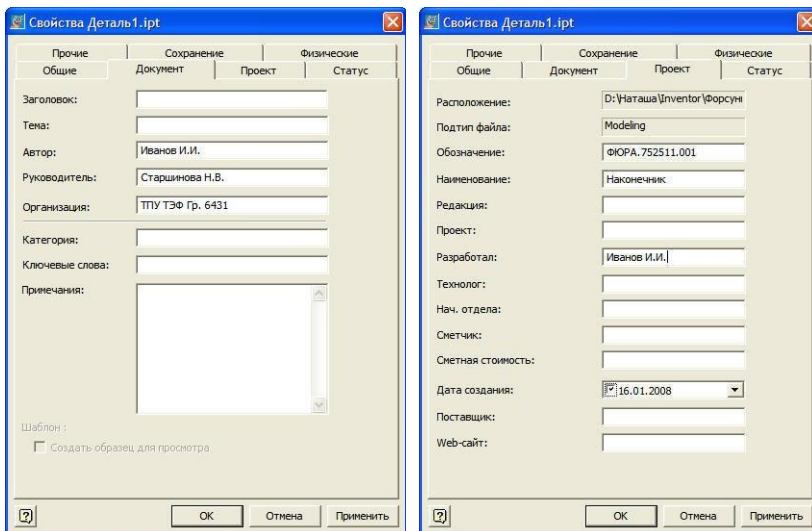


Рисунок 2.14 – Диалоговые окна **Свойства Inventor**

- Сохраните полученную модель под именем **Наконечник**.

### 3. Создание модели насадки

Модель насадки можно получить путем вращения области относительно оси (рис. 3.1). Создадим эту область:

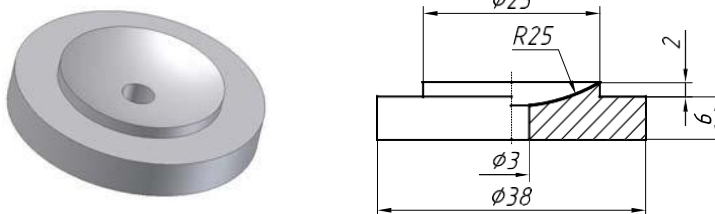






Рисунок 3.1 – Насадка

- Создайте новый файл, выбрав шаблон  **Обычный.ipt**.
- Спроецируйте ось Y на рабочую плоскость и установите ее осевой линией.
- Самостоятельно постройте эскиз при помощи команд **Отрезок**, **Дуга**, **Размеры** (рис. 3.2).

- Чтобы центр дуги лежал на оси вращения, необходимо совместить центр дуги с проекцией оси. Для этого в инструментальной палитре щелкните на стрелке  инструмента **Перпендикулярность**  (подменю зависимостей).
- Из списка выберите инструмент  **Совмещение** и укажите сначала точку (центр дуги), затем проекцию оси.

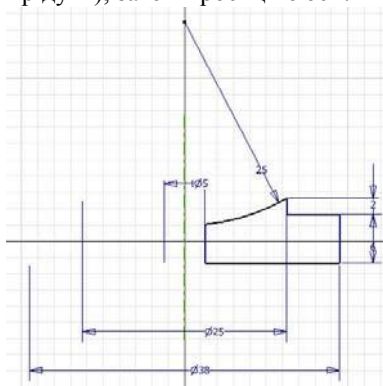



Рисунок 3.2 – Эскиз насадки

- При помощи команды **Вращение** создайте модель.
- Выберите команду  **Повернуть** на стандартной панели инструментов. На экране появится символ орбитального кольца.
- Поместите курсор внутрь кольца и нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская ее, переместите мышью. Модель поворачивается, согласуясь с движением курсора.
- Установите параметры модели (в поле **Обозначение** введите – **ФЮРА.752290.004**).
- Сохраните полученную модель под именем **Насадка**.

#### 4. Создание модели распределительного диска

##### Шаг 1. Создание эскиза

- Создайте новый файл.
- Спроецируйте ось Y на рабочую плоскость и установите ее осевой линией.

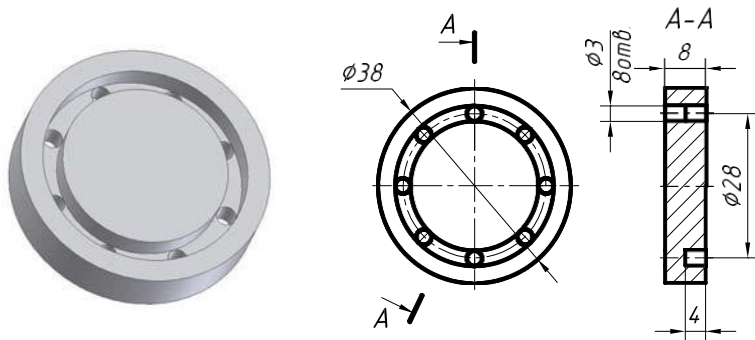


Рисунок 4.1 – Распределительный диск

- Самостоятельно постройте эскиз при помощи команд **Отрезок**, **Размеры** (рис. 4.2).

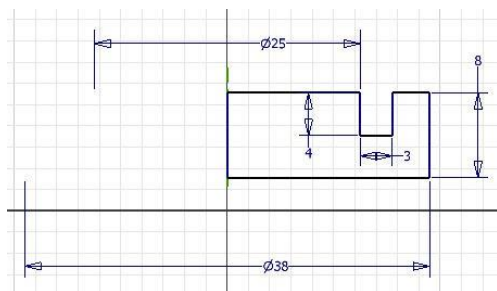


Рисунок 4.2 – Эскиз распределительного диска



- При помощи команды **Вращение** создайте модель.
- Вызовите команду **Повернуть** из стандартной панели и сориентируйте модель как показано на рис. 4.3.



Рисунок 4.3

## Шаг 2. Создание отверстий

Далее необходимо установить плоскость для построения нового эскиза. Для этого:

- Выберите на главной панели инструментов команду  **Эскиз** и выполните щелчок левой кнопки мыши на внутренней грани модели. На экране появится сетка.
- Выберите команду  **Вид на объект** и нажмите на эту же грань, плоскость эскиза совместится с плоскостью построений.
- Постройте эскиз отверстия с центром лежащим на проекции оси Z, проставьте размер (рис. 4.4).

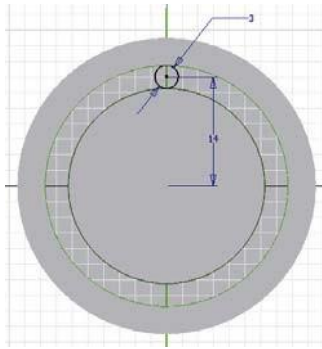



Рисунок 4.4 – Эскиз отверстия

- Завершите режим построения эскизов, выбрав в контекстном меню команду **Принять эскиз**.
- Выберите команду  **Выдавливание** из инструментальной палитры, открывается диалоговое окно (рис. 4.5).

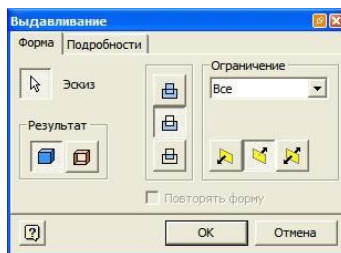




Рисунок 4.5 – Диалоговое окно **Выдавливание**



- Подведите курсор к области, ограниченной окружностью, и кликните левой кнопкой мыши для выбора области выдавливания, она подсветится голубым светом.
- В диалоговом окне **Выдавливание** нажмите кнопку  **Вычитание**.
- Установите в поле **Ограничение** в окне **Расстояние – Все**.
- Нажмите кнопку **Ок**.
- Вызовите команду **Повернуть** из стандартной панели и сориентируйте модель как показано на рис. 4.7.
- Выберите из инструментальной палитры команду  **Круговой массив**, при этом появится диалоговое окно (рис. 4.6).

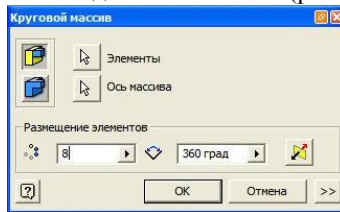


Рисунок 4.6 – Диалоговое окно **Круговой массив**

- Выберите полученное отверстие, нажмите кнопку **Ось массива** и в браузере в списке **Начало** укажите **ось Y**. В поле **Размещение элементов** введите значение **8**. При этом появится динамический образец массива.
- Для завершения команды нажмите кнопку **Ок**.



Рисунок 4.7 –Круговой массив

- Установите параметры модели (в поле **Наименование** введите **Диск распределительный** в поле **Обозначение** – **ФЮРА.757763.002**).
- Сохраните полученную модель под именем **Диск распределительный**.

## 5. Создание модели завихряющего диска

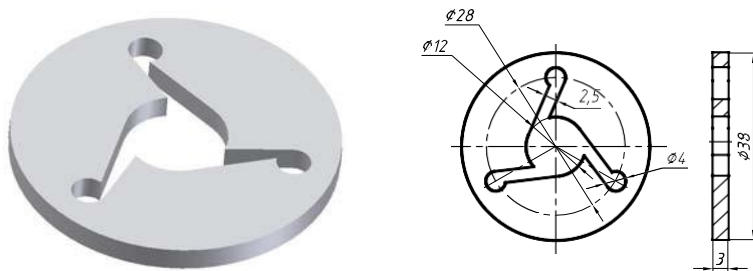



Рисунок 5.1 – Завихряющий диск

### Шаг 1. Создание эскиза

- Создайте новый файл.
- Выберите из инструментальной палитры команду **Проецировать геометрию**.
- В браузере в списке **Начало** и выберите **Центр**, при этом в графической зоне в точке пересечения осей появится зеленая точка (проекция центра), нажмите **Esc**.
- Выберите из инструментальной палитры команду  **Окружность: центр**.
- Постройте две окружности с центрами в этой точке и диаметрами, равными 38 мм и 12 мм.
- Завершите режим построения эскизов, выбрав в контекстном меню команду **Принять эскиз**.
- Выберите команду **Выдавливание** из инструментальной палитры.
- Подведите курсор к области, ограниченной двумя окружностями, и кликните левой кнопкой мыши для выбора области выдавливания, она подсветится голубым светом.
- В поле **Ограничение** диалогового окна **Выдавливание** введите значение 3 мм.
- Нажмите кнопку **Ок**.

- Выберите команду **Изометрия**, для более наглядного изображения.
- Выберите команду **Эскиз** и выполните щелчок левой клавишей мыши на верхней плоскости полученной модели. При этом появится сетка.
- Выберите команду **Вид на объект** и нажмите на эту же плоскость.
- Постройте эскиз отверстия (рис. 5.2), предварительно спроецировав ось Y на рабочую плоскость.

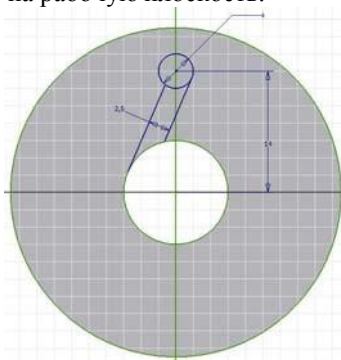




Рисунок 5.2 – Эскиз отверстия

- Для изображения параллельных отрезков в инструментальной палитре щелкните на стрелке  около подменю зависимостей.
- Из списка выберите инструмент  **Параллельность**. И попарно укажите параллельные отрезки (рис. 5.3)

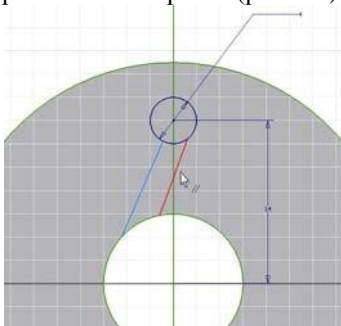



Рисунок 5.3 – Установка параллельности отрезков

- Снова щелкните на стрелке-треугольнике около подменю зависимостей и выберите команду  **Касательность** и поочередно укажите на окружность и на отрезок (рис. 5.4).

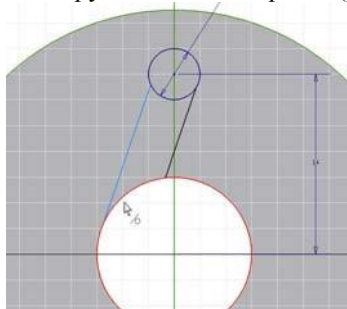


Рисунок 5.4 – Установка касательности

- Аналогично установите касательность для других окружности и отрезка.
- Проставьте все необходимые размеры.
- Завершите режим построения эскизов, выбрав в контекстном меню команду **Принять эскиз**.

## Шаг 2. Создание отверстий

- Выдавите полученную замкнутую область (рис. 5.5).

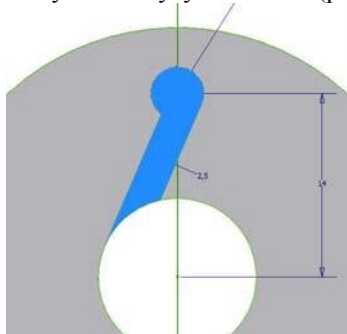



Рисунок 5.5 – Выдавливание области

- В диалоговом окне **Выдавливание** нажмите кнопку  **Вычитание**, установите в поле **Ограничение** в окне

### Расстояние – Все.

- Нажмите кнопку **Ок**.
- Выберите команду **Изометрия** из контекстного меню, для более наглядного изображения.
- Выберите из инструментальной палитры команду **Круговой массив** и укажите полученное отверстие, нажмите кнопку **Ось массива** и в браузере в списке **Начало** укажите **ось Z**. В поле **Размещение элементов** введите значение **3**.
- Для завершения команды нажмите кнопку **Ок**.
- Установите параметры модели (в поле **Наименование** введите **Диск завихрывающий** в поле **Обозначение – ФЮРА.757763.003**).
- Сохраните полученную модель под именем **Диск завихрывающий**.

### 6. Создание модели накладной гайки

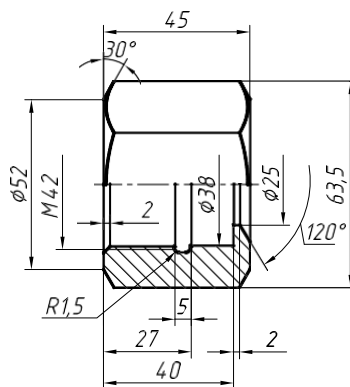


Рисунок 6.1 – Гайка накладная

- Создайте новый файл.
- Спроецируйте ось **Y** на рабочую плоскость и установите ее осевой линией.
- Самостоятельно постройте эскиз при помощи команд **Отрезок**, **Размеры** (рис. 6.2).
- Используя инструменты **Фаска** и **Сопряжение** создайте все необходимые фаски и скругления по размерам рис. 6.1.
- При помощи команды **Вращение** создайте модель.
- Вызовите команду **Повернуть** из стандартной панели и сориентируйте модель как показано на рис. 6.3.

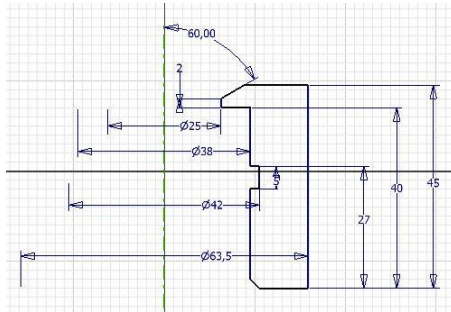


Рисунок 6.2 – Эскиз гайки

- Выберите команду **Эскиз** и выполните щелчок левой клавишей мыши на верхней плоскости полученной модели. При этом появится сетка (рис. 6.3).

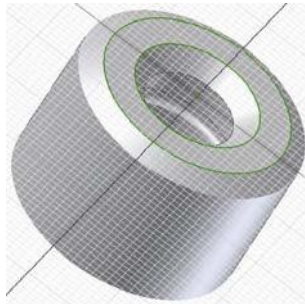



Рисунок 6.3 – Эскиз

- Выберите команду **Вид на объект** и нажмите на эту же плоскость.
- Спроецируйте внешнюю цилиндрическую поверхность детали на рабочую плоскость.
- На инструментальной панели выберите команду  **Многоугольник**, в диалоговом окне установите количество углов – **6**, постройте эскиз так, чтобы центр шестиугольника находился в центре окружностей, а его вершины лежали на наибольшей окружности (рис. 6.4).
- Для завершения команды нажмите кнопку **Готово**.
- Завершите построение эскиза.

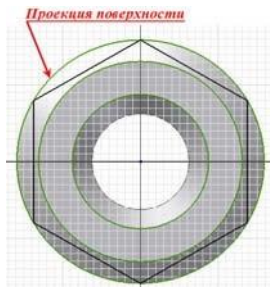
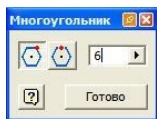


Рисунок 6.4 – Эскиз

- Затем выберите команду **Выдавливание** и вычтите полученную область, выбрав в поле **Ограничение** опцию **Все** (рис. 6.5).

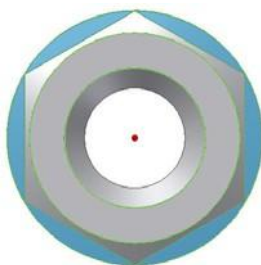



Рисунок 6.5 – Выдавливание области

- Самостоятельно создайте резьбу.
- Установите параметры модели (в поле **Обозначение** введите – **ФЮРА.758410.005**).
- Сохраните полученную модель под именем **Гайка накладная**.

## 7. Создание сборки мазутной форсунки

После того, как созданы модели всех деталей, входящих в состав сборочной единицы, можно приступить к сборке изделия. Для создания сборки необходимо выполнить следующие действия:

- Создайте новый файл из шаблона «Изделие», для чего нажмите кнопку **Создать** на главной панели инструментов, и в диалоговом окне **Открыть**, выберите пиктограмму  **Обычный.iam**.




- Нажмите на кнопку  **Вставить компонент**, в открывшемся диалоговом окне укажите на деталь **Наконечник** и нажмите кнопку **Открыть**.
- Один корпус будет размещен автоматически и появится второй, связанный с курсором. Поскольку второй корпус нам не нужен, не выполняя клика левой кнопкой, нажмите правую, и из меню выберите **Завершить**.
- При помощи кнопки  **Повернуть** поверните модель так, как показано на рисунке (рис. 7.1).
- Пользуясь той же кнопкой  **Вставить компонент** вставьте вторую деталь **Диск распределительный**.
- Переместите курсор в рабочее поле и нажмите на левую кнопку мыши. Располагайте детали так, чтоб они не накладывались на изображения предыдущих деталей.
- Нажмите на кнопку **Esc** на клавиатуре.



Рисунок 7.1 – Ориентация наконечника





- Нажмите на кнопку  **Повернуть компонент** на панели инструментов, затем укажите на шайбу.
- Установите модель в положение, показанное на рисунке (рис. 7.2).
- Кликните на кнопку  **Зависимости**.
- Укажите сначала поверхность у шайбы, а затем поверхность наконечника как показано на рисунке (рис. 7.3). Поверхности подсвечиваются синим светом.
- В диалоговом окне **Зависимости в изделии** нажмите на кнопку  **Совмещение** (рис. 7.3).
- Нажмите на кнопку **Ok** для завершения операции.





Рисунок 7.2 – Ориентация шайбы

- Опять нажмите на кнопку  **Зависимости**.
- Укажите сначала на ось шайбы (объект подсветится синим светом), приблизительно в центре, а затем на ось наконечника, как показано на рисунке (рис. 7.4).
- Нажмите на кнопку **Ок** для завершения операции.

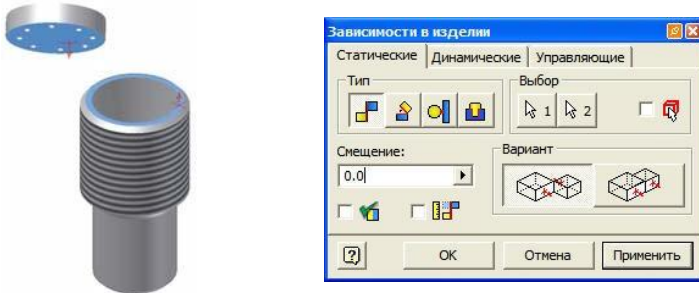




Рисунок 7.3 – Установление зависимости



Рисунок 7.4 – Установление зависимости

## Шаг 2. Присоединение завихрителя и наконечника

- Используя кнопку  **Вставить компонент** на панели инструментов вставьте следующую деталь **Диск завихривающий**.
- Нажмите на кнопку  **Повернуть компонент** на панели инструментов, а затем укажите завихритель. Установите модель в положение, показанное на рисунке (рис. 7.5, а).
- При помощи команды **Зависимости** аналогично установите зависимости совмещения граней и соосности завихрителя и шайбы.
- Те же действия повторите для насадки (рис. 7.5, б).

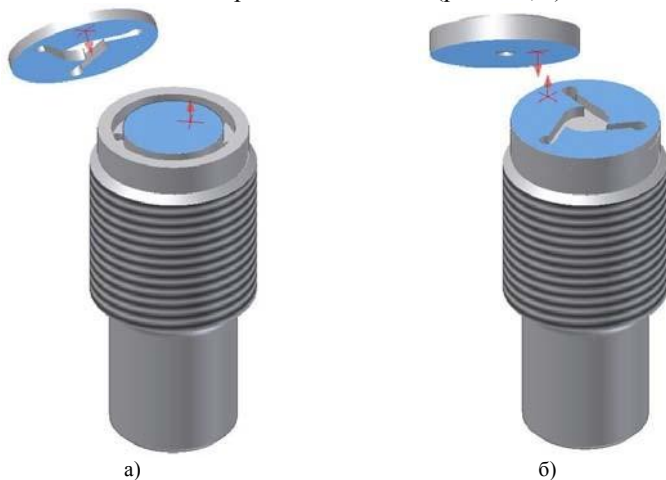


Рисунок 7.5 – Установление зависимости

- Нажмите на кнопку **Ок** для завершения операции.
- Вставьте в сборку следующую деталь – **Накидную гайку**.
- Установите зависимость **Вставка** между насадкой и гайкой как показано на рисунке 7.6.
- Установите параметры модели (в поле **Обозначение** введите – ФЮРА.311298.XXX СБ).

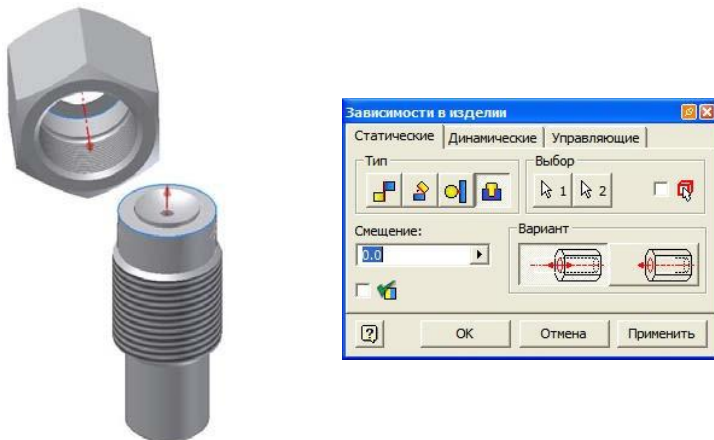


Рисунок 7.6 – Установление зависимости

## 8. Создание сборочного чертежа

После того как модель изделия создана, можно переходить к компоновке чертежа (рис. 8.1).

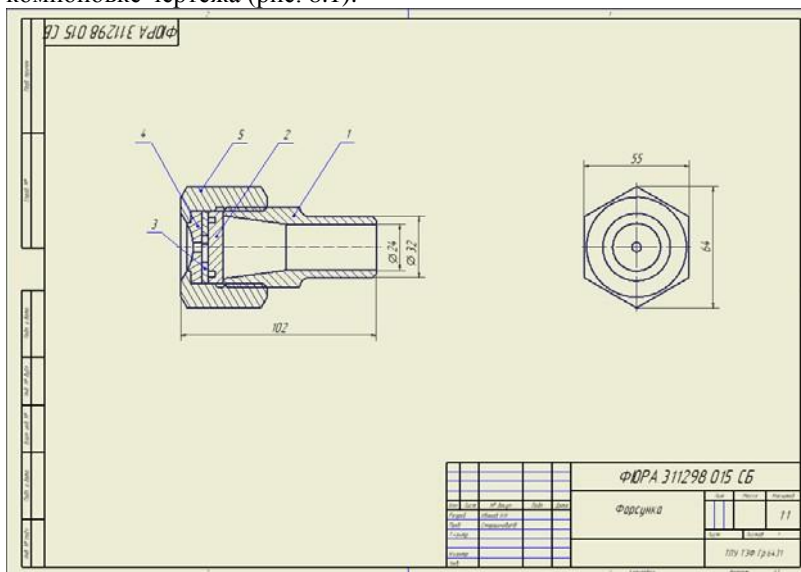


Рисунок 8.1 – Сборочный чертеж гидроциклона

## Шаг 1. Создание формата для чертежа





- Создайте новый файл из шаблона «Чертеж», для чего откройте файл  **ГОСТ.idw** в диалоговом окне **Открыть**.
- Измените набор инструментов на инструментальной палитре, для этого нажмите на кнопке **Виды чертежа** и из списка выберите **Поддержка ГОСТ**.
- На панели инструментов выберите команду **Формат**.
- В диалоговом окне **Формат** нажмите кнопку  **Редактировать основную надпись** и в диалоговом окне **Штамп** заполните поля, как показано на рис. 8.2.



Рисунок 8.2 – Диалоговое окно **Штамп**

- Нажмите кнопку **Ок** в окне **Штамп** и в окне **Формат** для вставки рамки и основной надписи.

## Шаг 2. Создание видовых изображений

- Измените набор инструментов на инструментальной палитре, для этого нажмите на кнопке **Поддержка ГОСТ** и из списка выберите **Виды чертежа**.
- Нажмите кнопку  **Главный вид** на панели инструментов.
- В диалоговом окне **Вид рисунка** (рис. 8.3) на закладке **Компонент** в строке **Файл** нажмите на кнопку обозревателя  и выберите файл «Сборка» (рис. 8.4), нажмите кнопку **Открыть**.

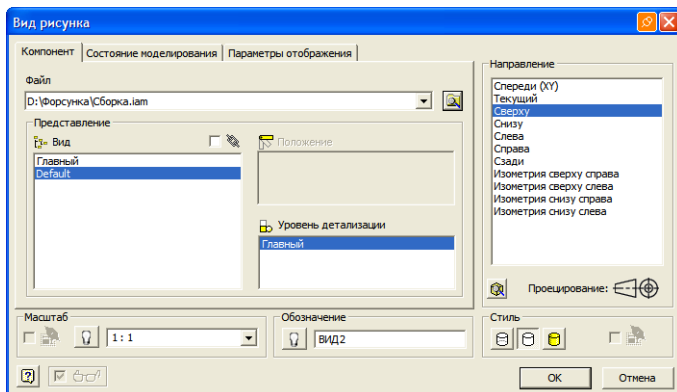


Рисунок 8.3 – Диалоговое окно **Вид рисунка**

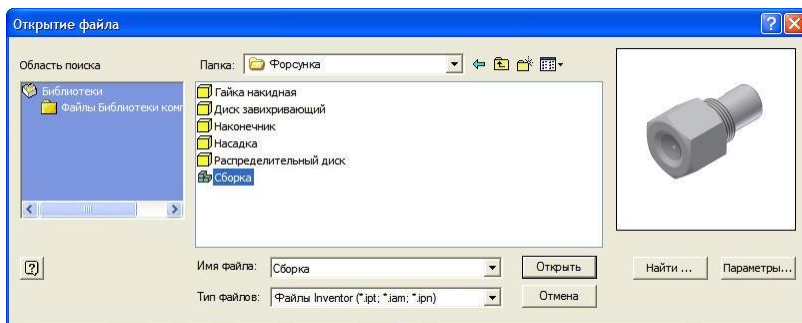


Рисунок 8.4 – Диалоговое окно **Открытие файла**

- В правой части окна, озаглавленной **Направление**, установите вид – **Сверху**, **Стиль** вида  **Без невидимых линий**, в поле **Масштаб** – **1**.
- Выведите курсор мыши за пределы диалогового окна **Вид чертежа**, расположите деталь так, как показано на рис. 8.5.
- После ориентации детали на листе, нажмите левую кнопку мыши, тем самым, зафиксировав деталь. На листе появляется один из видов форсунки.
- Выберите команду  **Сечение** и укажите курсором на существующий вид и кликните левой кнопкой мыши.
- Поместите курсор в центр изображения форсунки, пока курсор не превратится в зеленую точку (рис. 8.6, а).

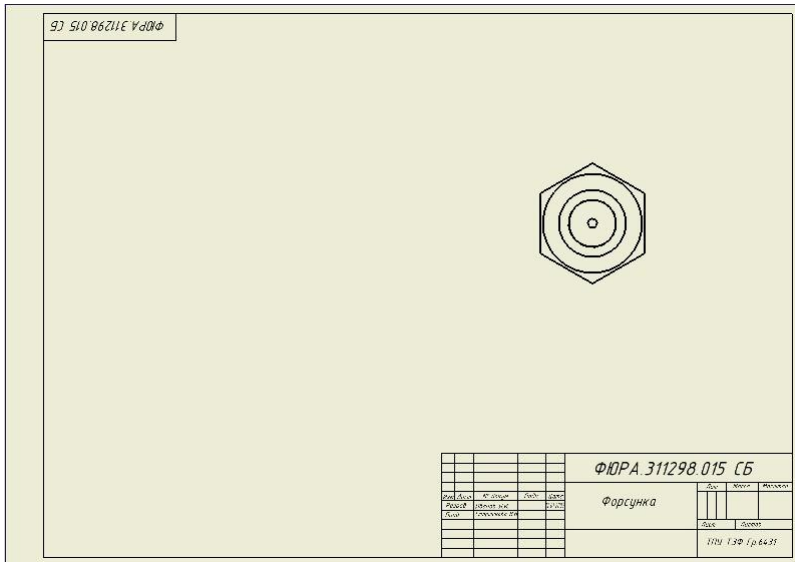
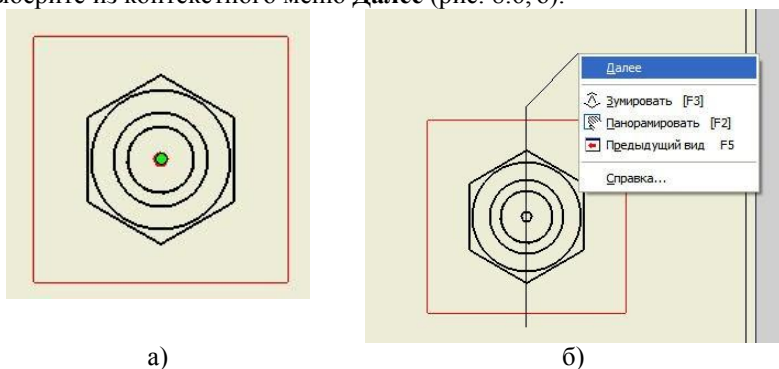


Рисунок 8.5 – Ориентация изображения детали на листе

- Не кликая, сдвиньте курсор вниз (за пределы вида) и кликните для указания точки сечения.
- Затем сдвиньте курсор вверх (за пределы вида), кликните для указания второй точки сечения.
- Сдвиньте курсор вправо, щелкните правой кнопкой мыши и выберите из контекстного меню **Далее** (рис. 8.6, б).



а)

б)

Рисунок 8.6 – Создание разреза

- В диалоговом окне **Сечение** установите параметры, как показано на рис. 8.7.

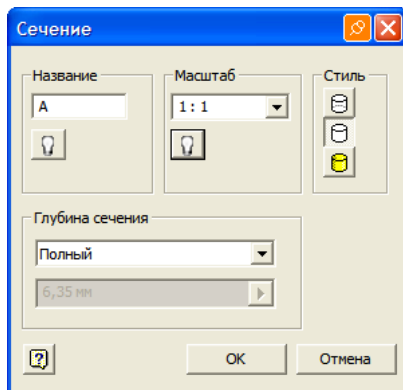


Рисунок 8.7 – Диалоговое окно **Сечение**

- Выведите курсор мыши на поле чертежа, расположите деталь так, как показано на рис. 8.8 и нажмите левую кнопку мыши.

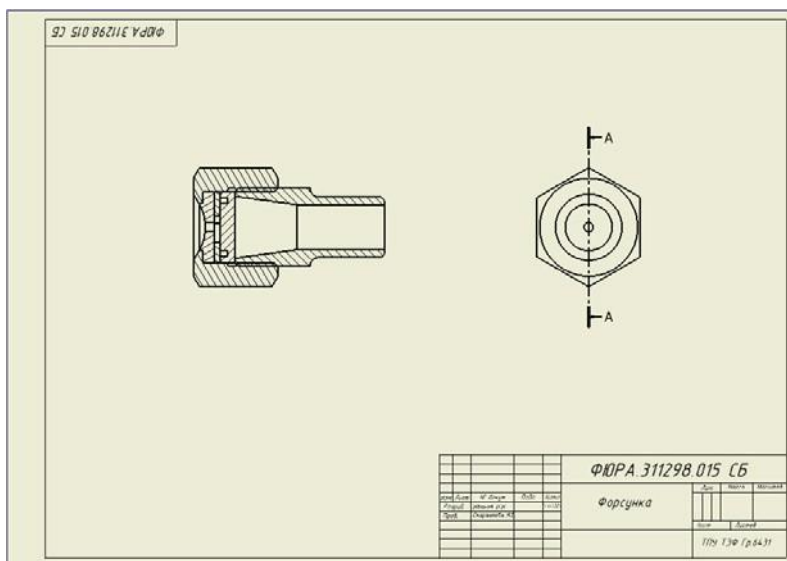



Рисунок 8.8 – Расположение изображений на листе

#### Шаг 4. Нанесение осевых линий и размеров

- Измените набор инструментов на инструментальной палитре, для этого нажмите на кнопке **Виды чертежа** и из списка выберите **Пояснительные элементы**.
- Для нанесения осевых линий изображений на панели инструментов нажмите кнопку  **Маркер центра**.
- Подведите курсор к контуру окружности вида слева и, когда она подсветится красным цветом, кликните левой кнопкой мыши. Появится маркер центра (рис. 8.9).

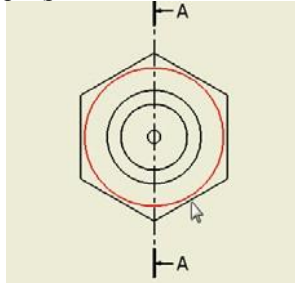



Рисунок 8.9 – Нанесение осевых линий

- Нажмите стрелку, расположенную справа от кнопки **Маркер центра**. В списке выберите команду  **Осевая линия**.
- На изображении главного вида установите курсор на правой кромке накидной гайки, пока она не подсветится красным цветом, а курсор превратится в зеленую точку.
- Повторите эту процедуру для левой кромки наконечника (рис. 8.10).

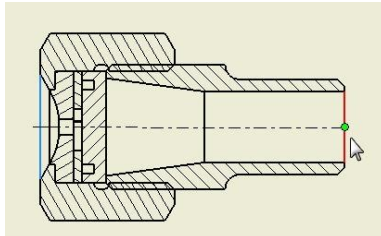


Рисунок 8.10 – Нанесение осевых линий

- Кликните правой кнопкой мыши и из контекстного меню выберите **Создать**.



- Вызовите команду **Размеры** на инструментальной палитре.
- Размеры проставляются следующим образом:
  - Чтобы добавить линейный размер для линии или ребра, кликните по нему для выбора этого элемента.
  - Для добавления линейного размера между двумя точками, двумя линиями или линией и точкой, кликните для выбора по каждой точке или линии.
  - Для добавления радиального или диаметрального размера кликните для выбора по дуге или окружности.
  - Для добавления углового размера выберите две линии, между которыми надо проставить размер.
  - Для добавления размера, основанного на пересечении, выберите две линии, задающие пересечение, выполните правый клик и выберите **Пересечение**, затем выберите другой элемент размера.
  - Для переноса размера – нажмите левую кнопку мыши на размере и, удерживая кнопку, перетащите мышь в нужном направлении.
  - Для удаления размера – выделите размер нажатием левой кнопки мыши, а затем нажмите кнопку **Delete** на клавиатуре.
  - Для добавления символа (например, знака диаметра) выполните правый клик и в контекстном меню выберите **Текст**. В диалоговом окне **Формат текста** нажмите на кнопку **Вставить символ** и из списка выберите необходимый знак (рис. 8.11).

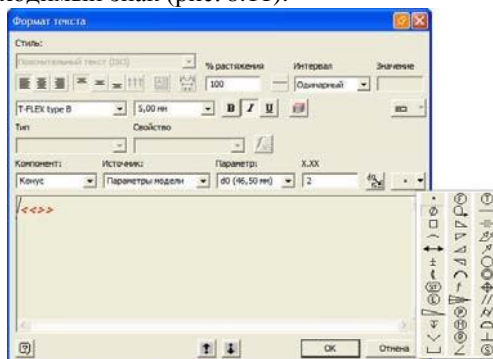




Рисунок 8.11 – Диалоговое окно **Формат текста**

- Поставьте все необходимые размеры (рис. 8.1).

## Шаг 6. Нанесение номеров позиций

- Нажмите стрелку, расположенную справа от кнопки  **Номер позиции** на инструментальной палитре и из списка выберите кнопку  **Автоумерация позиций**.
- Укажите курсором на фронтальный разрез.
- Наведите курсор на одну из деталей сборки, она подсветится красным цветом, и кликните левой кнопкой мыши.
- Таким же образом выделите все остальные детали.
- В диалоговом окне **Автоумерация позиций** в поле **Размещение** нажмите кнопку **Выбор размещения** и активизируйте переключатель **Горизонтально** (рис. 8.12).
- В поле **Отступ** введите значение 20 мм.

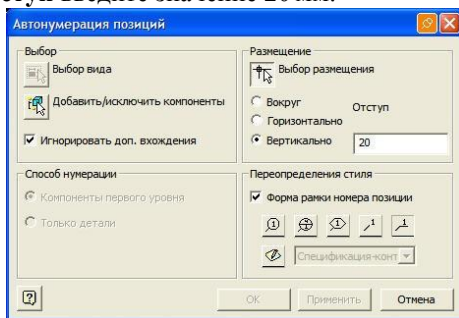




Рисунок 8.12 – Диалоговое окно **Автоумерация позиций**

- В поле **Переопределение стиля** поставьте галочку в окне **Форма рамки номера позиции** и нажмите кнопку  **Линейный**.
- Выберите на поле чертежа положение номеров позиций, нажав левой кнопкой мыши.
- Завершите команду, нажав на кнопку **ОК**.
- Откорректируйте положение стрелок, разместив их таким образом, чтобы выносные линии не пересекались между собой и с размерными линиями.

## Шаг 7. Создание спецификации

- Измените набор инструментов на инструментальной палитре, для этого нажмите на кнопке **Пояснительные элементы** и из списка выберите **Поддержка ГОСТ**.

- Нажмите кнопку  **Спецификация**. При этом появится диалоговое окно **Редактор спецификации** (рис. 8.13).

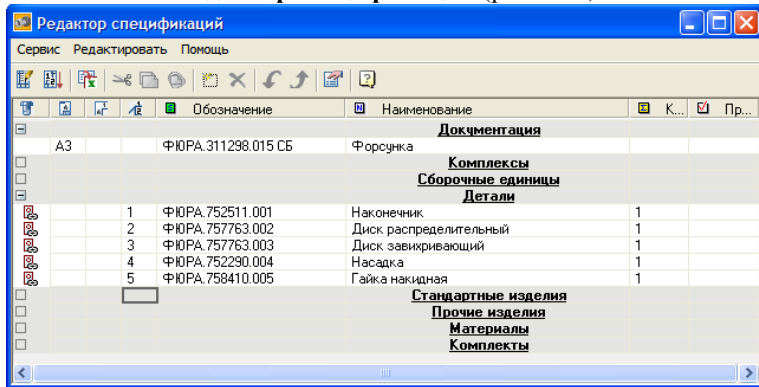


Рисунок 8.13 – Диалоговое окно Редактор спецификации

- В меню **Сервис** выберите **Экспортировать в Excel**, в окне **Заголовок чертежа** установите параметры и нажмите кнопку **Ок**.
- Откроется табличный редактор Microsoft Excel с готовой спецификацией (рис. 8.14).

Кол-во	Обозначение	Наименование	Кол-во
	А3	ФЮРА.311298.015 СБ	Форсунка
<b>Документация</b>			
<b>Детали</b>			
1	ФЮРА.752511.001	Наконечник	1
2	ФЮРА.757763.002	Диск распределительный	1
3	ФЮРА.757763.003	Диск захватывающий	1
4	ФЮРА.752290.004	Насадка	1
5	ФЮРА.758410.005	Гайка наконечная	1
<b>Стандартные изделия</b>			

Рисунок 8.14 – Спецификация

- При необходимости можно откорректировать спецификацию.

## **9. Задание на выполнение индивидуального задания**

Заключительным этапом лабораторной работы является выполнение индивидуального задания по созданию твердотельной модели и ее сборочного чертежа. Варианты заданий представлены в приложении А.

## **10. Оформление отчета**

Отчет по лабораторной работе составляется общий на подгруппу, при этом каждому студенту необходимо разработать отдельный элемент проектируемого изделия.

Оформление текстовой части отчета выполняется в соответствии с общими требованиями СТО ТПУ 2.5.01-2006, а графической части – в соответствии с требованиями, предъявляемыми к конструкторской документации (ЕСКД).

Форма титульного листа отчета должна соответствовать приложению Б.

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие разделы:

- 1) Введение;
- 2) Цели и задачи работы;
- 3) Описание конструкции проектируемого изделия и его геометрические характеристики;
- 4) Спецификация;
- 5) Сборочный чертеж изделия;
- 6) Чертежи деталей, входящих в состав сборочной единицы.

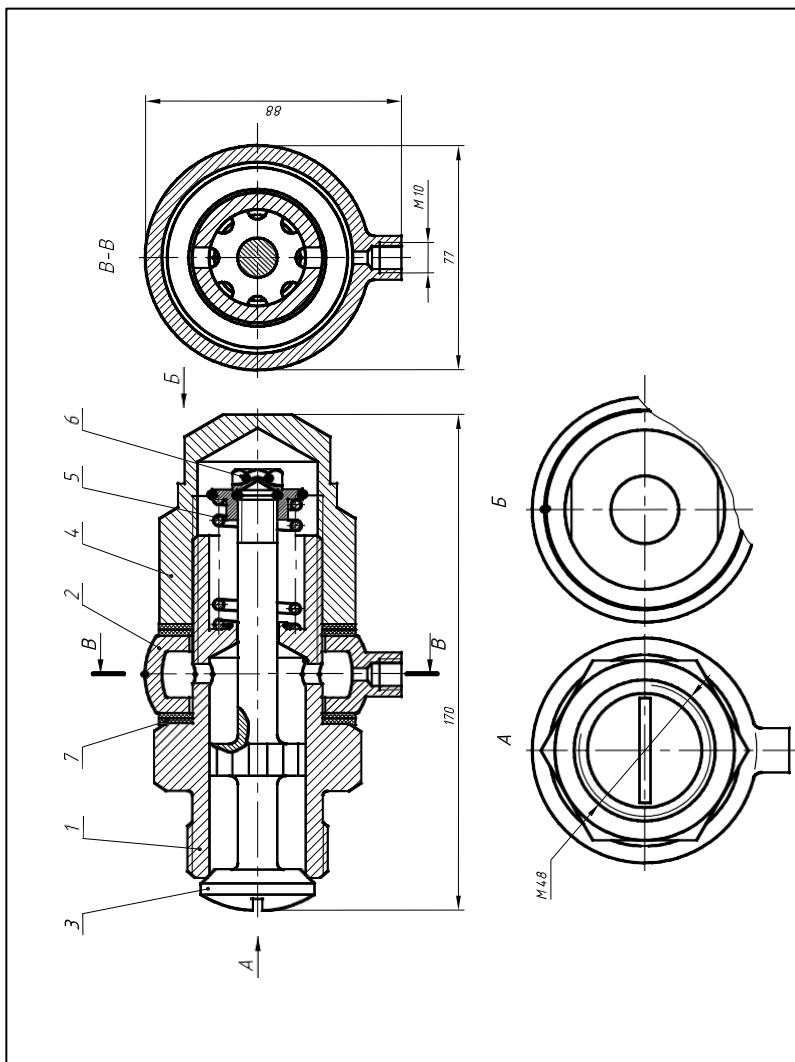
## **11. Литература**

- 11.1. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE): пер. с англ. / К. Ли. – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.;
- 11.2. Дэниэл Т. Банах, Autodesk Inventor: пер. с англ. / Д. Т. Банах, Т. Джонс, А. Д. Каламейя. – М.: Лори, 2006. — 714 с.: ил.

## Приложение А

По чертежу общего вида выполнить твердотельную модель, сборочный чертёж изделия, спецификацию и чертежи деталей.

### Вариант 1



Вариант 2

