



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»(ДГТУ)

**ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДОВ»**

Ростов-на-Дону

2024

## Занятие 1

### Создание детали «вал» в КОМПАС-3D

**Цель работы** – приобрести навыки и приемы проектирования с графическими документами в среде КОМПАС-3D .

**Оборудование:** ПК с установленным пакетом «Компас».

**Порядок выполнения работы:**

1. На приведенных примерах изучить действие команд и построение чертежа системы Компас.
2. Получить у преподавателя индивидуальные задания для выполнения практической части работы.
3. Создать трехмерную модель согласно полученному заданию.
4. Создать дополнительные детали необходимые для сборки, согласно заданию преподавателя.
5. Продемонстрировать результат работы преподавателю.
6. Получить распечатку результатов выполнения работы.
7. Оформить отчет по лабораторной работе.

**Содержание отчета:**

1. Цель работы.
2. Электронная версия результатов построения
3. Выводы.

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение вспомогательных линий в Компас.
2. Параметры команд в Компас.
3. Алгоритм построения детали в пакете Компас.
4. Основные команды 3d моделирования доступные в Компас.
5. Основные сопряжения доступные в Компас.
6. Алгоритм создания детали в Компас.


**ПРИМЕР:**

**Последовательность создания детали «вал» в КОМПАС-3D**

Рассмотрим вал, представленный на рис. 1. Для построения вала в 3D необходимо выполнить следующие действия:

Запустить КОМПАС 3D , создание 3D модели детали.

Для создания новой детали выполним команду «*файл – создать*» или

 на панели «стандартная». В окне «новый документ» укажем тип создаваемого документа «Деталь» и нажмем кнопку ОК (рис. 2).

На экране появилось окно новой детали. На панели «вид» нажмем кнопку «списка» справа от кнопки «ориентация» и укажем вариант «изометрия XYZ».

Для входа в режим определения свойств детали щелкнем правой кнопкой мыши в любом пустом месте окна модели. Из контекстного меню выполним команду «свойства модели» (рис. 3)

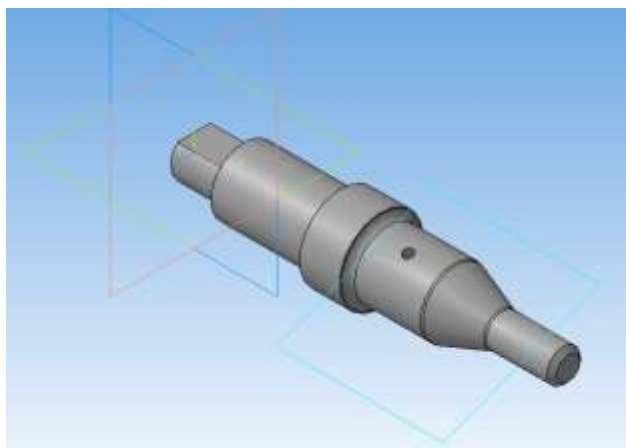


Рис.1. Деталь «Вал»

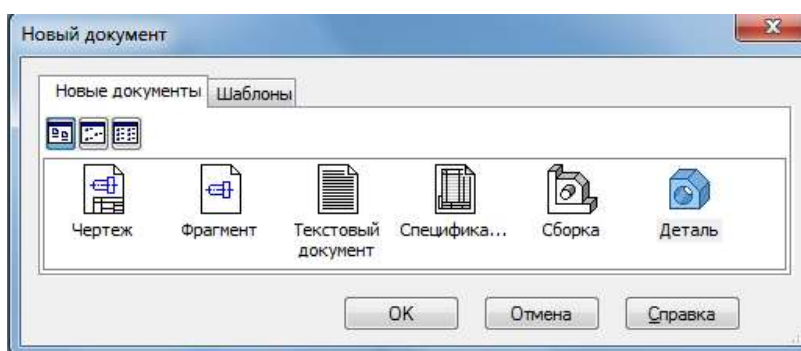


Рис. 2. Окно выбора типа документа

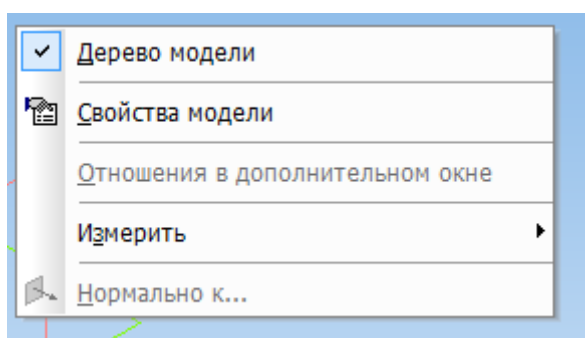






Рис. 3. Окно свойств модели

Щелкнем в поле «обозначение» и введем обозначение детали. Щелкнем мышью в поле «наименование» и введем наименование детали «Корпус». Раскроем список «цвет» и определим цвет детали (рис. 4).

Для определения материала, из которого изготовлена деталь, откройте вкладку «параметры МЦХ».

На панели Наименование материала нажмите кнопку *Выбрать из списка материалов*  (рис. 5).

В окне «Плотность материалов» укажите сплав ЛС59-1. Для выхода из режима определения свойств детали с сохранением данных нажмите кнопку «Создать объект» . Нажмите кнопку «Сохранить» .

В Дереве модели раскройте "*ветвь*" Начало координат щелчком на значке  слева от названия ветви, и укажите «Плоскость XY» (фронтальная плоскость). Пиктограмма плоскости будет выделена цветом.

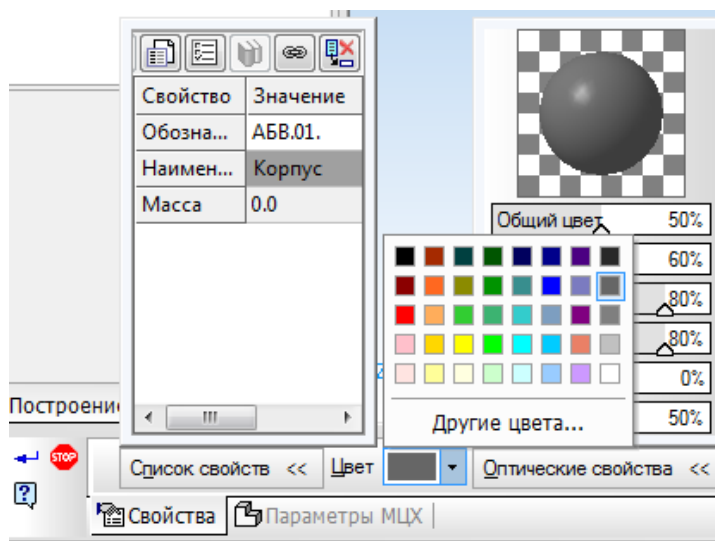


Рис. 4. Окно выбора цвета детали

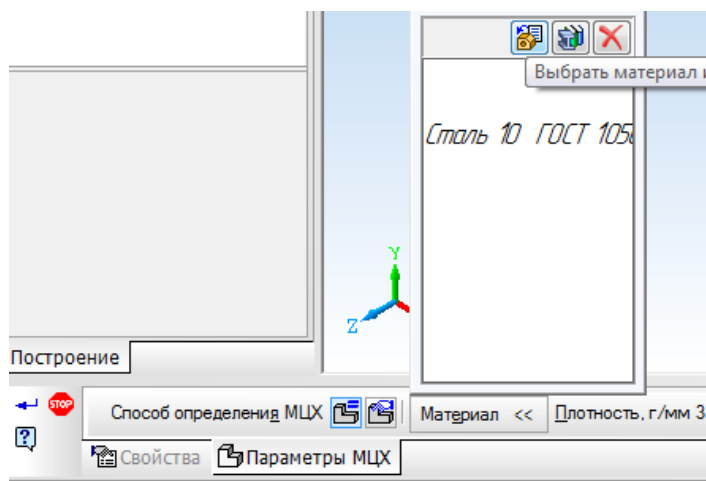






Рис. 5. Окно выбора материала



Далее выбрать команду «деталь»  *Деталь*, которая открывает окно создания 3D детали. В открывшемся окне, в дереве модели выбираем ПЛОСКОСТЬ ZX, и нажимаем на нее левой кнопкой мыши, выбирая команду «Эскиз» .

Далее необходимо построить эскиз детали (вала). Для этого необходимо выбрать команду «непрерывный ввод»  на панели «геометрия» . Указываем положение первой точки в начале координат и вычерчиваем эскиз, показанный на рис. 6.

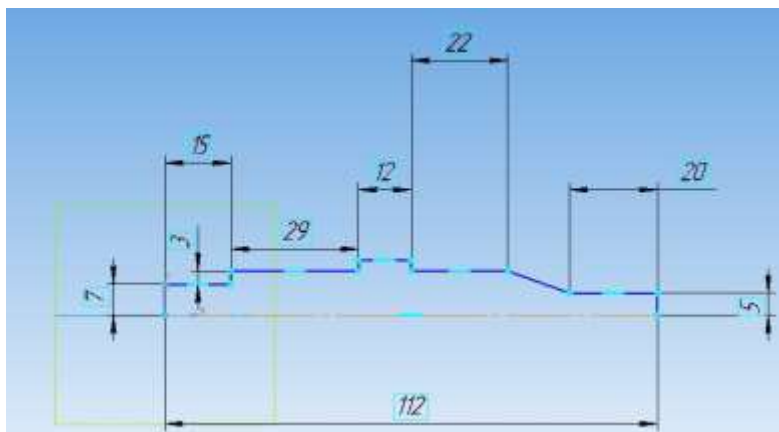



Рис. 6.

Для более быстрого проектирования в пакете Компас предусмотрен ввод объектов в параметрическом режиме. Главное — нарисовать эскиз с нужным количеством ступеней приблизительно необходимых размеров. А затем, если нужно изменить размеры, выбираем команду «Автора размер» , выделяем нужное расстояние и вводим нужное нам значение, и программа автоматически меняет размер на необходимый. Для того, чтобы появилась возможность редактировать размер прямо при их расстановке, обязательно необходимо, чтобы был включен «параметрический режим» на главной панели инструментов (рис. 7).

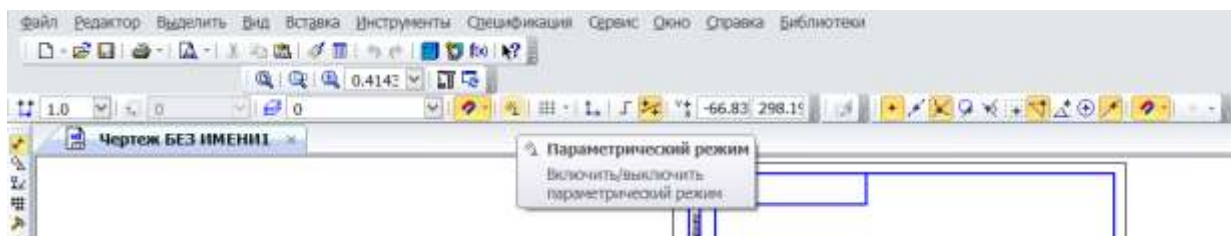





Рис. 7. Включение параметрического режима

Вал - это тело вращения, а значит, на эскизе должна присутствовать ось. Для этого нужно выбрать один из отрезков, нажать на него левой кнопкой мыши и выбрать нужный нам стиль, в данном случае осевой (рис. 8). На этом эскиз тела завершен. Закрываем «эскиз» . Переходим непосредственно к созданию тела вращения. Для этого нужно на панели «редактирования детали»  выбрать команду «операция вращения» .

Затем выбираем команду «сфероид» на панели редактирования «операции вращения» (рис. 9).

Следующим шагом, выбираем команду «тонкая стенка», и устанавливаем флажок на вкладке, как показано на рис. 10. В результате появится предварительное изображение вала (рис. 11).

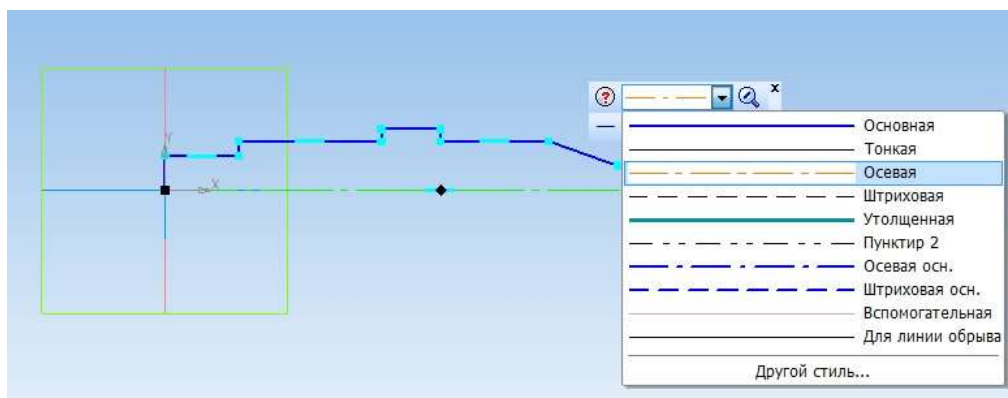


Рис. 8. Построение эскиза

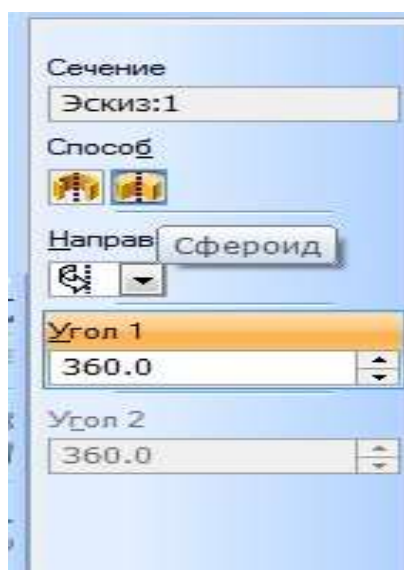


Рис. 9. Выбор параметров «операция вращения»

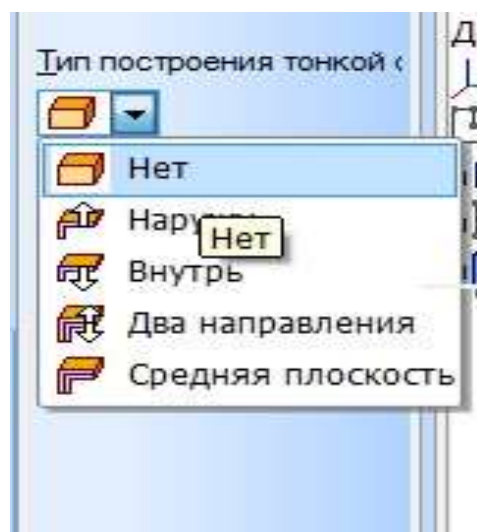


Рис. 10. Выбор параметров «операция вращения»

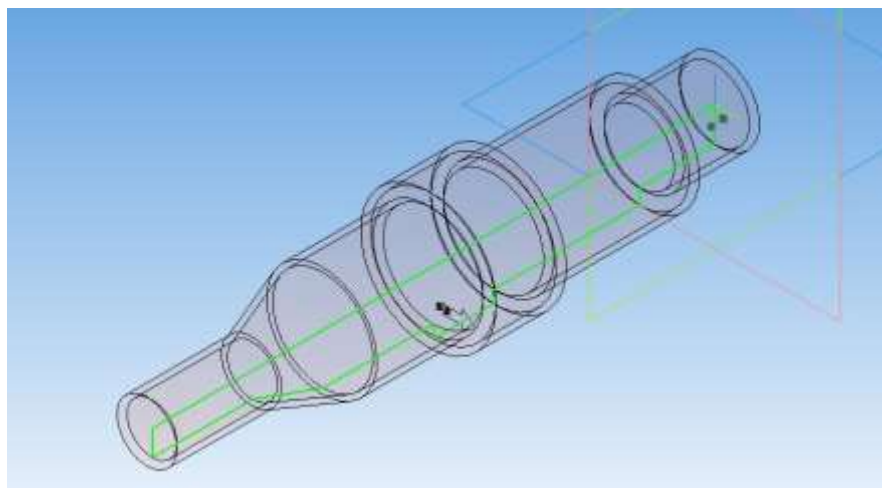



Рис. 11. Предварительное изображение перед выполнением операции вращения

Нажимаем кнопку «создать объект» , результат выполненной операции указан на рис. 12.

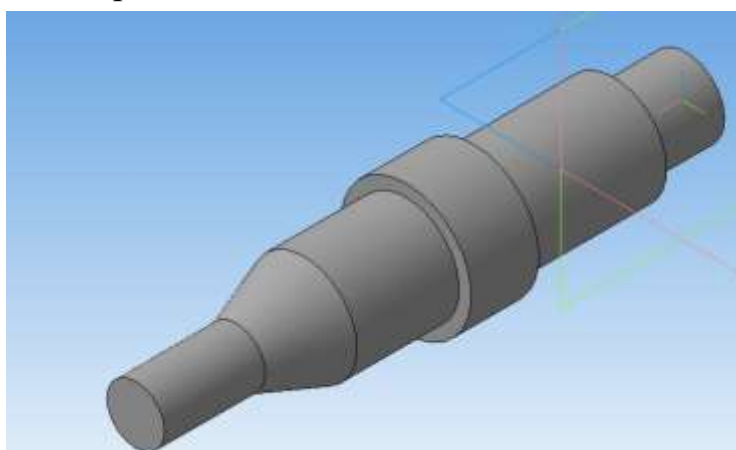


Рис. 12. Результат операции вращения

На панели редактирования выбираем команду «фаска», как показано на рис. 13.

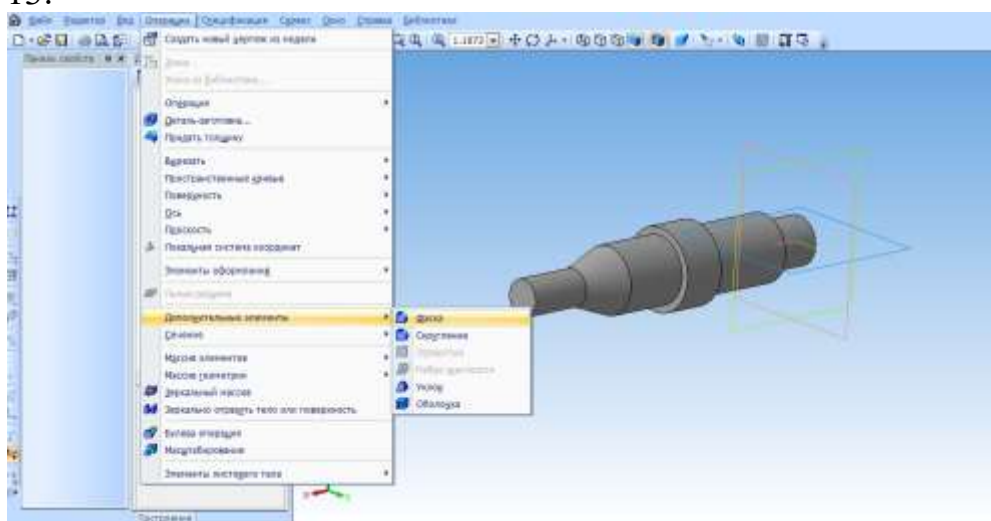


Рис. 13. Выбор команды «фаска»



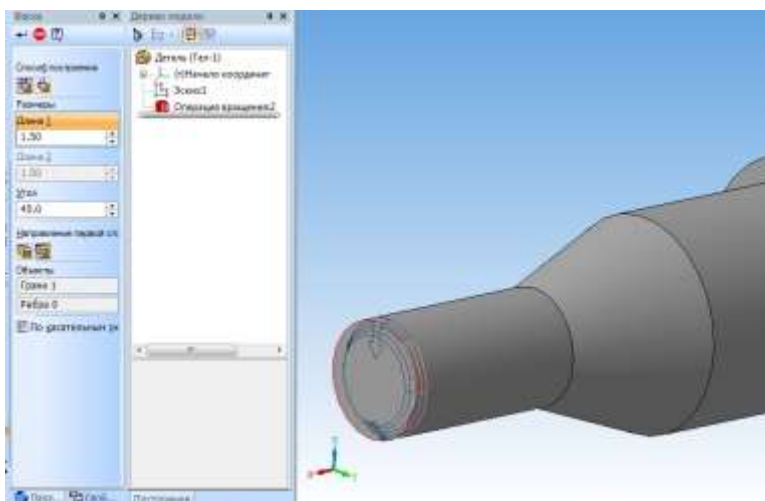



Рис. 14. Предварительное изображение перед выполнением проектной процедуры «фаска»

Выбираем плоскость, на которой нужно построить фаску, вводим ее длину 1.5 мм и нажимаем «построить»  (рис. 14).

В результате получается изображение, показанное на рис. 15.

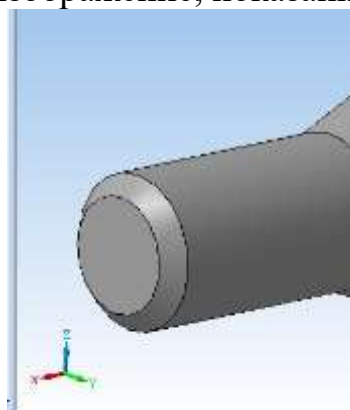


Рис.15. Результат выполнения проектной процедуры «фаска»

Построим на одном из концов вала фазохвостовое соединение. Для этого необходимо усечь часть вала, выделенного на рис. 16.

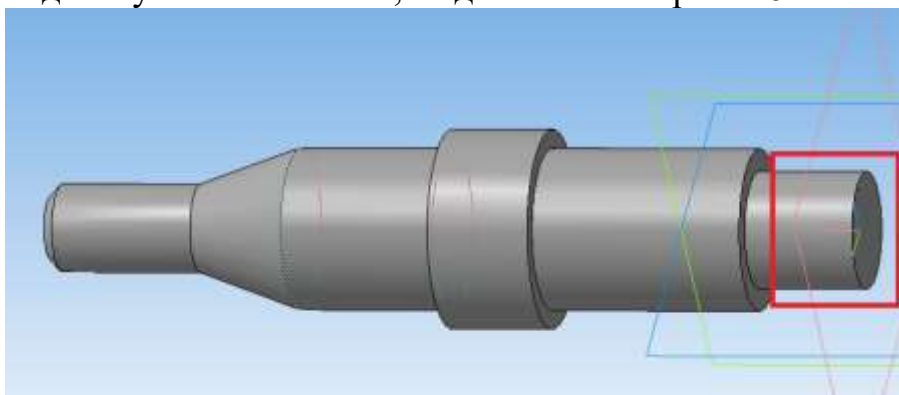


Рис. 16. Усекаемая часть вала

Поворачиваем вал таким образом, чтобы создать эскиз нужной плоскости, например, как показано на рис. 17.



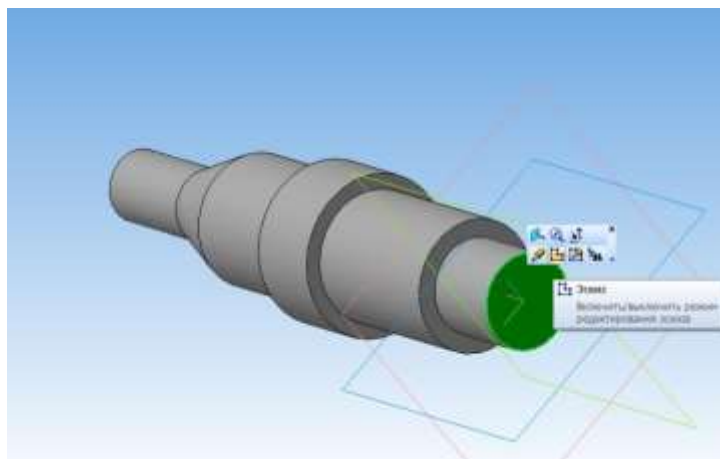


Рис. 17. Выбор плоскости вала

В редакторе эскиза, необходимо построить эскиз объекта, который предстоит вырезать. Для начала построим вспомогательные линии, как это показано на рис. 18.

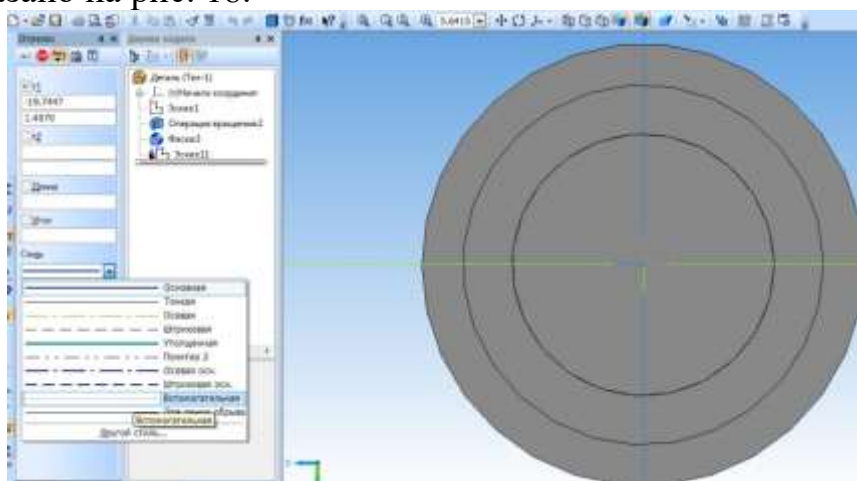


Рис. 18. Построение вспомогательной геометрии

Далее строим эскиз с помощью типовой проектной процедуры «дуга» и «отрезок», как это показано на рис. 19.

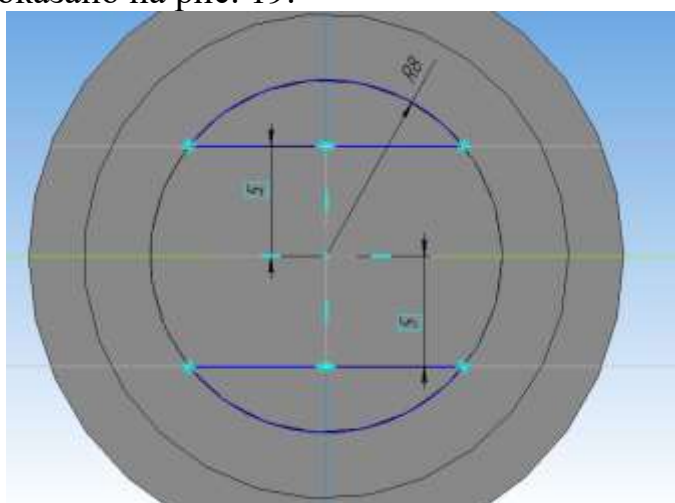


Рис. 19. Построение эскиза

Теперь переходим непосредственно к вырезанию выдавливаем, выбираем команду «Операции→Вырезать→Выдавливанием» (рис. 20).

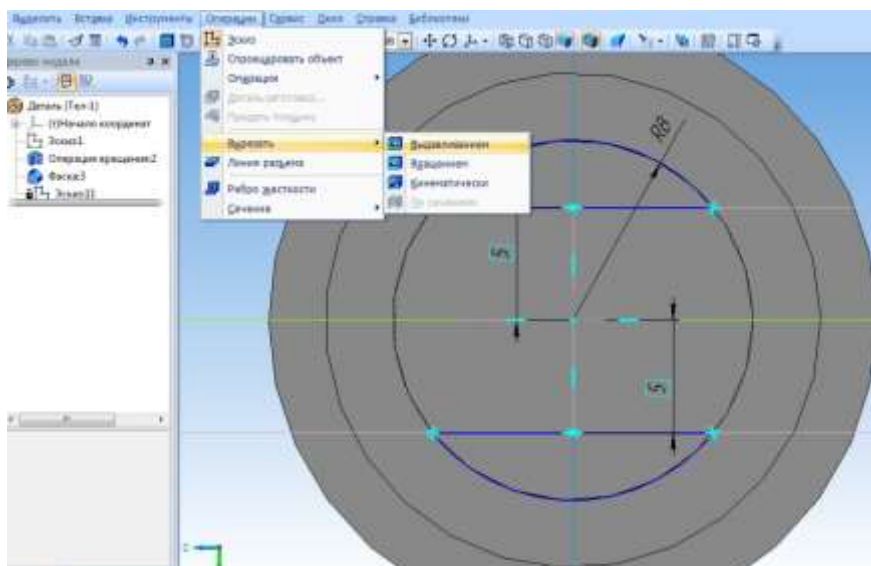



Рис. 20. Выбор операции «выдавливание»

Вводим расстояние, на которое нам необходимо вырезать деталь, в данном случае расстояние 15 мм. И нажимаем «построить» . Результат операции показан на рис. 21-22.

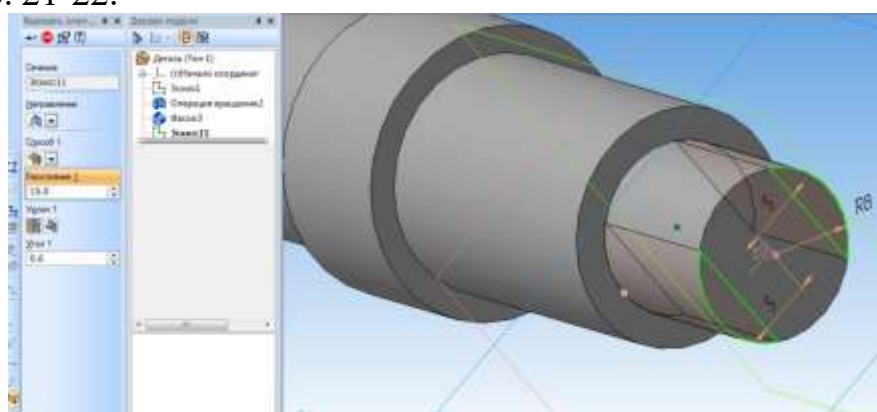


Рис.21. Предварительное изображение операции выдавливание

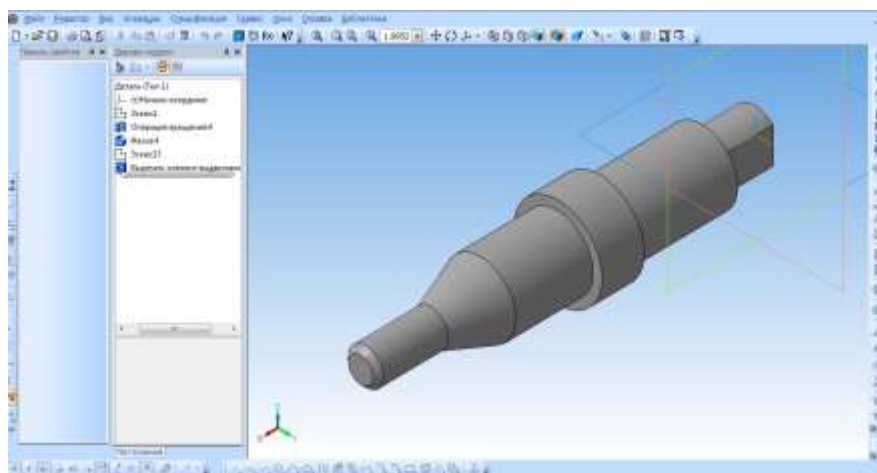


Рис. 22. Результат выполнения операции выдавливание

Свойства | Область | Среда | Доска | Область

Зеркало

Создать новый объект из модели

Зона

Зона из библиотеки...

Отгрузка

Деталь-заготовка...

Прислать топологию

Варианты

Пространственные данные

Поверхность

Ось

Профиль

Локальная система координат

Элементы оформления

Линии скелета

Дополнительные элементы

Сечение

Массив элементов

Массив сдвинутый

Зеркальный массив

Зеркальное отображение тела или поверхности

Булевы операции

Модуль/обработка

Элементы вывода тела

Доска

Среда/шаблон


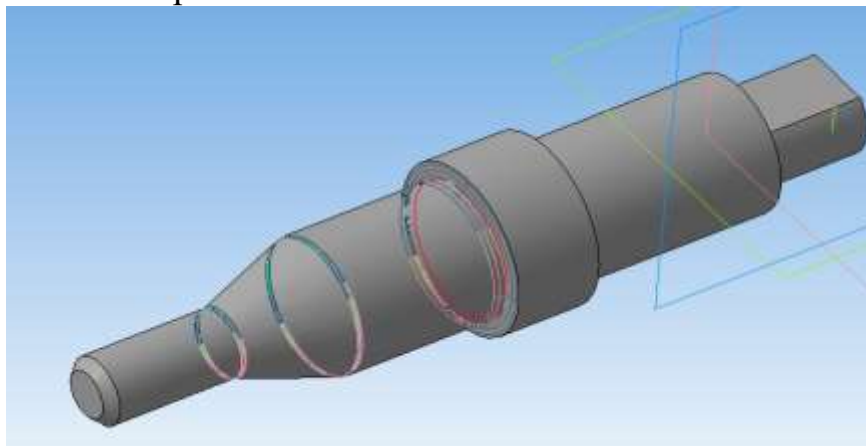
Ориентация

Рабочая геометрия

Уровень

Область

Выбираем нужные нам грани, вводим радиус скругления 2 мм. Результат операции представлен на рис. 24-25.

A 3D CAD model of a mechanical assembly. It features a long, grey cylindrical shaft with a hexagonal end on the right. A blue wireframe box is positioned around the hexagonal end, likely representing a bounding box or a specific feature set. The background is a light blue gradient.

12

Далее необходимо построить отверстие для штифтового соединения. Для этого нужно построить вспомогательную плоскость. Выбираем плоскость «касательная к грани» в точке, как показано на рис. 26.

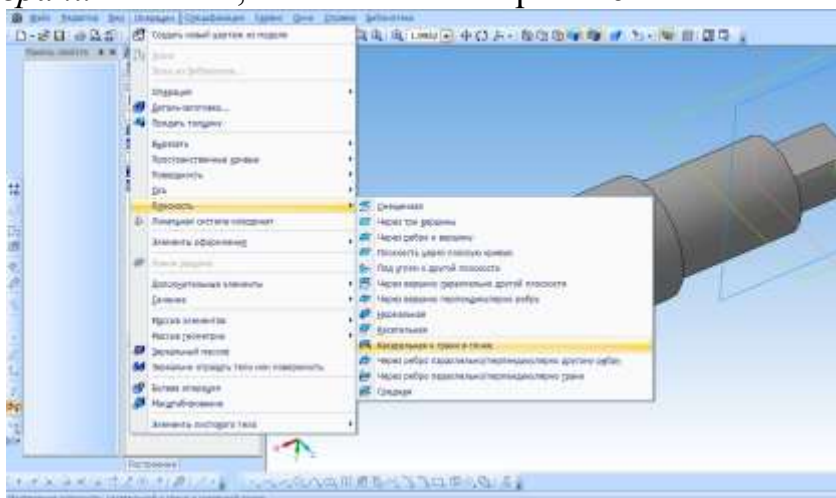


Рис. 26. Построение вспомогательной геометрии

После чего, выбираем точку на нужной грани, нажимаем клавишу «создать», и в итоге получаем вспомогательную плоскость (рис. 27).

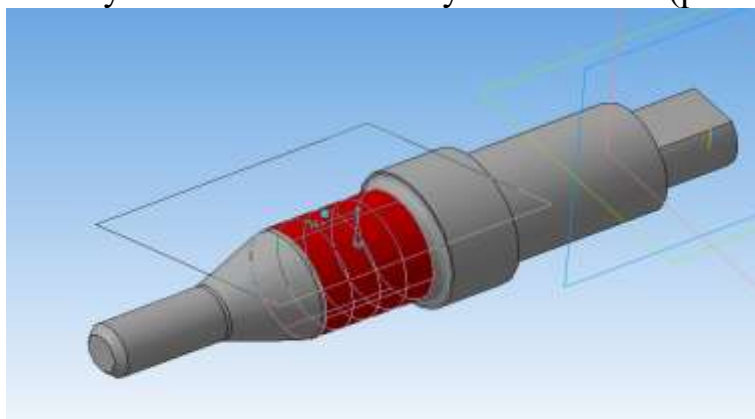



Рис. 27. Построение вспомогательной геометрии

Построим эскиз на созданной ранее плоскости. Выделяем плоскость и выбираем команду «эскиз» . Создаем эскиз как показано на рис. 28.

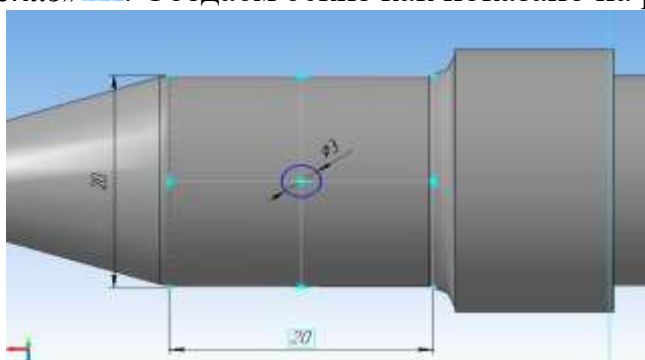


Рис. 28. Построение эскиза

Выбираем команду «вырезать выдавливанием», указывая на созданное отверстие. Способ построения – «через все» (рис. 29). Результат операции выдавливания представлен на рис. 30.

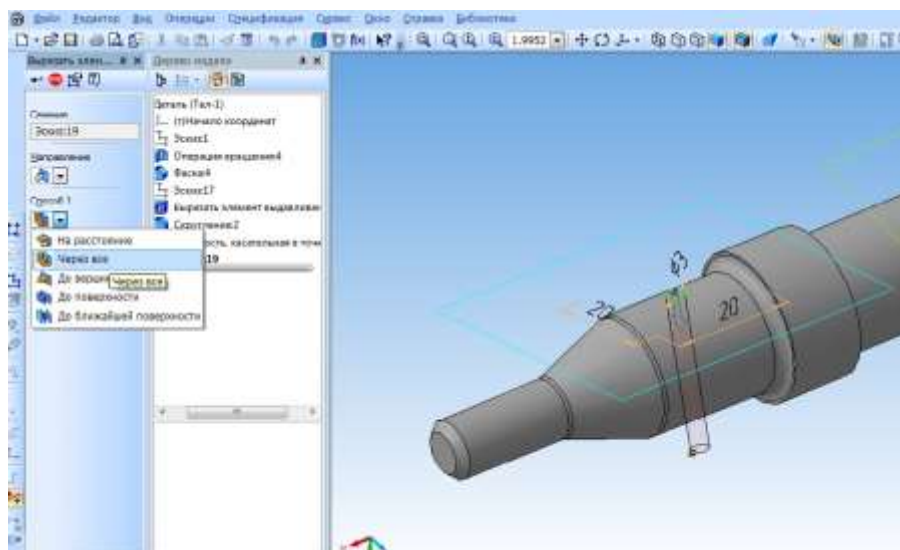


Рис. 29. Предварительный результат выполнения процедуры «вырезать выдавливанием»

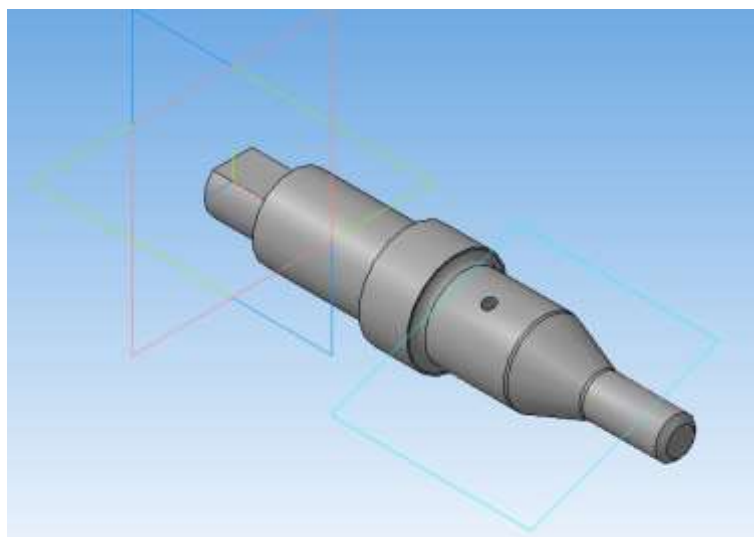


Рис. 30. Результат выполнения процедуры «вырезать выдавливанием»

## Занятие 2

### Создание детали «Втулка» и «Штифт» в КОМПАС-3D

**Цель работы** – приобрести навыки и приемы проектирования с графическими документами в среде КОМПАС-3D.

**Оборудование:** ПК с установленным пакетом «Компас».

**Порядок выполнения работы:**

1. На приведенных примерах изучить действие команд и построения чертежа системы Компас.
2. Получить у преподавателя индивидуальные задания для выполнения практической части работы.
3. Создать трехмерную модель согласно полученному заданию.

4. Создать дополнительные детали, необходимые для сборки согласно заданию преподавателя.

5. Продемонстрировать результат работы преподавателю.

6. Получить распечатку результатов выполнения работы.

7. Оформить отчет по лабораторной работе.

**Содержание отчета:**

1.Цель работы.

2.Электронная версия результатов построения

3. Выводы.

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение вспомогательных линий в Компас.

2.Параметры команд в Компас.

3.Алгоритм построения детали в пакете Компас.

4.Основные команды 3d моделирования доступные в Компас.

5.Основные сопряжения доступные в Компас.

6.Алгоритм создания детали в Компас.

**ПРИМЕР:**

**Создание детали «Втулка» в КОМПАС-3D**

Рассмотрим процесс создания втулки , показанной на рис. 1.

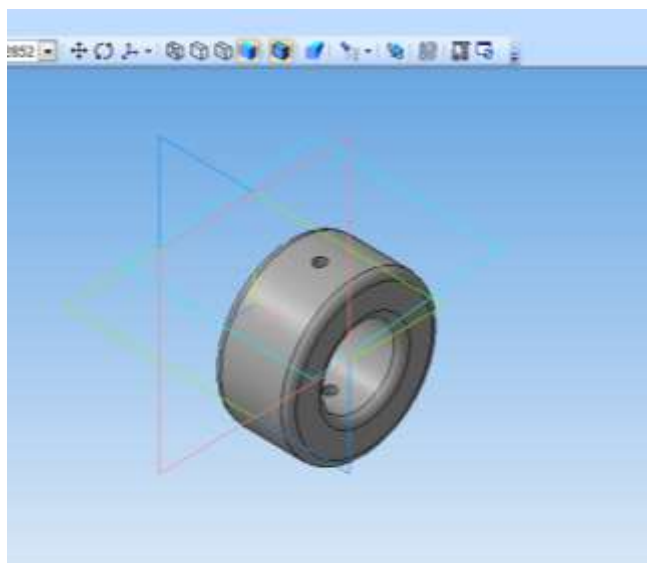



Рис. 1. Деталь «Втулка»

Для построения втулки в 3D Компас необходимо выполнить следующие действия.

Создаем эскиз на плоскости ZX . Чертим эскиз втулки, так как показано на рис. 2.



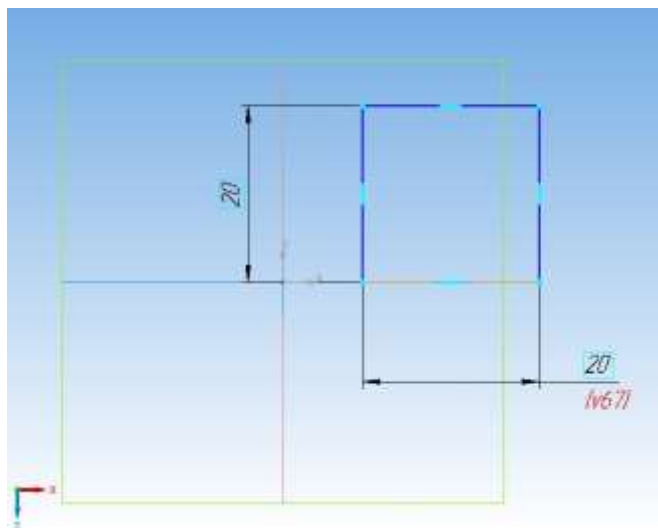


Рис. 2. Построение эскиза

После построения эскиза выбираем операцию «*вращение*». Результат операции представлен на рис. 3.

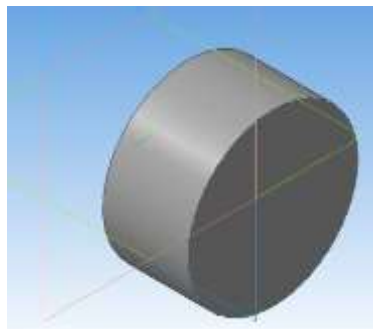



Рис.3. Результат выполнения операции «*вращение*»

Нажимаем на клавишу «*эскиз*» , для того чтобы получить отверстие. Строим на эскизе окружность диаметром 20 мм. После чего выбираем команду «*вырезать выдавливанием*» рис. 4

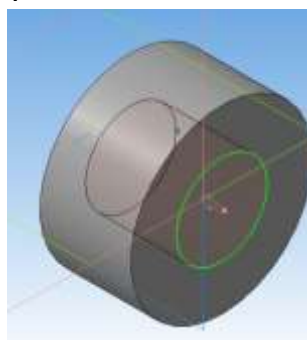



Рис. 4. Предварительное изображение операции «*вырезать выдавливанием*»

Необходимо построить отверстие для штифта. Для этого нужно построить вспомогательную плоскость «*касательную к грани в точке*». На построенной плоскости необходимо построить эскиз. Выделяем плоскость и выбираем



команду «эскиз» . Переходим к построению эскиза. Создаем эскиз, как показано на рис. 5.

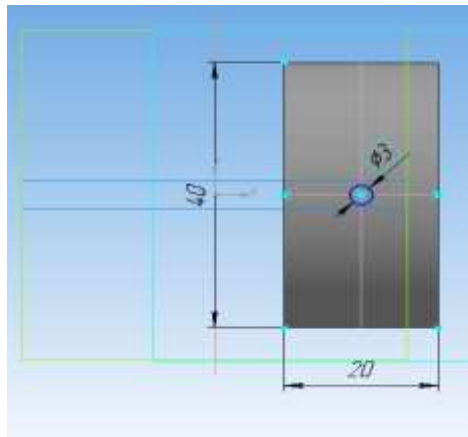


Рис.5. Построение эскиза

Выбираем команду «вырезать – выдавливанием». Результат проектной процедуры показан на рис. 6.

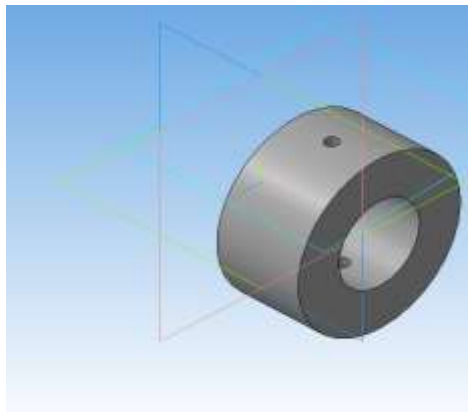


Рис. 6. Результат операции «вырезать выдавливанием»

Построим скругления граней радиусом 2 мм, как показано на рисунке 7.

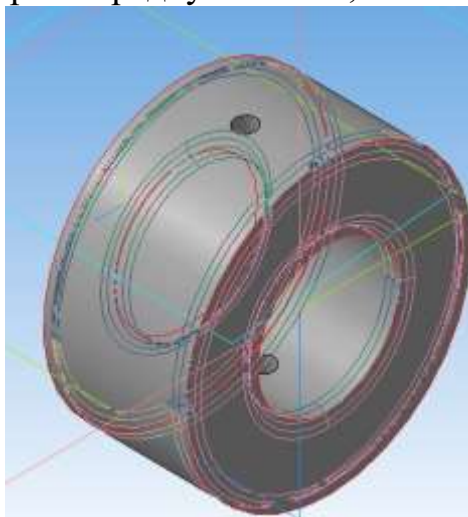


Рис. 7. Предварительное изображение операции «скругление»

В результате чего, получаем готовую деталь - втулка, представленную на рис. 8.

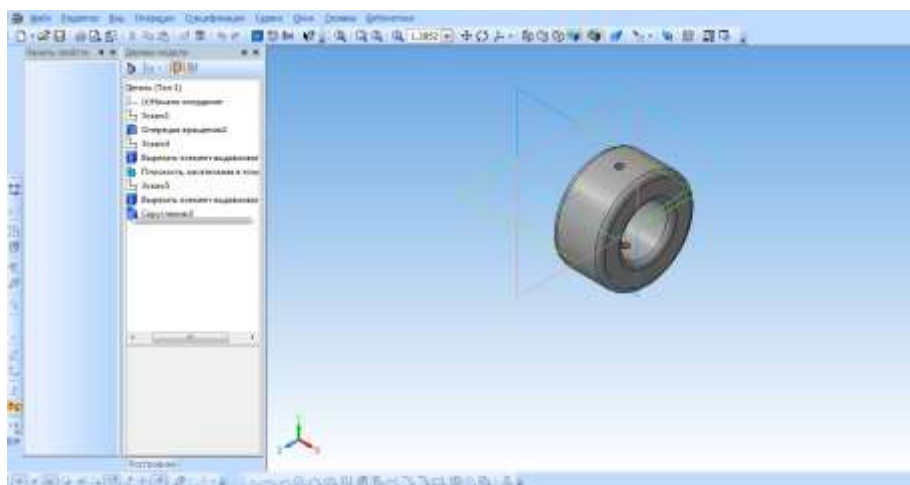


Рис. 8. Результат выполненных построений детали «втулка»

После построения эскиза выбираем операцию «*вращение*». Результат операции представлен на рис. 9.

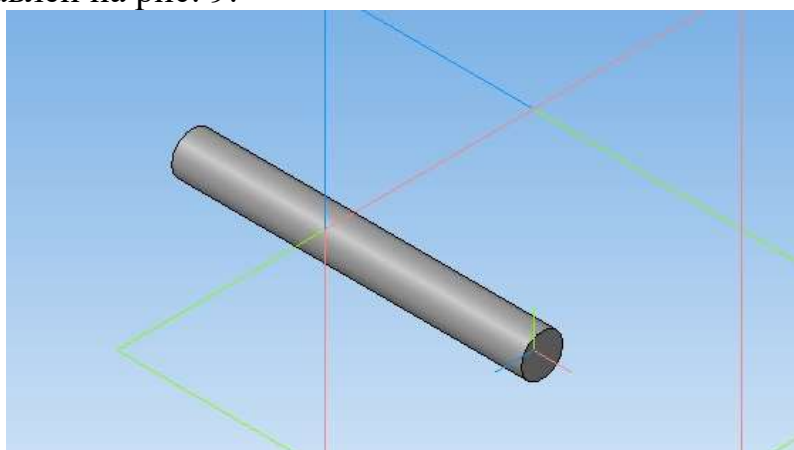


Рис. 9. Результат выполнения операции «*вращение*»

Строим фаски длиной 0.5 мм, как показано на рис. 10.



Рис. 10. Результат выполнения операции «*фаска*»

### **Занятие 3**

#### **ПОСТРОЕНИЕ 3D МОДЕЛИ ПРИБОРА В КОМПАСЕ 3D**

**Цель работы** – приобрести навыки и приемы проектирования с графическими документами в среде КОМПАС-3D.

**Оборудование:** ПК с установленным пакетом «Компас».

**Методические указания.** Проектирование изделия в Компас состоит из нескольких этапов: выбор конструктивной плоскости для создания двумерного эскиза, преобразование эскиза в твердотельный элемент, формирование детали из различных элементов, компоновка созданных деталей в сборку. При этом гибкие инструменты конструктора Компас позволяют изменять значения любого размера, накладывать взаимосвязи на взаимное расположение объектов в течение всего процесса проектирования. Процесс создания трехмерных моделей основан на принципах добавления и снятия материала, аналогичных методам реальных технологических процессов. В данном задании содержатся инструкции по созданию модели в Компас. КОМПАС-3D — одна из самых популярных САД-систем на рынке России и стран ближнего зарубежья. Возможности системы обеспечивают решение всех основных задач промышленных предприятий и проектных организаций в области моделирования узлов, агрегатов (а теперь и промышленно-строительных конструкций), выпуска проектно-конструкторской документации.

Система КОМПАС-3D является основой автоматизации тысяч промышленных предприятий и проектных организаций России и других стран. Оптимальное соотношение «стоимость/функциональность», легкость освоения, учет особенности проектирования и методик работы отечественных конструкторов, мощная региональная сеть АСКОН по внедрению и поддержке решений — вот факторы, позволяющие предприятиям в короткие сроки повысить эффективность производственной и проектной деятельности с помощью САД-решения

В качестве обучающего примера в данной работе будет показан процесс создания модели калькулятора. С некоторыми допущениями модель будет полностью повторять особенности реального калькулятора.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Приобрести навыки процесса сборки в системе Компас.
2. На приведенных примерах изучить действие команд сборки и построения чертежа системы Компас.
3. Получить у преподавателя индивидуальные задания для выполнения практической части работы.
4. Создать трехмерную модель согласно полученному заданию.
5. Создать дополнительные детали необходимые для сборки согласно заданию преподавателя.
6. Продемонстрировать результат работы преподавателю.
7. Получить распечатку результатов выполнения работы.
8. Оформить отчет по лабораторной работе.

## **Содержание отчета:**

- 1.Цель работы.
- 2.Результаты выполнения работы в виде распечатки трехмерной модели сборки.
- 3.Электронная версия результатов построения сборки
4. Выводы.

## **Контрольные вопросы:**

1. Назначение штрихпунктирных линий в Компас
- 2.Параметры команды «Линейный массив»
- 3.Алгоритм построения корпуса в Компас
- 4.Основные отношения доступные в Компас
- 5.Основные сопряжения доступные в Компас
- 6.Алгоритм создания сборки в Компас

## **ПРИМЕР:**

### **1 ОСОБЕННОСТИ ОБЪЕКТА-ПРОТОТИПА**

Для создания модели был выбран калькулятор CITIZEN ELS-302, работающий от солнечных батарей (рис. 1).



Рис. 1. Калькулятор - прототип.

При всей своей кажущейся простоте, он имеет ряд трудно реализуемых элементов:

- Кнопки «сброса \ работы с памятью» имеют как довольно сложную форму, так и не совсем «явное» расположение на панели калькулятора (забегая вперед, скажу что для их правильного расположения пришлось строить сложную систему перпендикуляров и параллельных прямых). К тому же, кнопка сброса расположена в дополнительной выемке.
- На задней стенке калькулятора имеется «окошко» с выдавленными в нем символами.
- Калькулятор имеет большое число сглаженных элементов, что затрудняет проектирование, а при недостаточном планировании действий, ведет к невозможности соблюдения всех особенностей конструкции. К сожалению, именно недостаточное планирование действий при проектировании привело к некоторым отличиям модели от прототипа.

## 2 СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛИ КАЛЬКУЛЯТОРА

### 2.1 Создание заготовки

САПР Компас-3D V9 очень мощная система, поэтому она содержит огромное число элементов управления, чтобы удовлетворить запросы серьезного разработчика. Но при создании данного примера понадобится лишь малая толика богатого функционала системы. На рис. 2 можно ознакомиться с теми элементами управления, которые будут использованы в работе:

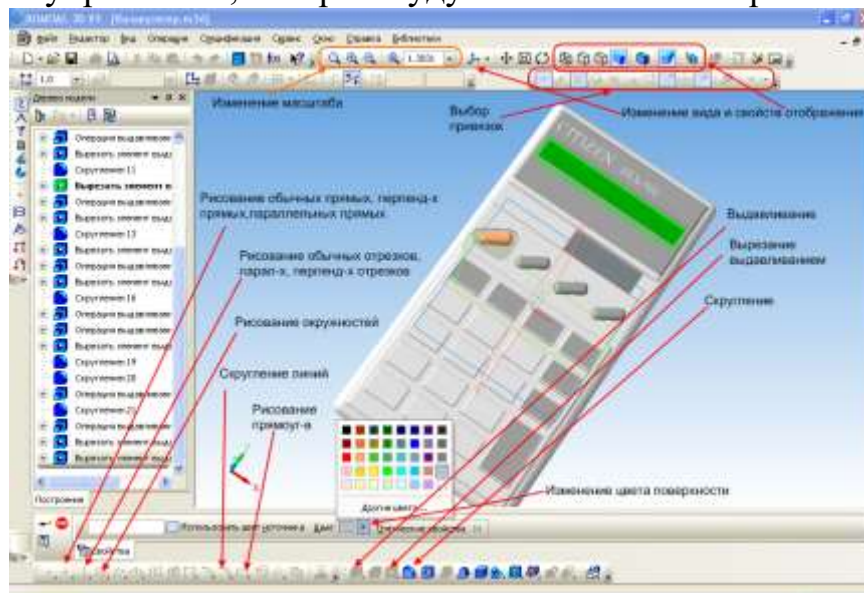



Рис. 2. Используемые элементы управления.

1. Для создания новой детали выполните команду «Файл -> Создать» или нажмите кнопку «Создать»  на панели «Стандартная».
2. В диалоговом окне укажите тип создаваемого документа «Деталь» и нажмите кнопку «OK» (рис. 3).

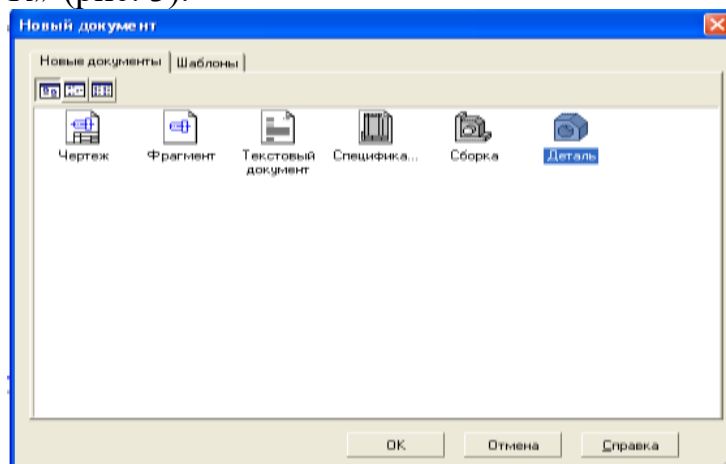



Рис. 3. Диалоговое окно «Новый документ».

3. На экране появится окно новой детали. Нажмите кнопку «Сохранить»  на панели «Стандартная».
4. В поле «Имя файла» диалогового окна сохранения документов введите имя детали «Калькулятор». Нажмите кнопку «Сохранить» (рис. 4).

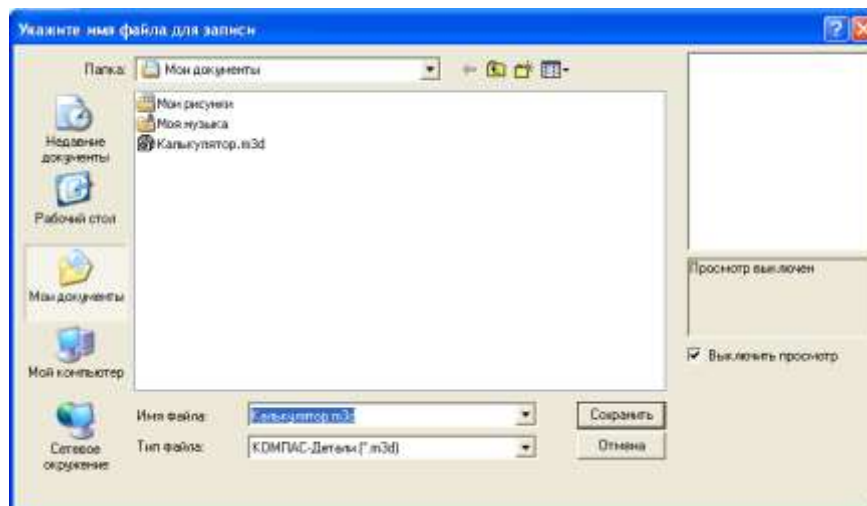




Рис. 4. Сохранение детали.


5. В окне «*Информация о документе*» просто нажмите кнопку «*OK*». Поля этого окна заполнять необязательно.


6. На панели «*Вид*» нажмите кнопку списка справа от кнопки «*Ориентация*»  и укажите вариант «*Изометрия*»  Изометрия XYZ.


7. Построение детали начинается с создания основания. Построение основания начинается с создания его плоского эскиза. Как правило, для построения эскиза основания выбирают одну из стандартных плоскостей проекций.

8. Выбор плоскости для построения эскиза основания не влияет на дальнейший порядок построения модели и ее свойства. От этого зависит положение детали в пространстве при выборе одной из стандартных ориентаций.

9. В «*Дереве модели*» укажите «*Плоскость XY*» (фронтальная плоскость). Пиктограмма плоскости будет выделена цветом.

10. Нажмите кнопку «*Эскиз*»  на панели «*Текущее состояние*». Система перейдет в режим редактирования эскиза, плоскость XY станет параллельной экрану.

11. Нажмите кнопку «*Геометрия*»  на «*Панели переключения*». Ниже откроется одноименная инструментальная панель.

12. Нажмите кнопку «*Прямоугольник*» .

13. Начертите прямоугольник размером  $120 \times 60$  так, чтобы точка начала координат эскиза оказалась внутри прямоугольника. Для построения достаточно указать две точки на любой из диагоналей (рис. 5).

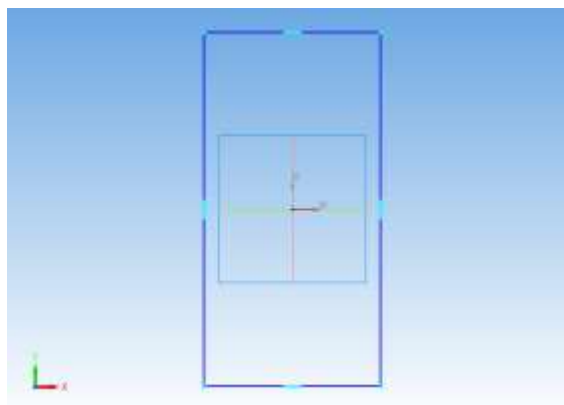




Рис. 5. Построение эскиза основания калькулятора.

14. Закройте эскиз. Для этого нажмите кнопку «Эскиз»  еще раз.

15. Нажмите кнопку «Операция выдавливания»  на панели «Редактирование детали» .

16. Введите с клавиатуры число 6. Значение попадет в поле «Расстояние 1» на «Панели свойств». Это результат работы режима «Предопределенного ввода параметров».

17. Нажмите клавишу <Enter> для фиксации значения.

Должна получиться следующая заготовка (рис. 6):

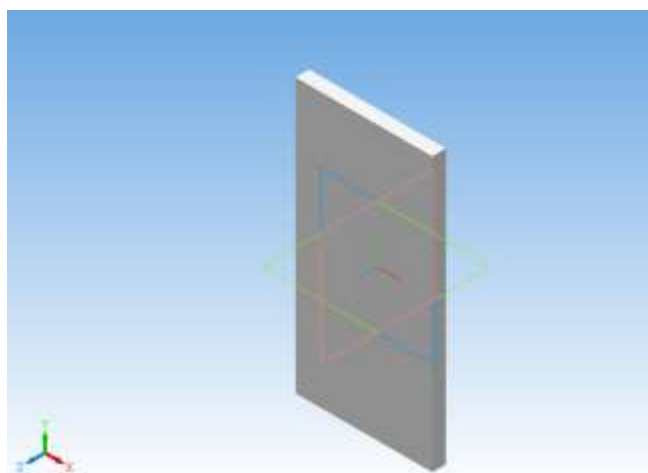



Рис. 6. Заготовка основания калькулятора.

Далее произведем операцию «скругления»  с радиусом 3мм. Результат проделанных операций можно видеть на рис. 7.



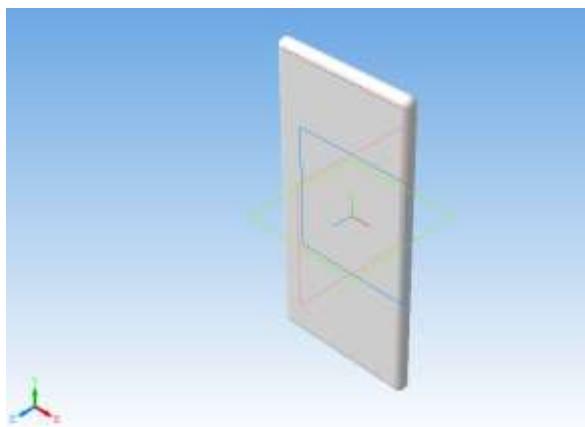



Рис. 7. Результат построения основания калькулятора.

## 2.2 Создание элементов задней части

Сперва произведем создание элементов задней части калькулятора, как более простых.

Для этого нужно произвести следующие операции:

1. Создание эскиза верхнего набалдашника задней панели, размеры которого на 1мм меньше размеров задней панели.
2. «Выдавливание» эскиза на 1мм вверх.
3. Создание эскиза двух секущих «линий» шириной 1мм (рис. 8).
4. «Вырезание выдавливанием»  этих линий на 1мм и их «скругление».

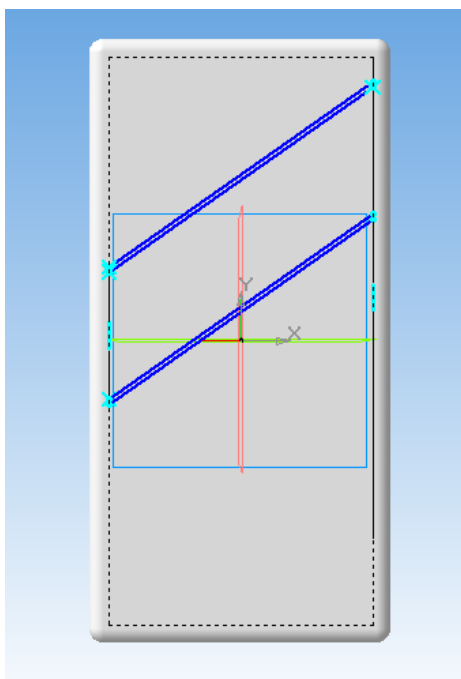



Рис. 8. Эскиз линий задней стенки.

5. Создание эскиза трех круглых углублений в нижней части задней стенки.

6. «Вырезание выдавливанием»  углублений на 1 мм.
7. «Скругление» верхнего углубления с радиусом 1 мм.

8. Создание эскиза прямоугольного «окна», его «выдавливание» на 0.5 мм.
9. Создание эскиза текста в «окне» (рис. 9)



Рис. 9. Создание эскиза текста задней части калькулятора.

10. «Выдавливание» текста на 0,5 мм
- Результат проделанных действий выглядит следующим образом (рис. 10):

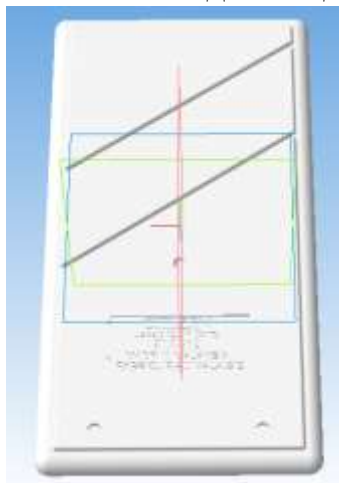


Рис. 10. Результат создания элементов задней стенки.

### 2.3 Создание элементов передней части

Так как в предыдущих пунктах процесс создания элементов модели был показан довольно подробно, далее будет следовать более краткое описание проделанных действий, а точнее только определенные шаги выполнения:

11. Создание панели LCD элемента надписи «**CITIZEN ELS-302**»
12. Создание декоративных углублений и «окошка» солнечной батареи.
13. Создание кнопок сброса и работы с памятью.

Это самая сложная часть работы, т.к. она потребовала большого количества действий по созданию системы перпендикуляров и параллельных прямых. С эскизом кнопок можно ознакомиться на рис. 11.

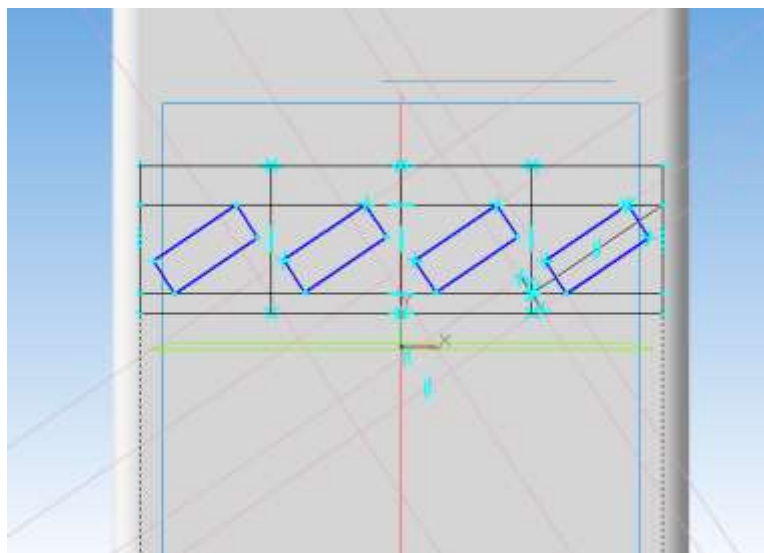


Рис. 11. Система параллельных прямых и перпендикуляров для создания косых кнопок.

К тому же, кнопка сброса имела углубление, которое идеально правильно отобразить мне так и не удалось (рис. 12).

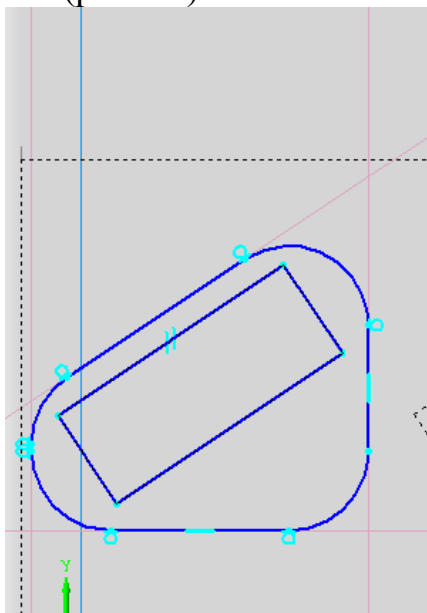


Рис. 12. Углубление для кнопки сброса.

После создания эскиза было произведено «скругление» кнопок с радиусом 1,5 мм (рис. 13).

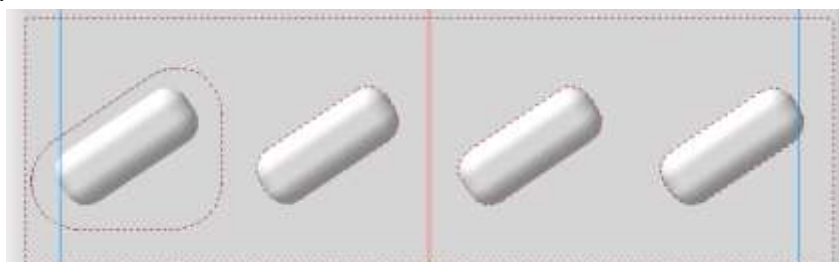


Рис. 13. Скругленные кнопки.

#### 14. Создание панели основных кнопок.

В этой части работы также понадобилось создание эскиза со сложной системой параллельных прямых и перпендикуляров, но всё же не такой сложной как предыдущая (рис. 14).

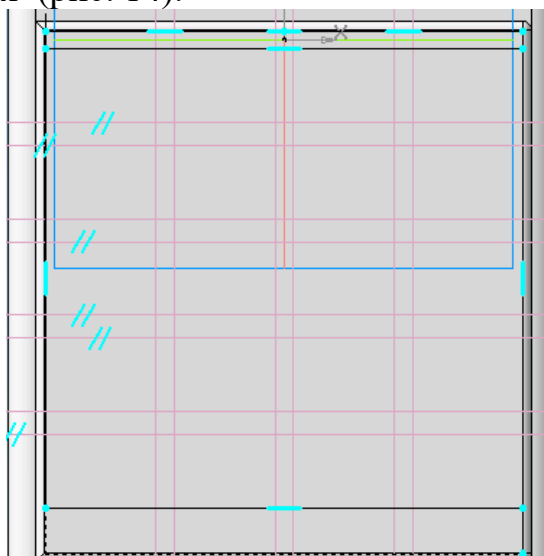


Рис. 14. Система параллельных прямых и перпендикуляров для создания основных кнопок нижней части передней панели.

Затем было произведено «выдавливание» кнопок на 1 мм вверх.

15. Раскрашивание кнопок и некоторых поверхностей калькулятора для создания более качественной иллюзии «реальности» модели.

#### 2.4 Результат создания 3D модели

Вид калькулятора спереди представлен на рис. 15.

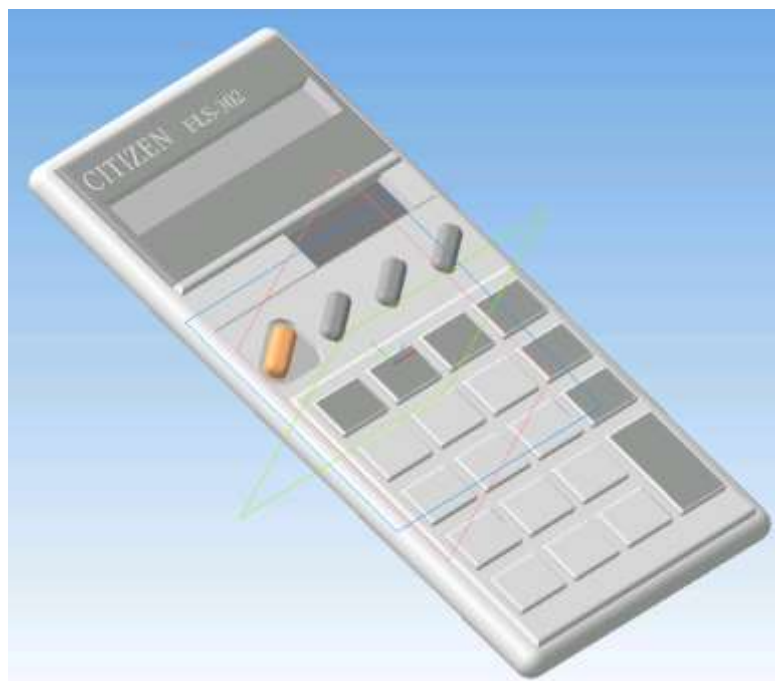


Рис. 15. Вид спереди итоговой 3D модели.

Вид калькулятора сзади представлен на рис. 16.

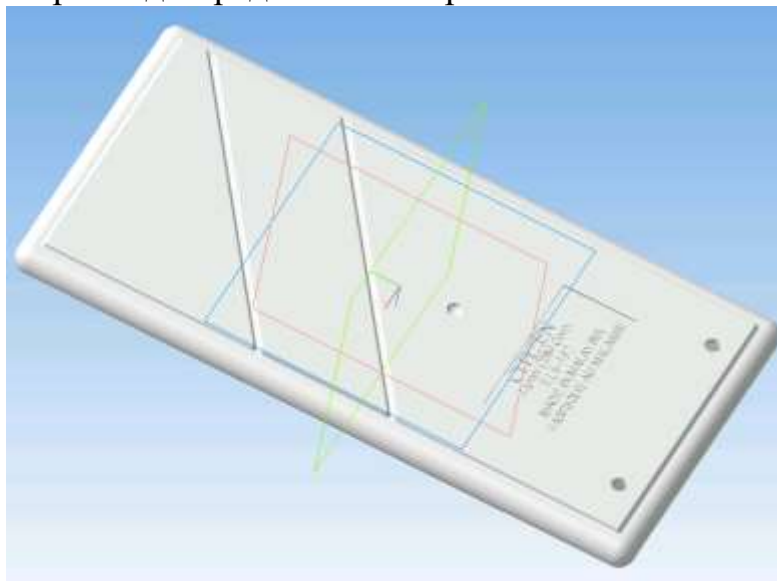


Рис. 16. Вид сзади итоговой 3D модели.

### 3 СОЗДАНИЕ ЧЕРТЕЖА ИЗ 3D МОДЕЛИ



3D модели удобны тем, что из них впоследствии можно создать чертеж любого вида, а при необходимости изменения детали можно просто изменить 3D модель, а чертежи будут обновлены автоматически. Для создания чертежа из модели необходимо проделать следующие действия:


16. Нажать «Операции -> Создать новый чертеж из модели».

17. Нажать кнопку «Менеджер документа»  на панели «Стандартная».


18. Раскрыть список форматов и указать A3.

19. Щелкнуть на пиктограмме «Ориентация» для выбора горизонтальной ориентации листа и нажать кнопку «ОК».

20. Щелкнуть на кнопке «Ассоциативные виды» , а затем на «Стандартные виды»  и выбрать файл созданного калькулятора.

21. В панели свойств выбрать ориентацию «Спереди», выбрать вкладку линии и нажать на иконку «Показывать линии переходов» .

22. Разместить виды на чертеже.

23. Нажать кнопку «Произвольный вид»  и выбрать файл созданного калькулятора.

24. В панели свойств выбрать ориентацию «Сзади» и разместить на чертеже.

Результат создания чертежа из 3D модели калькулятора представлен на рис. 17.

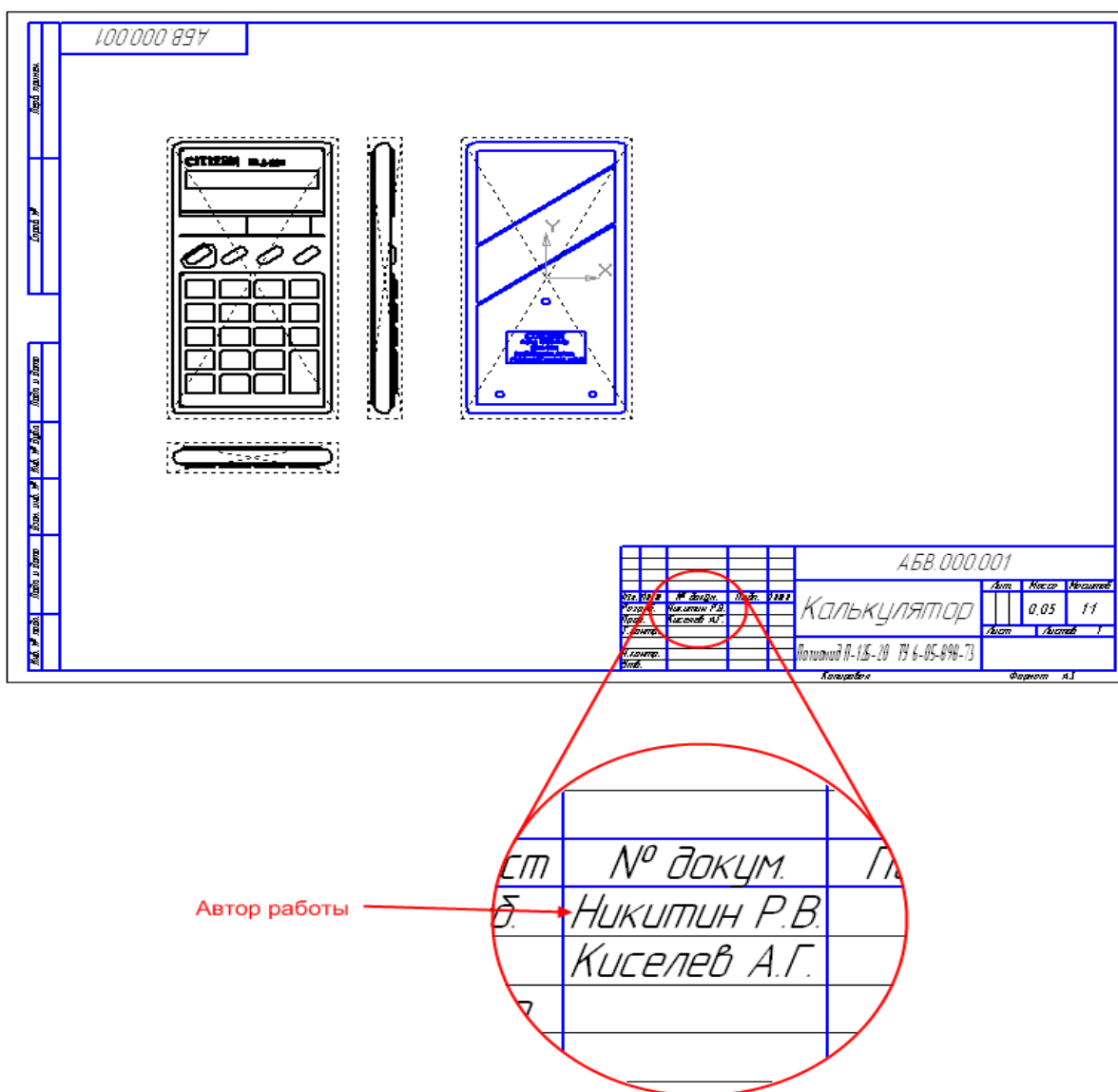






Рис. 17. Чертеж калькулятора, полученный из 3D модели.

Для отображения размеров нужно нажать «Размеры»  и выбрать в панели инструментов «Линейный размер» . После этого щелкнуть поочередно первую и вторую границу для измерения, а затем выбрать место прорисовки размера. Для изображения сечения необходимо нажать «Обозначения»  и выбрать . Затем на чертеже щелкнуть в двух точках, через которые пройдет сечение (сечение осуществляется для текущего вида, отображаемого синим цветом). После этого следует расположить новый вид на чертеже. Итоговый чертеж с сечением и размерами изображен на рис. 18.

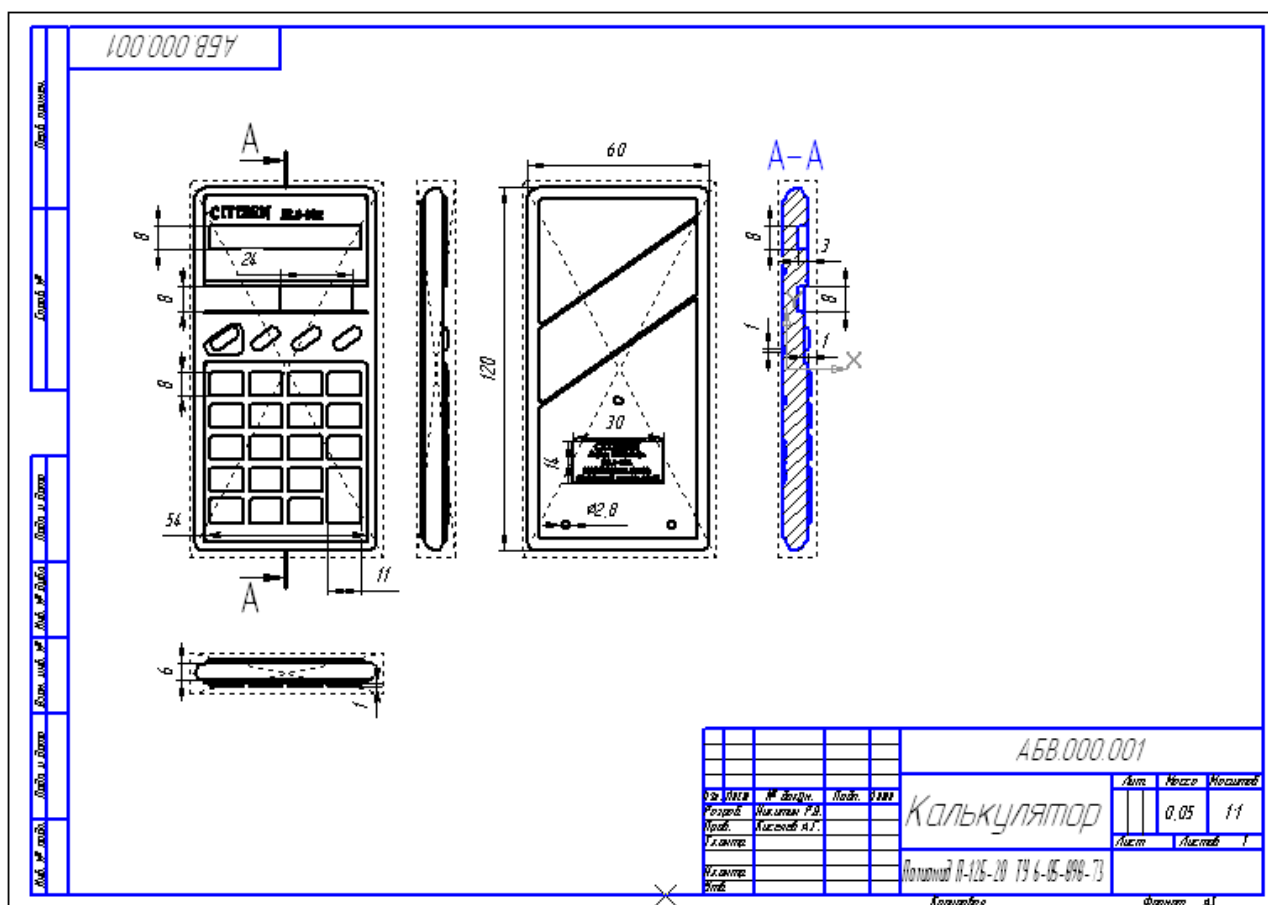


Рис. 18. Чертеж калькулятора, с выставленными размерами и сечением.

## Занятие 4

### Создание детали «Опора №1» в КОМПАС-3D

**Цель работы** – приобрести навыки и приемы проектирования с графическими документами в среде КОМПАС-3D.

**Оборудование:** ПК с установленным пакетом «Компас».

**Порядок выполнения работы:**

1. На приведенных примерах изучить действие команд и построения чертежа системы Компас.
2. Получить у преподавателя индивидуальные задания для выполнения практической части работы.
3. Создать трехмерную модель согласно полученному заданию.
4. Создать дополнительные детали, необходимые для сборки согласно заданию преподавателя.
5. Продемонстрировать результат работы преподавателю.
6. Получить распечатку результатов выполнения работы.
7. Оформить отчет по лабораторной работе.

**Содержание отчета:**

1. Цель работы.
2. Электронная версия результатов построения
3. Выводы.



### Контрольные вопросы:

1. Назначение вспомогательных линий в Компас.
2. Параметры команд в Компас.
3. Алгоритм построения детали в пакете Компас.
4. Основные команды 3d моделирования доступные в Компас.
5. Основные сопряжения доступные в Компас.
6. Алгоритм создания детали в Компас.

### ПРИМЕР:

#### Создание детали «Опора №1» в КОМПАС-3D

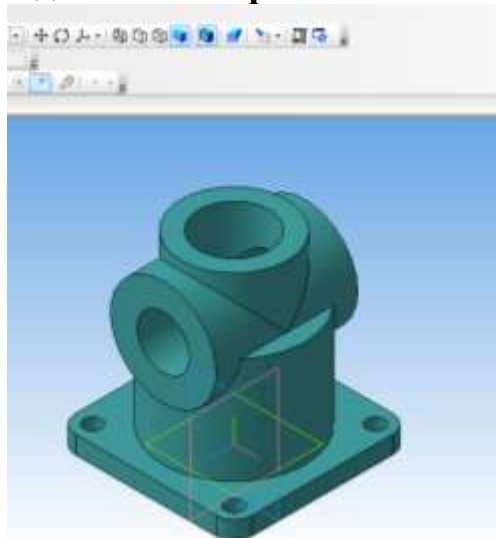


Рис. 1. Опора

Построение детали (рис. 1) начинаем с создания основания. Построение основания начинается с создания его плоского эскиза. Как правило, для построения эскиза основания выбирают одну из стандартных плоскостей проекций. Выбираем плоскость *ZX* и нажимаем кнопку «эскиз». Плоскость стала параллельна экрану. Нажмем кнопку «геометрия» на панели переключения, ниже откроется одноименная инструментальная панель. Нажмем кнопку «прямоугольник». Начертим небольшой прямоугольник так, чтобы точка начала координат эскиза оказалась внутри прямоугольника. Для построения достаточно указать две точки на любой из диагонали (рис. 2). Нажмем кнопку «отрезок». Построим диагональ прямоугольника с помощью привязки «ближайшая точка». Изменим стиль линии с «основная» на «тонкая». Укажем середину диагонали с помощью привязки «середина отрезка» (рис. 3). Нажмем кнопку «параметризация» на панели переключения и кнопку «объединить точки». Укажем начало координат эскиза и точку на диагонали прямоугольника. Центр прямоугольника переместится в точку начала координат (рис. 4).

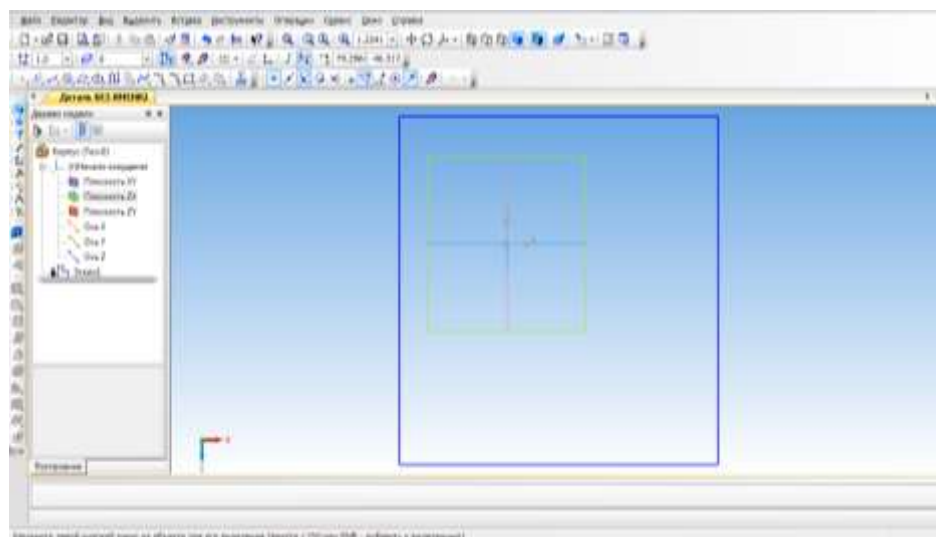


Рис. 2. Построение прямоугольника

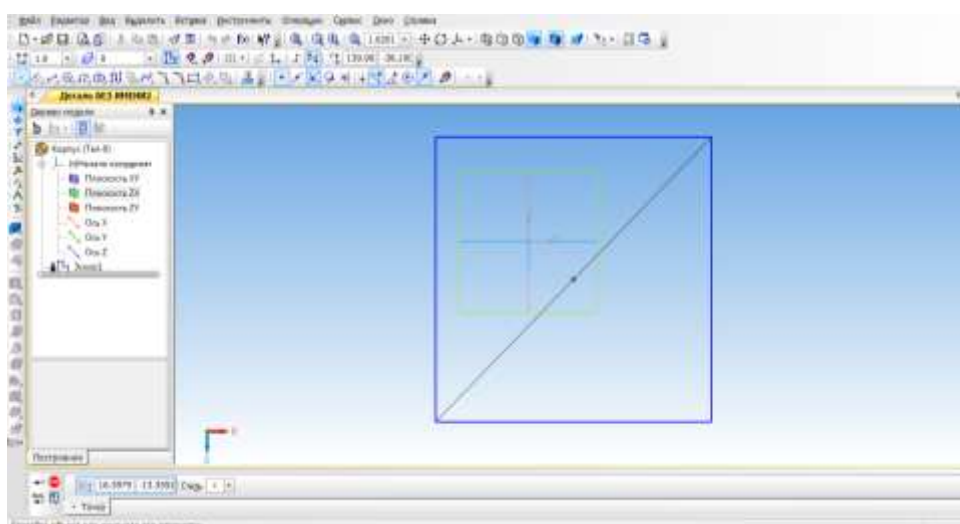


Рис. 3. Построение диагонали прямоугольника

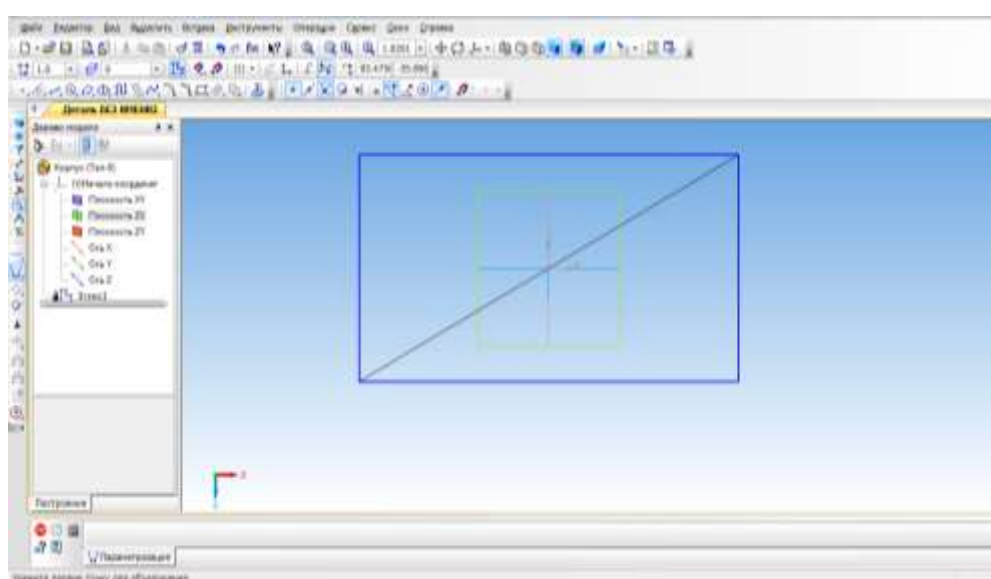


Рис. 4. Выравнивание прямоугольника относительно начала координат

Нажмем кнопку «авторазмер» на инструментальной панели «размеры». Построим вертикальный и горизонтальный размер и присвоим им значение 100 мм (рис. 5).

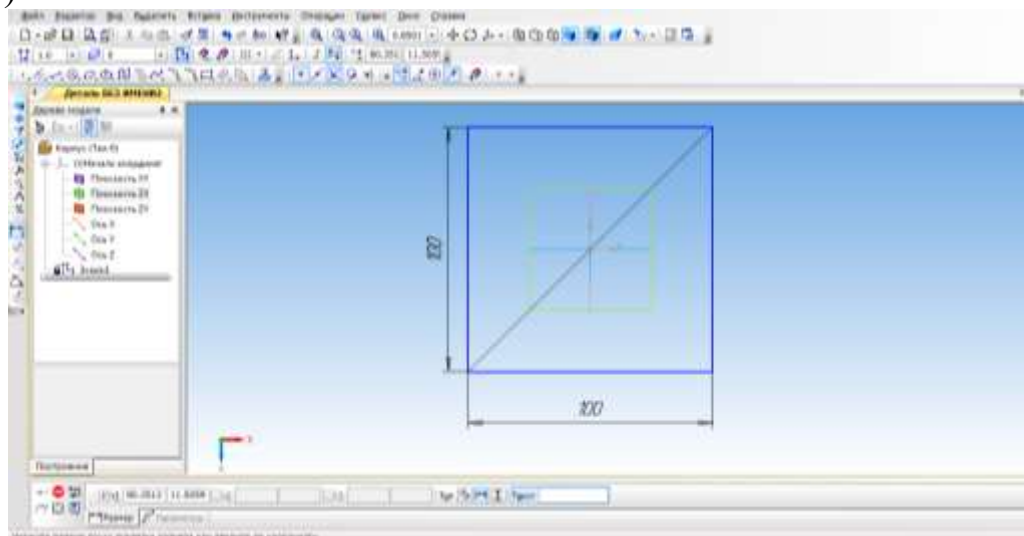


Рис. 5. Простановка размеров с помощью параметризации

На панели *геометрия* нажимаем кнопку «скругление». Вводим в окно радиус 10 мм и выбираем стороны, которые необходимо скруглить (рис. 6).

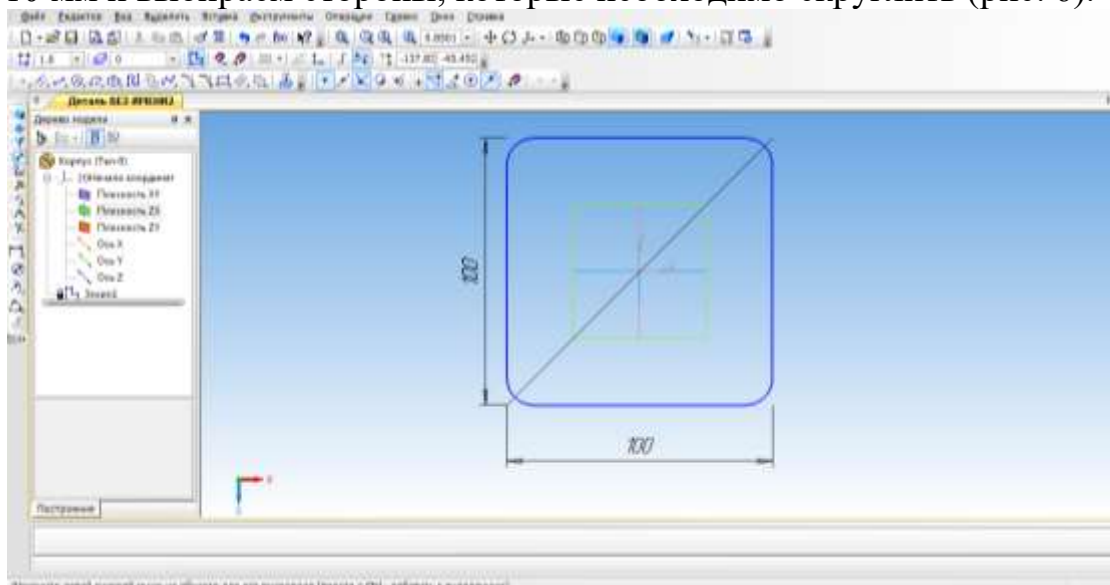


Рис. 6. Скругление ребер

Нажимаем «операция выдавливания» на панели «редактирование детали». На экране появится фантом трехмерного элемента — временное изображение, показывающее текущее состояние создаваемого объекта (рис. 7). В поле «расстояние 1» вводим число 10 мм. Нажимаем кнопку «создать объект» (рис. 8). Выбираем грань и нажимаем кнопку эскиз. (рис. 9). На панели «геометрия» нажимаем кнопку «окружность» и строим окружность в центре грани диаметром 80 мм. Нажимаем кнопку «эскиз» (рис. 10).

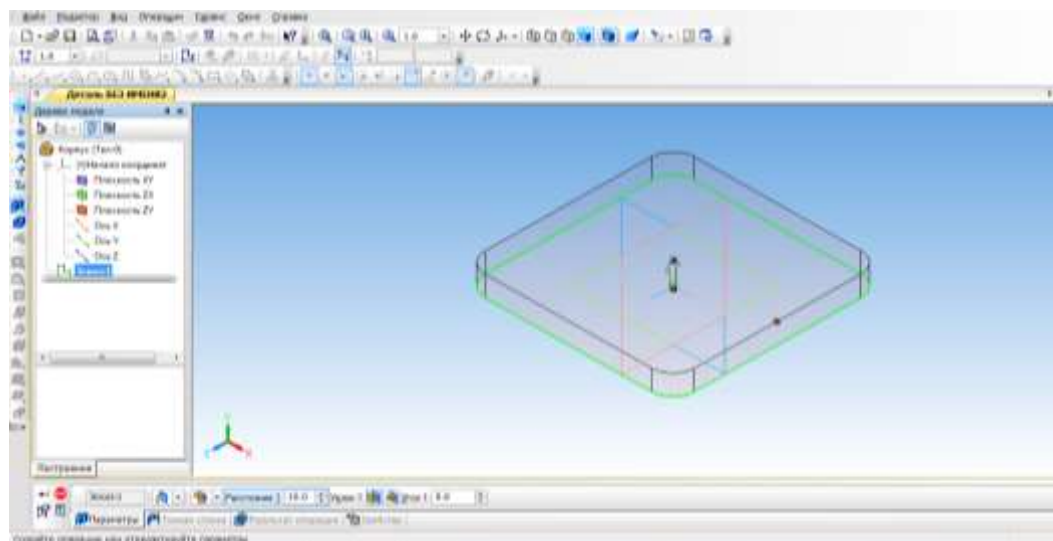


Рис. 7. Операция выдавливания

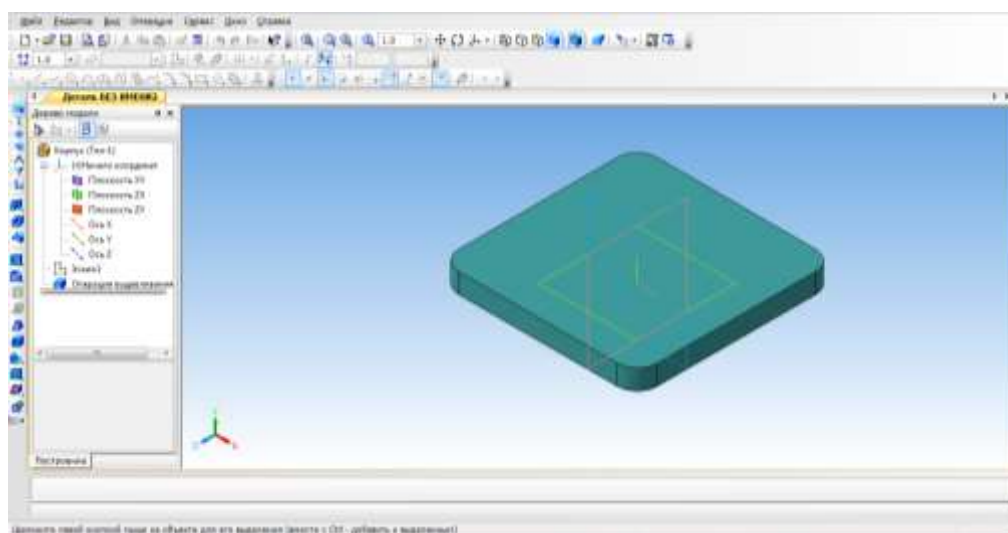


Рис. 8. Результат операции выдавливания

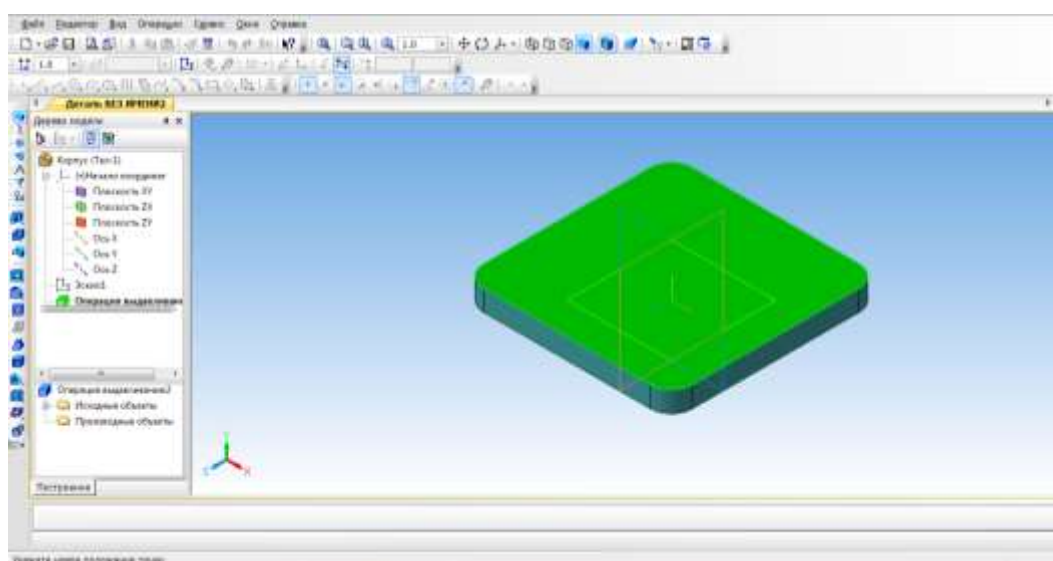


Рис. 9. Выбор грани для построения эскиза

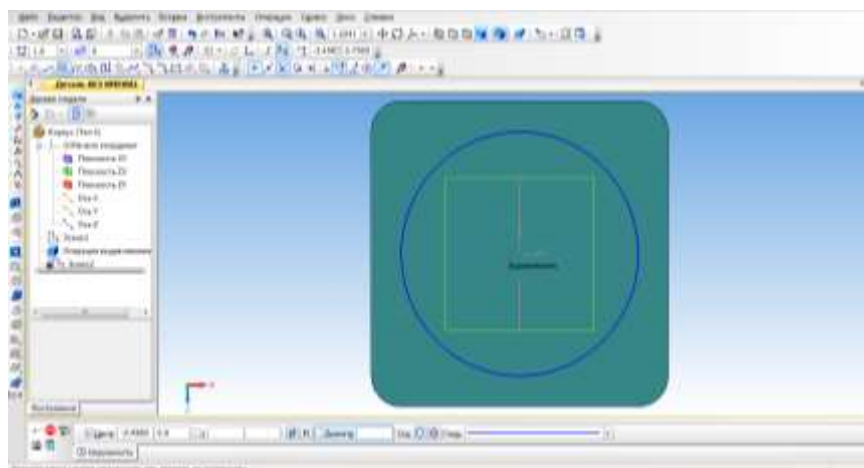


Рис. 10. Построение окружности

Выбираем «операция выдавливания» для окружности. Принимаем «расстояние 1» равным 60 мм. Нажимаем *создать объект* (рис. 11).

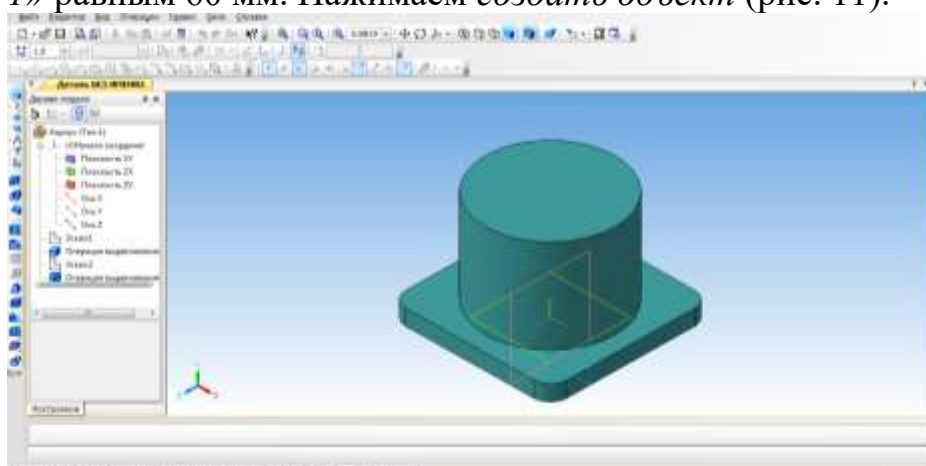


Рис. 11. Операция выдавливания окружности

Необходимо сделать 4 сквозных отверстия по краям корпуса. Для этого выбираем грань и нажимаем кнопку «эскиз». С помощью операции «параллельные прямые» находим центры сквозных отверстий. С каждого края отступаем по 10 мм (рис. 12).

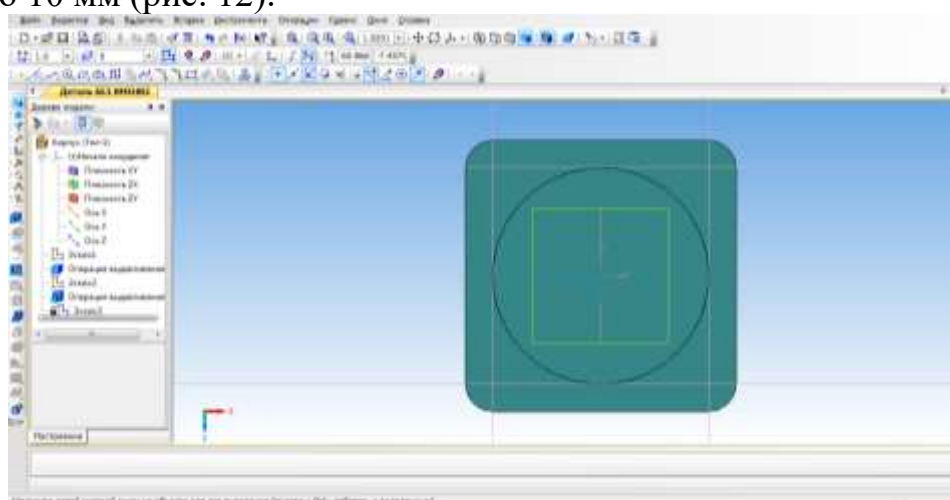


Рис. 12. Построение вспомогательных параллельных прямых



Строим окружности диаметром 10 мм (рис. 13).

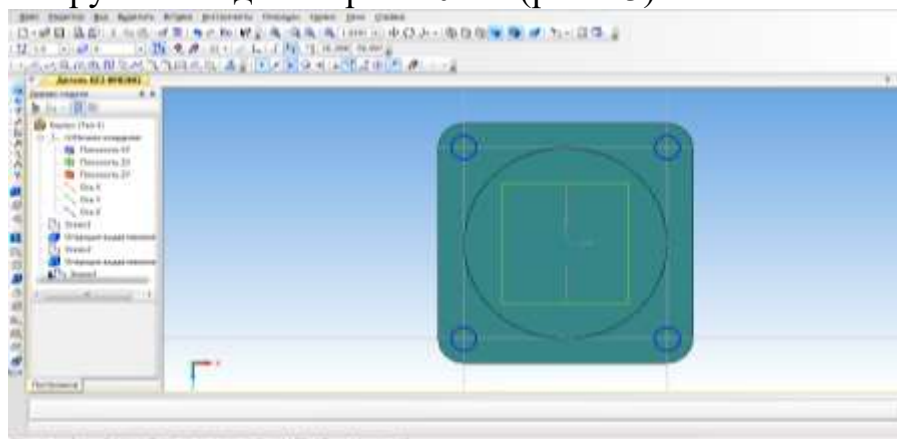


Рис. 13. Построение окружностей малого радиуса

С помощью операции «вырезать выдавливанием» (через все) на панели «редактирование детали» построим сквозные отверстия (рис. 14).

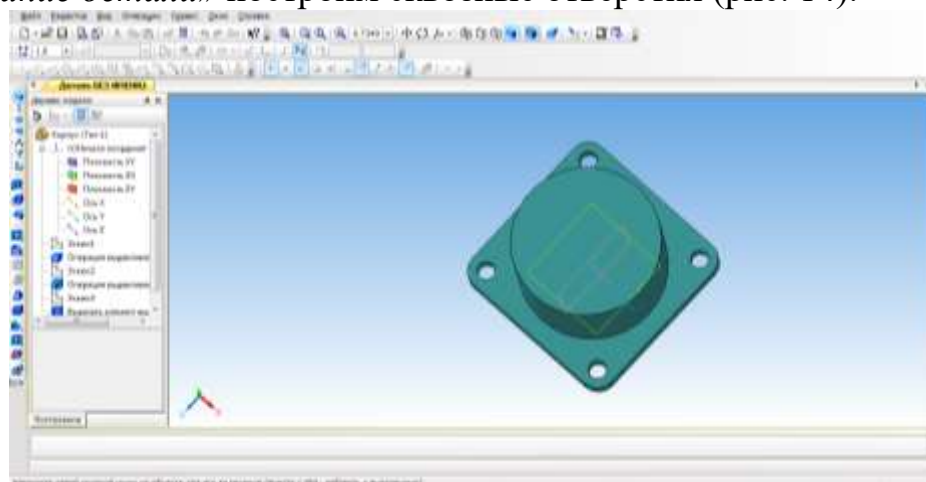


Рис. 14. Построение сквозных отверстий

Выбираем грань и нажимаем кнопку «эскиз». На панели «геометрия» нажимаем кнопку «окружность» и строим окружность в центре грани диаметром 60мм (рис. 15).

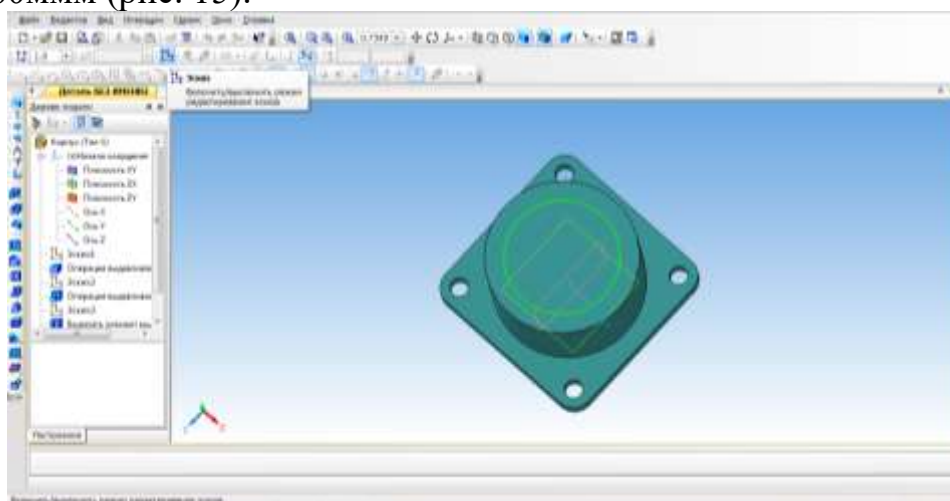


Рис. 15. Построение окружности

Выбираем «операция выдавливания» для окружности. Принимаем «расстояние 1» равным 35 мм. Нажимаем «создать объект» (рис. 16).

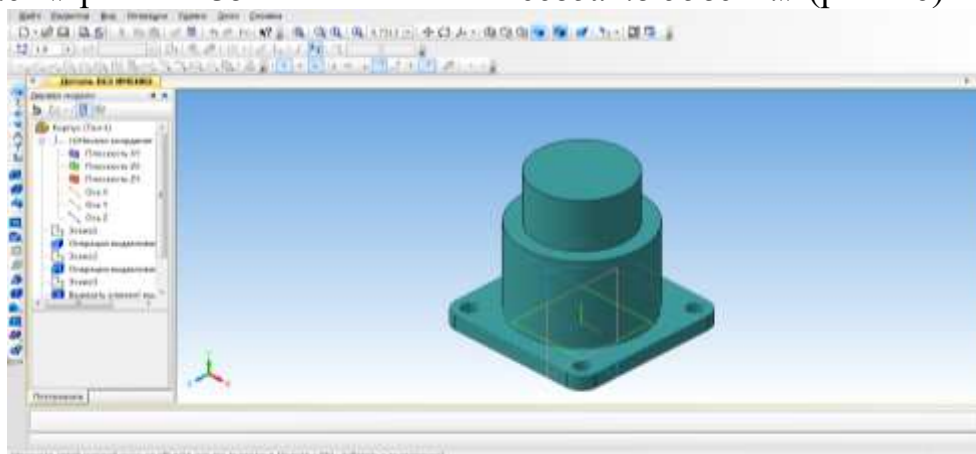


Рис. 16. Выдавливание окружности

Для построения сечения цилиндра выбираем плоскость XY. Строим окружность в указанном месте диаметром 40 мм. Нажимаем кнопку эскиз (рис. 17).

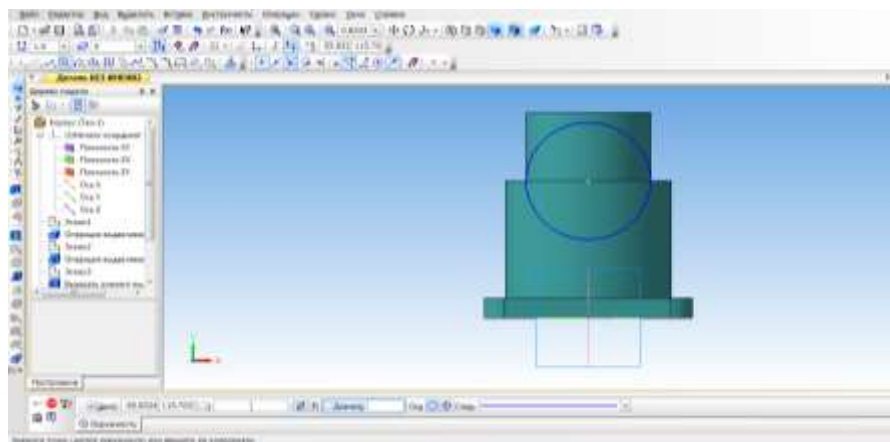


Рис. 17. Построение окружности

Далее выбираем «операция выдавливания». В параметрах устанавливаем «средняя плоскость», «расстояние 1» принимаем равным 90 мм. Нажимаем «создать объект» (рис. 18).

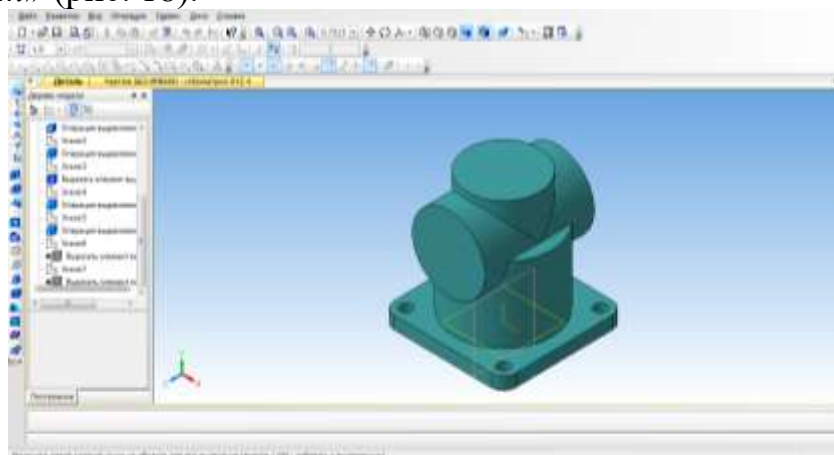


Рис. 18. Выдавливание окружности

Необходимо создать два сквозных отверстия. Выбираем грань и нажимаем кнопку «эскиз» (рис. 19).



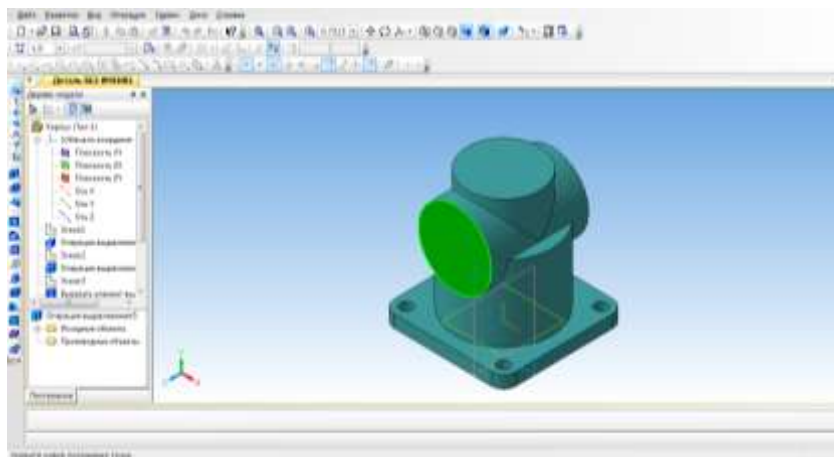


Рис. 19. Выбор грани для последующих построений

На выбранной грани строим окружность диаметром 30 мм. Нажимаем кнопку «эскиз». Выбираем операцию «вырезать выдавливанием» (через все) и нажимаем «создать объект» (рис. 20).

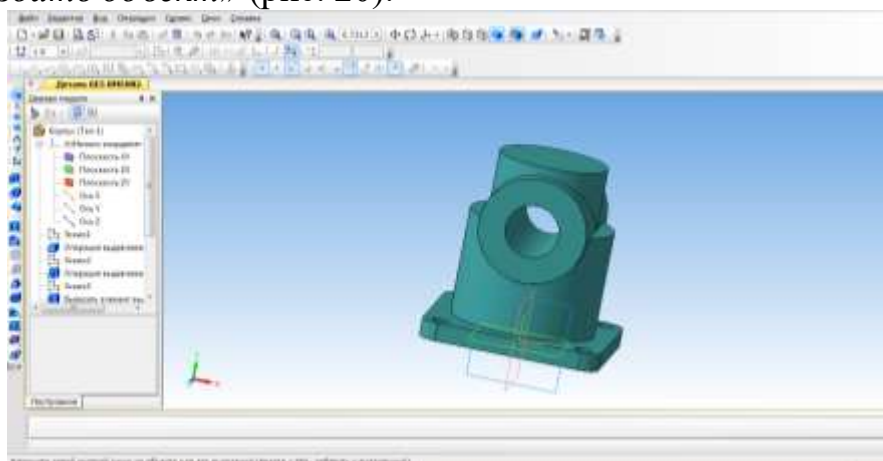


Рис. 20. Результат операции вырезания

Выбираем грань и нажимаем кнопку «эскиз». Делаем сквозное отверстие диаметром 40 мм. Для этого строим сначала окружность (рис. 21).

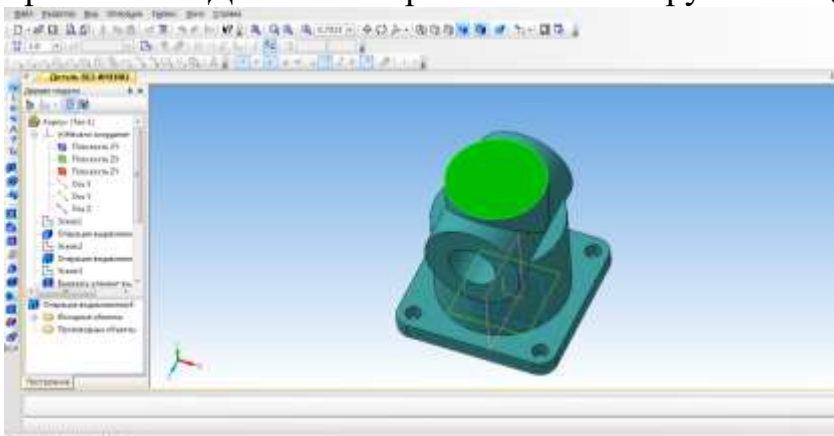


Рис. 21. Выбор грани для последующих построений

Делаем сквозное отверстие диаметром 40 мм. Для этого строим сначала окружность. На панели редактирование детали выбираем операцию «вырезать выдавливанием» (через все). Нажимаем кнопку «создать объект» (рис. 22).

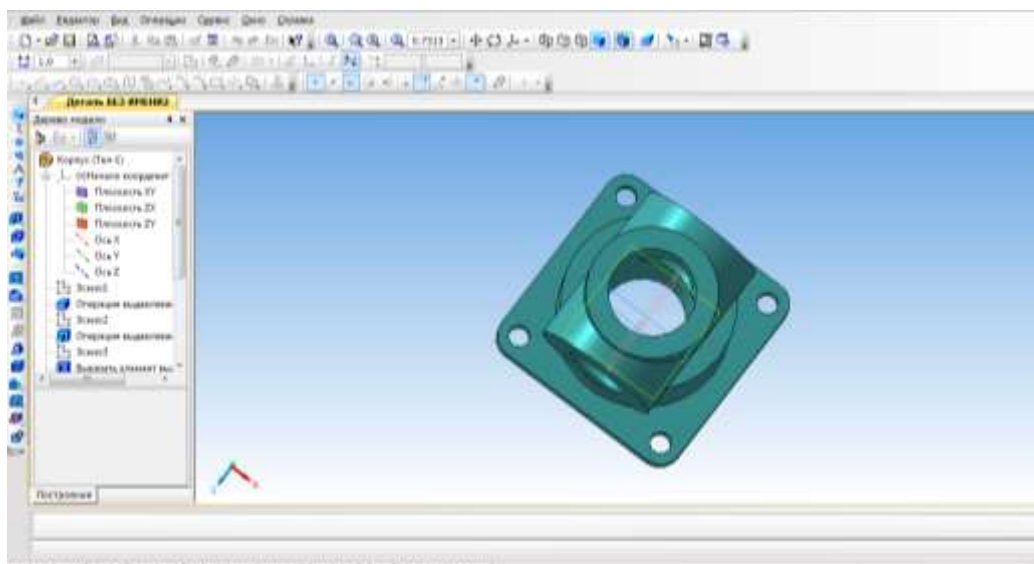


Рис. 22. Результат операции выдавливания  
Построение опоры закончено (рис. 23).

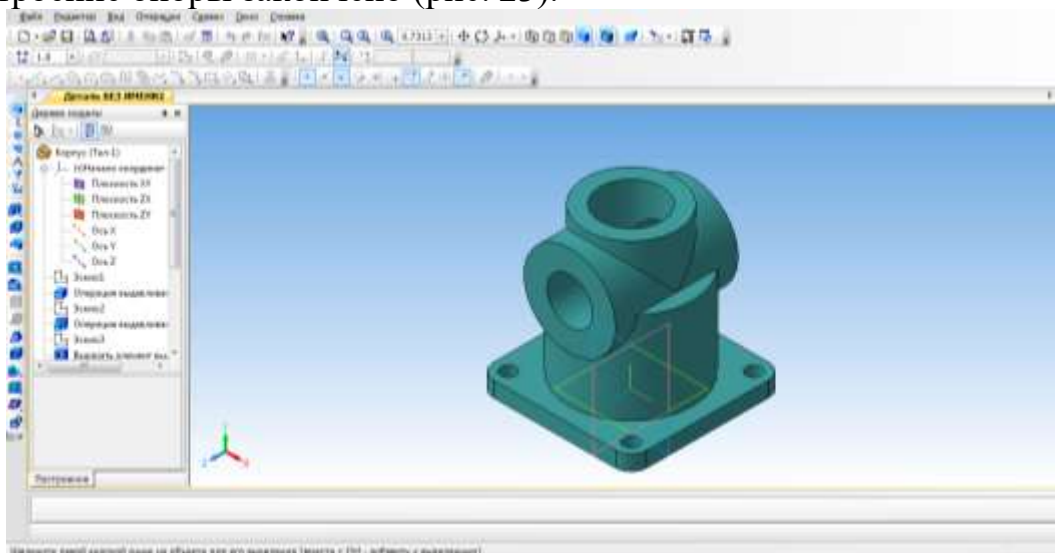


Рис. 23. Результат проведенных построений

## Занятие 5

### Создание детали «Опора №2» в КОМПАС-3D

**Цель работы** – приобрести навыки и приемы проектирования с графическими документами в среде КОМПАС-3D.

**Оборудование:** ПК с установленным пакетом «Компас».

**Порядок выполнения работы:**

1. На приведенных примерах изучить действие команд и построения чертежа системы Компас.
2. Получить у преподавателя индивидуальные задания для выполнения практической части работы.
3. Создать трехмерную модель согласно полученному заданию.

4. Создать дополнительные детали необходимые для сборки согласно заданию преподавателя.

5. Продемонстрировать результат работы преподавателю.

6. Получить распечатку результатов выполнения работы.

7. Оформить отчет по лабораторной работе.

#### **Содержание отчета:**

1. Цель работы.

2. Электронная версия результатов построения

3. Выводы.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Назначение вспомогательных линий в Компас.

2. Параметры команд в Компас.

3. Алгоритм построения детали в пакете Компас.

4. Основные команды 3d моделирования доступные в Компас.

5. Основные сопряжения доступные в Компас.

6. Алгоритм создания детали в Компас.

#### **ПРИМЕР:**

##### **Создание детали «Опора №2» в КОМПАС-3D**

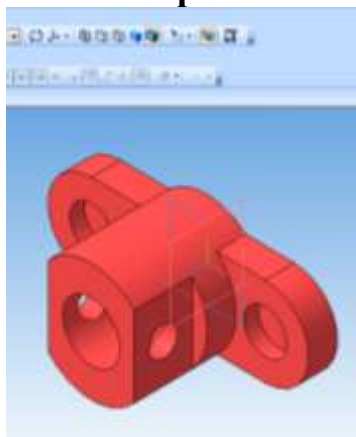


Рис. 1. Опора

Для того, чтобы изобразить деталь «Опора», показанную на рис. 1, построим прямоугольник. Для этого на «панели свойств» вводим размеры и нажимаем расположение прямоугольника «в центре и по вершине», тогда прямоугольник будет находиться по центру. Для того, чтобы появилась возможность редактировать размер прямо при их расстановке, обязательно необходимо, чтобы был включен «*параметрический режим*» на главной панели инструментов (рис. 2). Построим эскиз, показанный на рис. 3, с помощью команды «прямоугольник от центра» Нажмем кнопку «*авторазмер*» на инструментальной панели «*размеры*» при включенном параметрическом режиме (рис. 3). Построим вертикальный размер и присвоим ему значение 60 мм, а горизонтальному 120 мм (рис. 4).

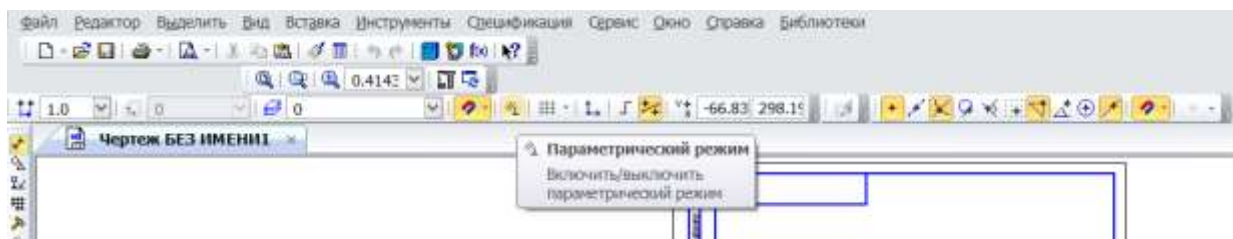


Рис. 2. Включение параметрического режима

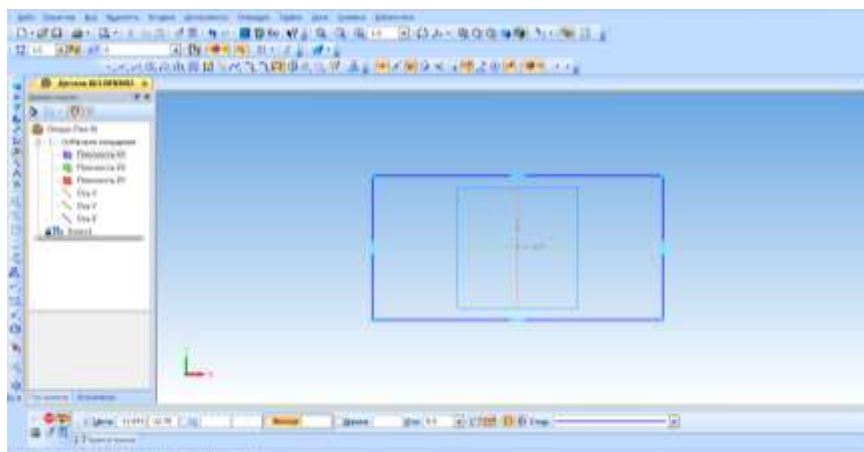


Рис. 3. Построение прямоугольника

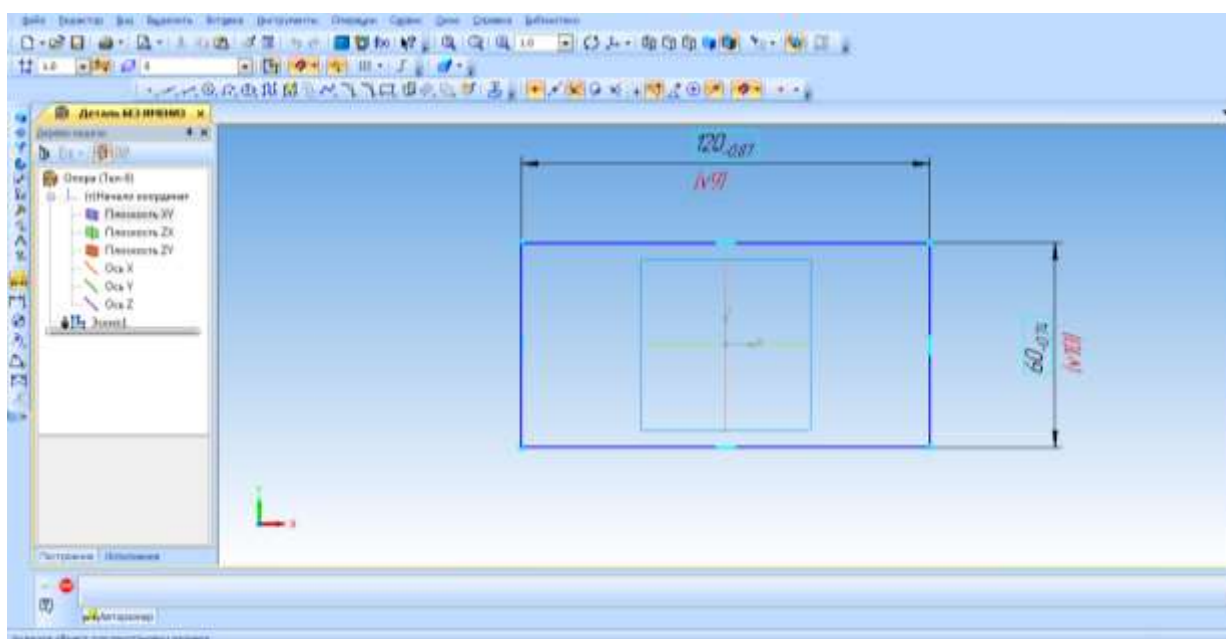


Рис. 4. Расстановка размеров

На панели *геометрия* нажимаем кнопку *окружность*. Вводим в окно радиус 30 и строим окружность так чтобы её центр находился в середине вертикальной стороны прямоугольника (рис. 5). Повторяем те же действия и строим окружность с другой стороны прямоугольника. Эту операцию возможно выполнить копированием, либо зеркальным отображением (рис. 6). Необходимо убрать лишние линии, для этого на панели «редактирование» выбираем «усечь кривую» и нажимаем на линии, которые не нужны для дальнейшего построения детали (рис. 7).

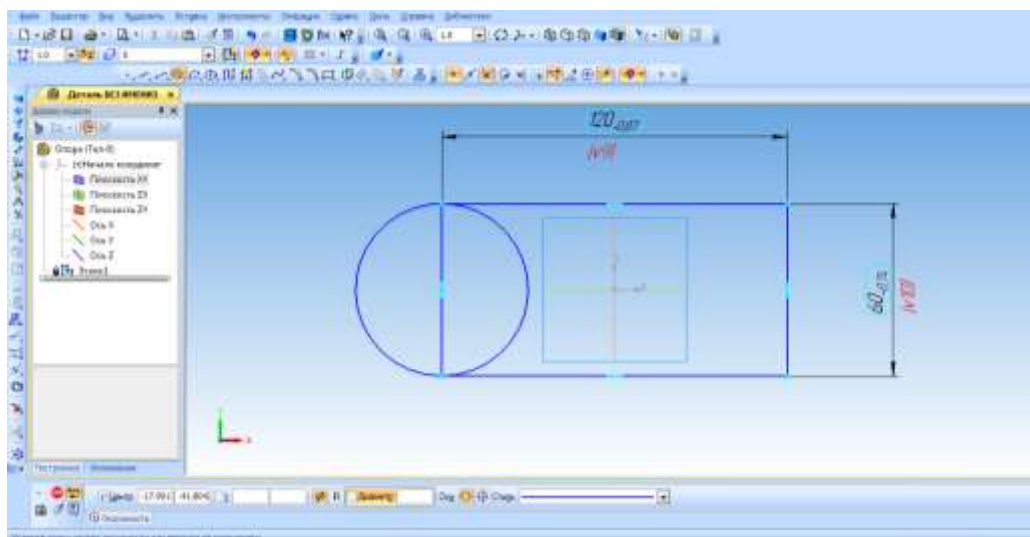


Рис. 5. Построение окружности

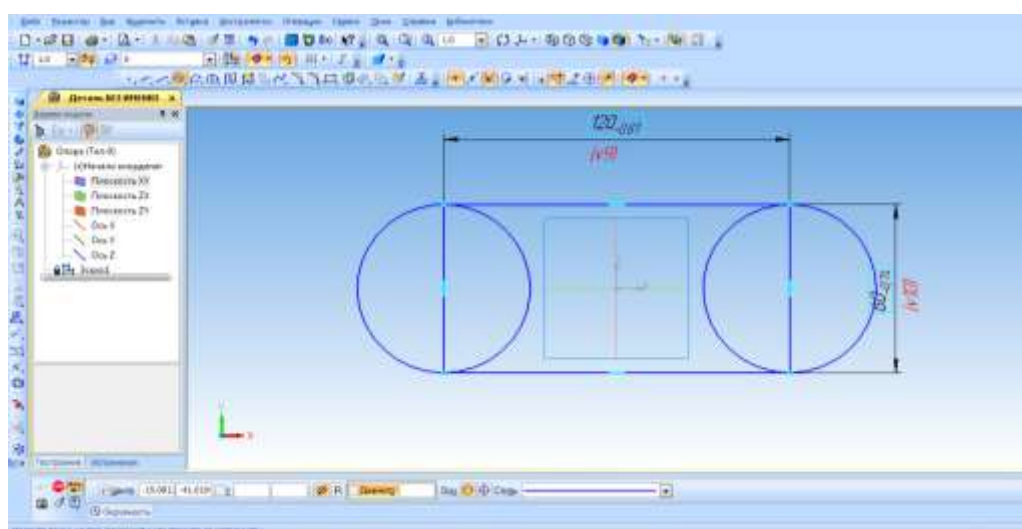


Рис. 6. Построение второй окружности

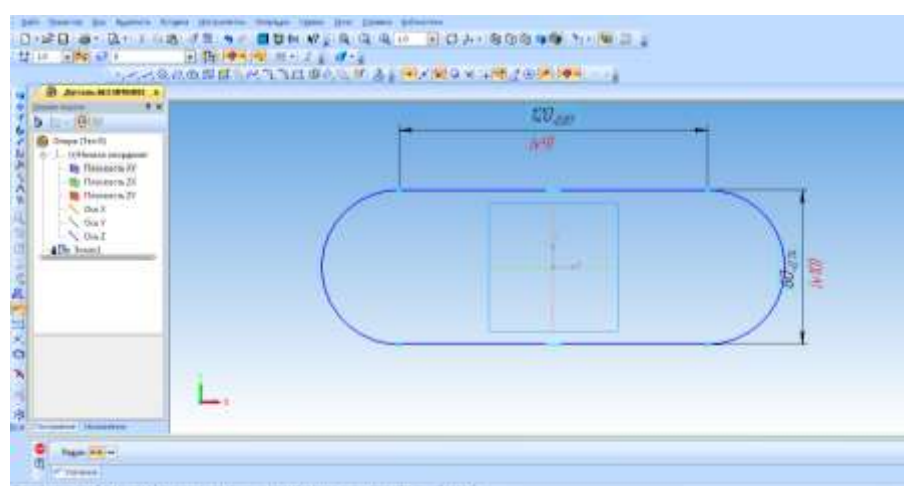


Рис. 7. Редактирование эскиза

Нажимаем кнопку «эскиз» еще раз. Нажимаем «операция выдавливания» на панели «редактирование детали». На экране появится фантом трехмерного



элемента — временное изображение, показывающее текущее состояние создаваемого объекта (рис. 8).

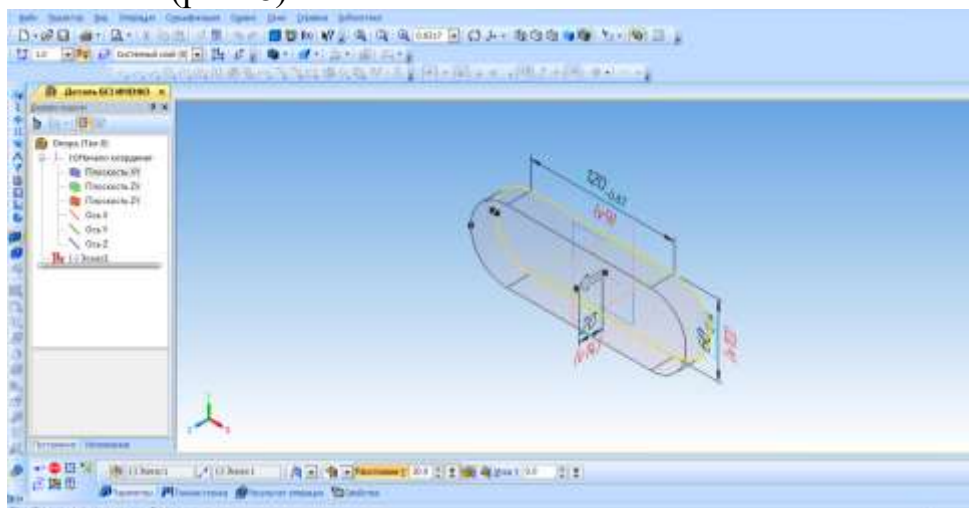


Рис. 8. Выдавливание эскиза

В поле «расстояние 1» вводим число 20 мм. Нажимаем кнопку «создать объект» (рис. 9).

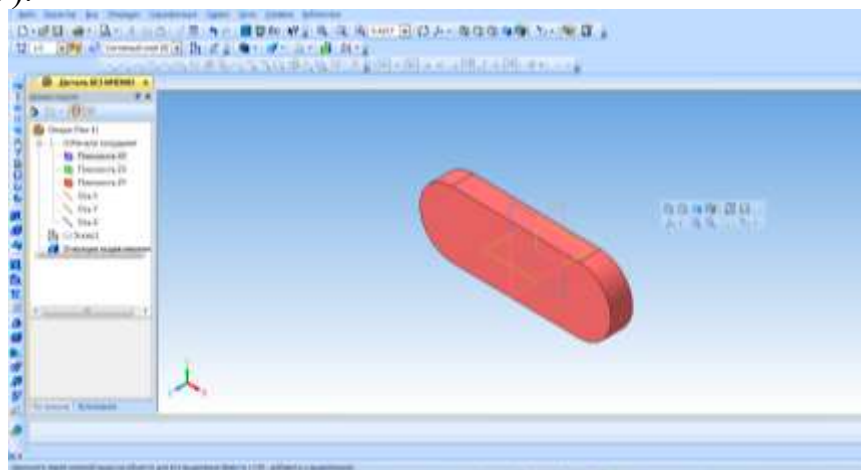


Рис. 9. Результат операции выдавливания

Выбираем грань и нажимаем кнопку «эскиз» (рис. 10).

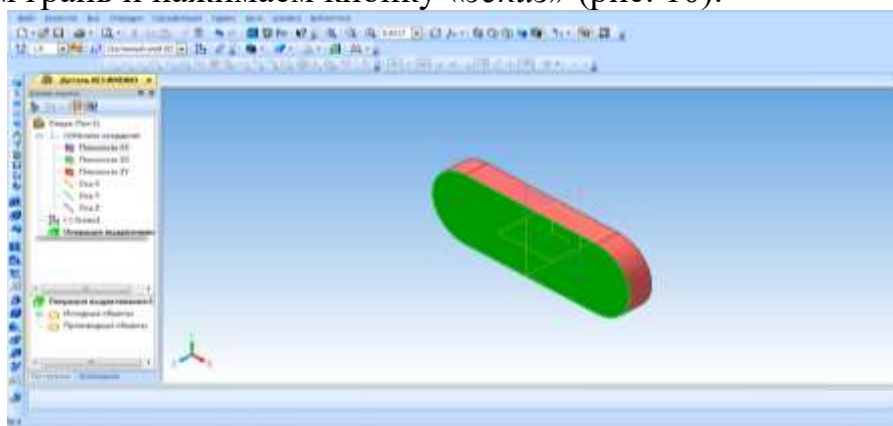


Рис. 10. Выбор грани для построения эскиза

На панели «геометрия» нажимаем кнопку «окружность» и строим окружность в центре грани диаметром 80 мм. Нажимаем кнопку «эскиз» (рис.11).

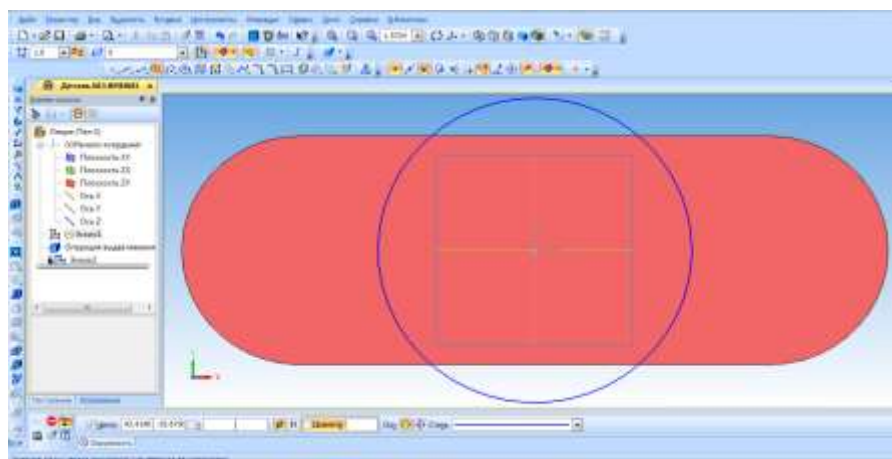


Рис. 11. Построение окружности на указанной грани

Выбираем «операция выдавливания» для нашей окружности. Принимаем «расстояние 1» равным 60 мм. Нажимаем «создать объект» (рис. 12).

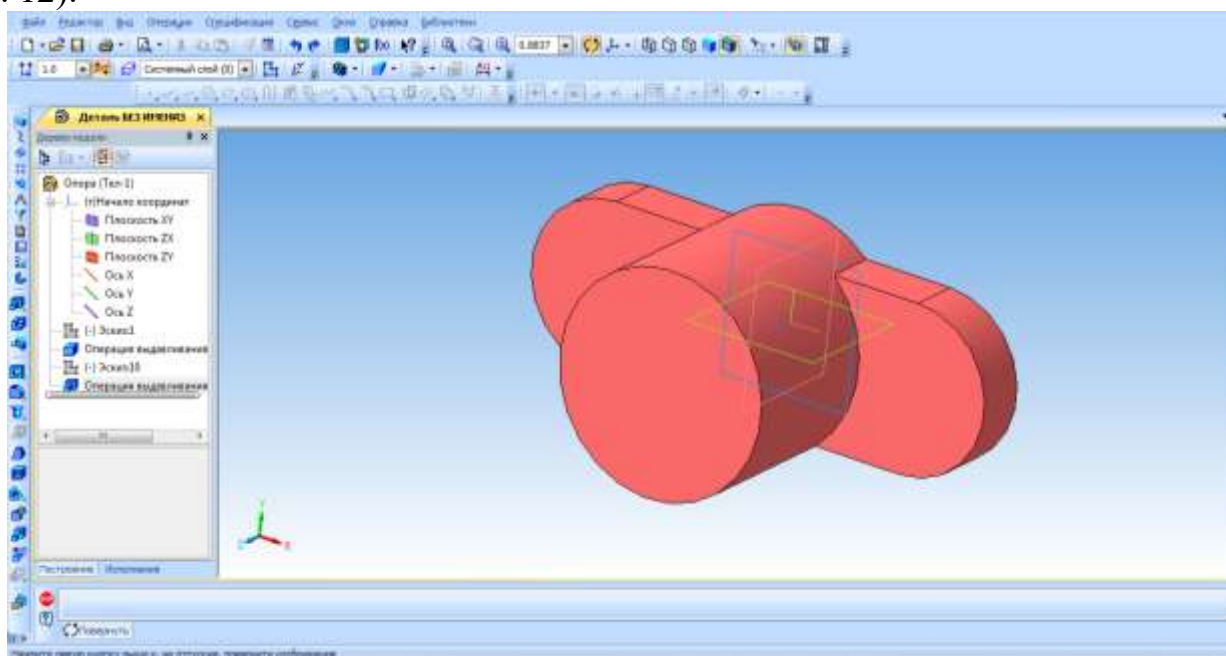


Рис. 12. Выдавливание окружности

Необходимо создать сквозное отверстие. Для этого выбираем грань и нажимаем кнопку «эскиз». Строим окружность с диаметром равным 40 мм (рис. 13).

С помощью операции «вырезать выдавливанием» (через все) на панели «редактирование детали» делаем сквозное отверстие (рис. 14).

Нажимаем кнопку эскиз. На панели «геометрия» выбираем «отрезок» и чертим вертикальный отрезок, длиной 50 мм (рис. 15).



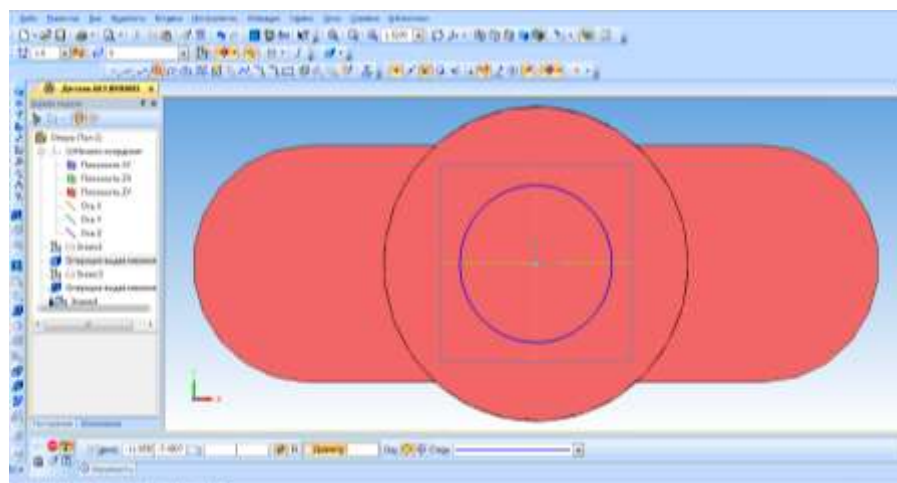


Рис. 13. Построение окружности

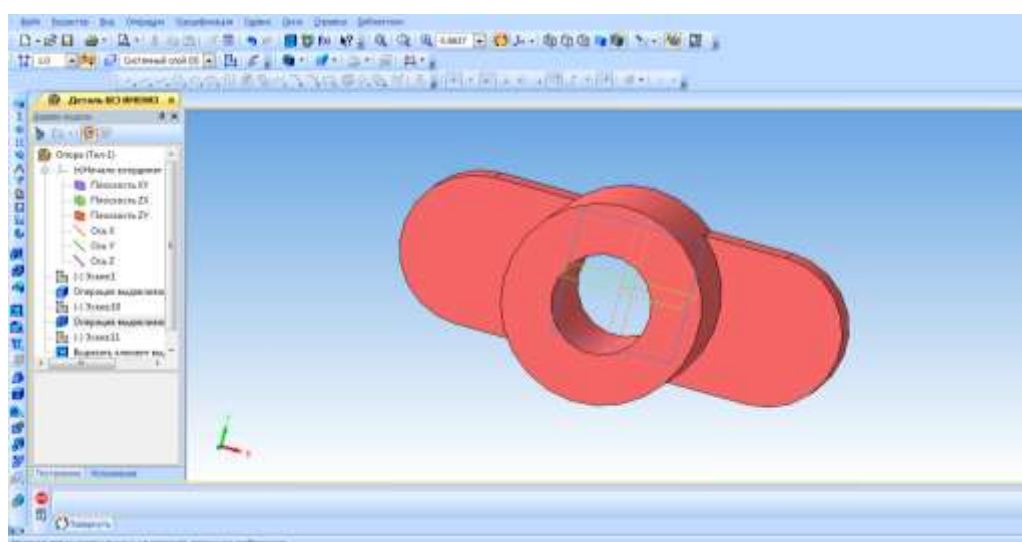


Рис. 14. Результат операции вырезания

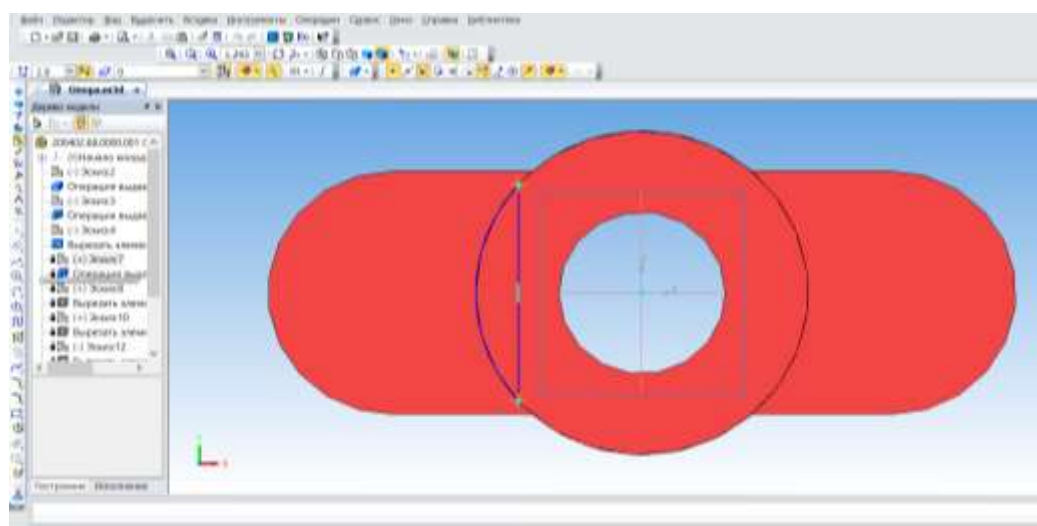


Рис. 15. Результат операции вырезания

Далее на панели «геометрия» выбираем команду «дуга». Выбираем центр, вводим радиус 40 мм, строим окружность. Далее выбираем

верхнюю точку отрезка и отмечаем на нем точку 1, нижняя точка отрезка-точка 2 (рис. 16).

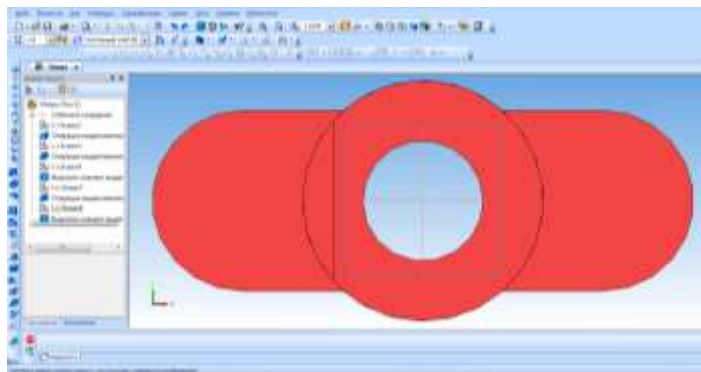


Рис. 16. Построение дуги

Нажимаем «эскиз». Выбираем команду «вырезать выдавливанием», принимаем «расстояние 1» 40мм. Нажимаем «создать объект» (рис. 17).

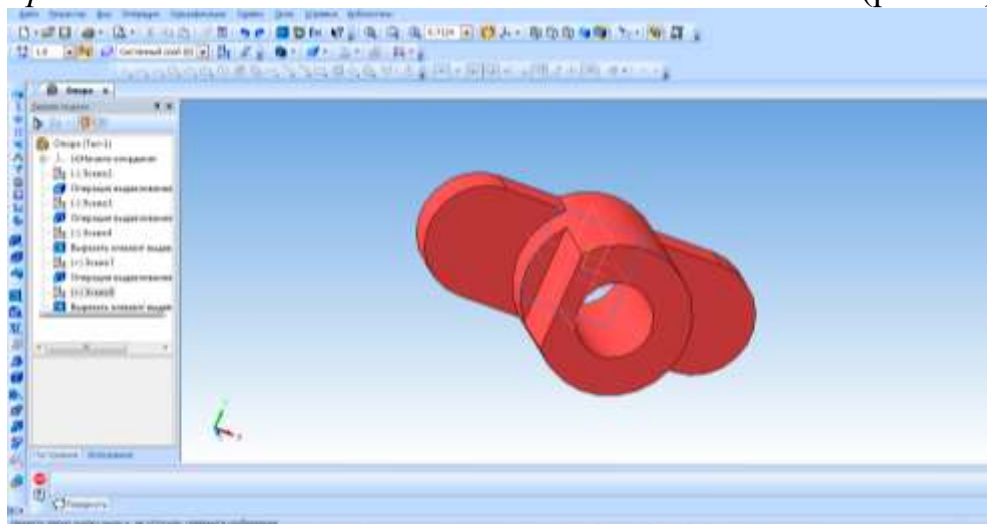


Рис. 17. Результат операции «вырезать выдавливанием»

Те же действия повторяем для противоположной стороны окружности с помощью команды «зеркальный массив» (рис. 18).

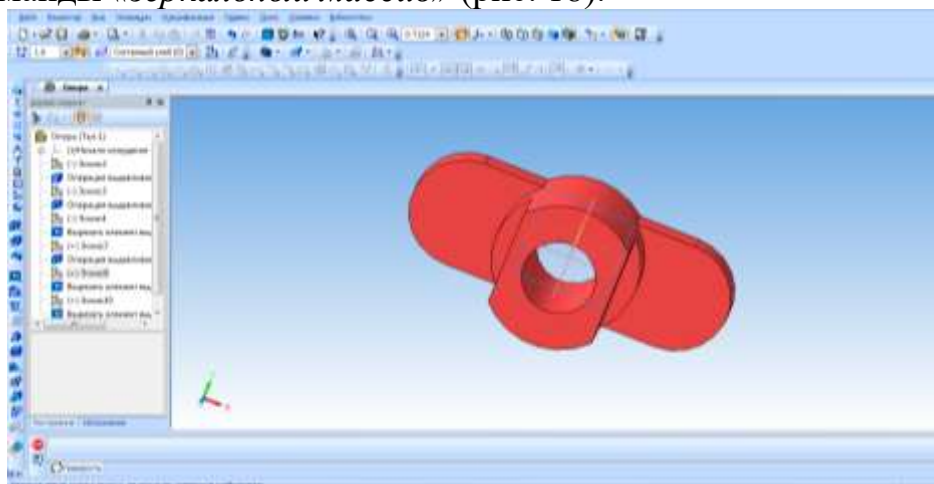


Рис. 18. Результат операции «вырезать выдавливанием» с другой стороны детали

Необходимо создать два сквозных отверстия. Для этого выбираем грань.

Нажимаем «эскиз» и строим окружность, диаметр которой равен 30 мм (рис. 19).

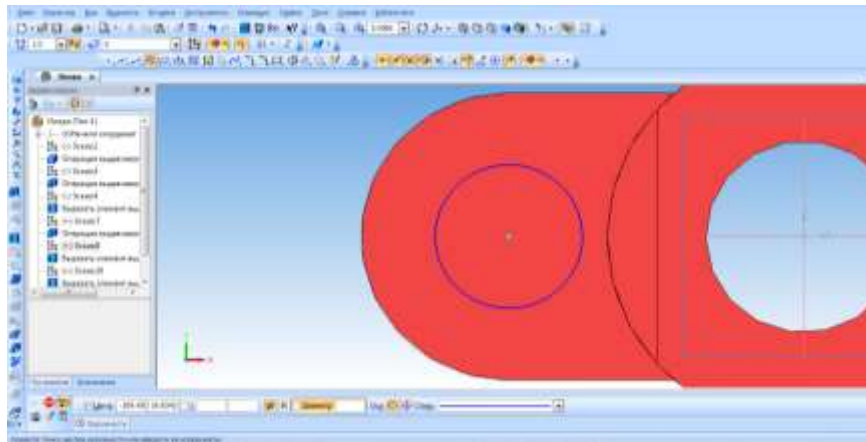


Рис. 19. Построение окружности

Нажимаем «эскиз». Выбираем операцию «вырезать выдавливанием», в поле «расстояние I» вводим 10 мм и нажимаем «создать объект» (рис. 20)

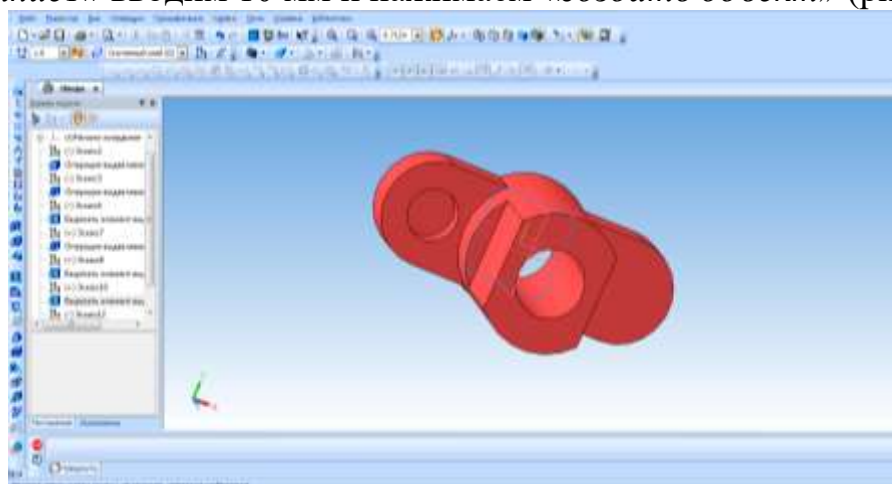


Рис. 20. Результат операции «вырезать выдавливанием»

Те же операции повторяем для другой стороны детали. Причем возможно построение зеркального массива сразу для нескольких операций. Для этого при установке команды зеркальный массив необходимо выделить в «дереве модели» необходимые эскизы и операции, которые необходимо отобразить зеркально.

Далее строим сквозное отверстие. Выбираем грань (рис. 21). Нажимаем «эскиз». Строим окружность диаметром 20 мм (рис. 22). Выбираем операцию «вырезать выдавливанием», в панели свойств выбираем вырезать «через все» (рис. 23). Нажимаем «создать объект». (рис. 24). Построение опоры закончено.

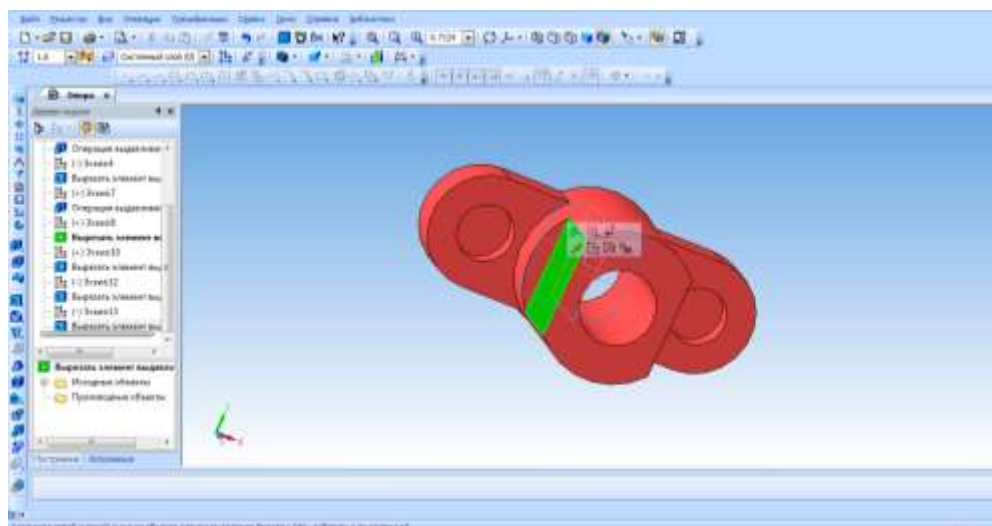


Рис. 21. Выбор грани для построения сквозного отверстия

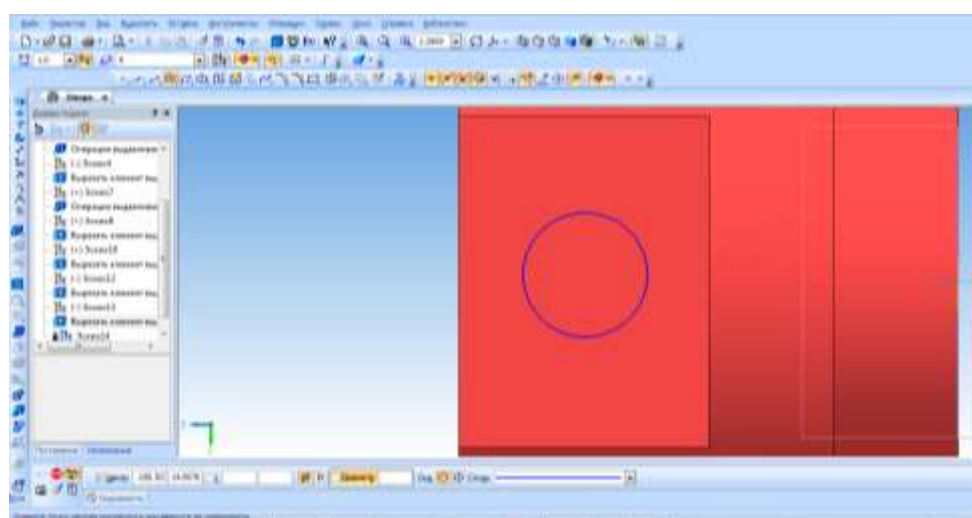


Рис. 22. Построение окружности

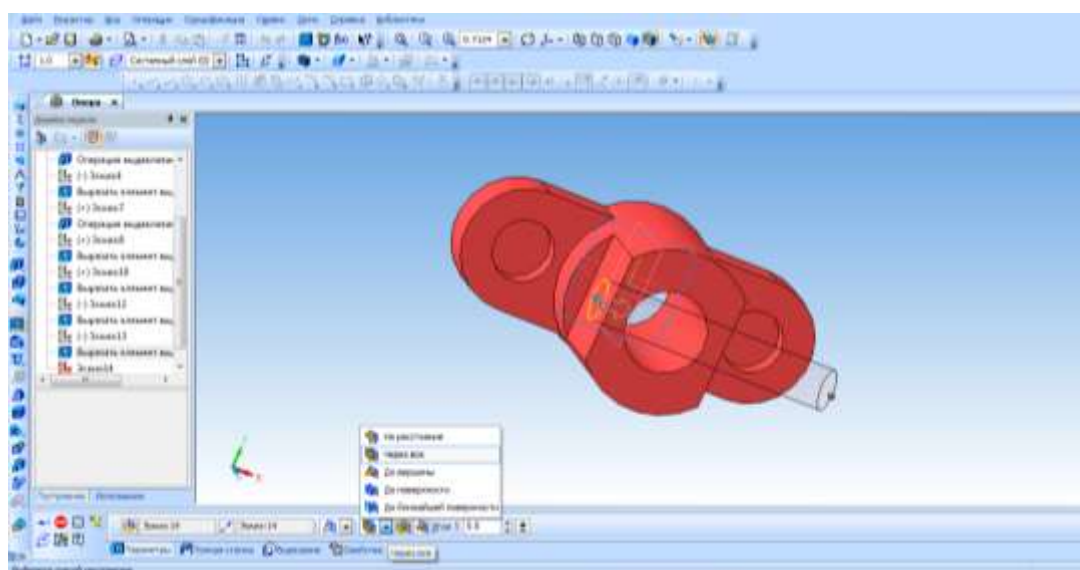


Рис. 23. Фантом операции «вырезать выдавливанием»

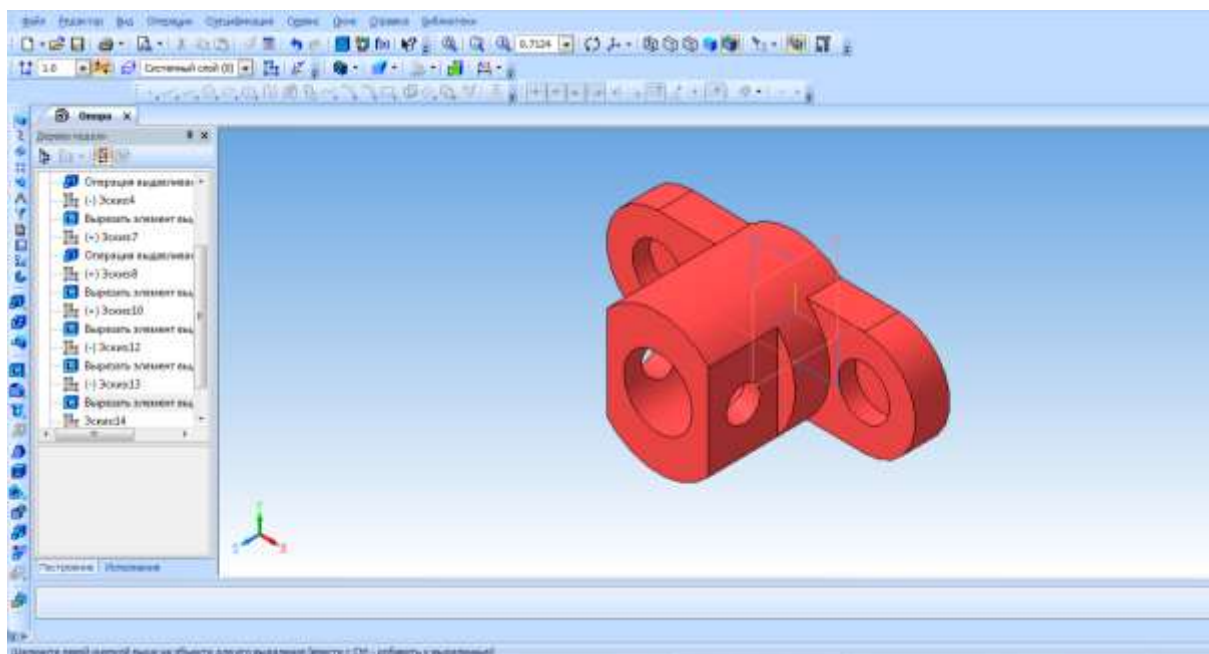


Рис. 24. Результат операции «вырезать выдавливанием»

## Занятие 6

### Создание детали «Шкив» в КОМПАС-3D

**Цель работы** – приобрести навыки и приемы проектирования с графическими документами в среде КОМПАС-3D.

**Оборудование:** ПК с установленным пакетом «Компас».

**Порядок выполнения работы:**

1. На приведенных примерах изучить действие команд и построения чертежа системы Компас.
2. Получить у преподавателя индивидуальные задания для выполнения практической части работы.
3. Создать трехмерную модель согласно полученному заданию.
4. Создать дополнительные детали, необходимые для сборки согласно заданию преподавателя.
5. Продемонстрировать результат работы преподавателю.
6. Получить распечатку результатов выполнения работы.
7. Оформить отчет по лабораторной работе.

**Содержание отчета:**

1. Цель работы.
2. Электронная версия результатов построения
3. Выводы.

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение вспомогательных линий в Компас.
2. Параметры команд в Компас.
3. Алгоритм построения детали в пакете Компас.
4. Основные команды 3d моделирования, доступные в Компас.



5. Основные сопряжения доступные в Компас.
6. Алгоритм создания детали в Компас.

### ПРИМЕР:

#### Создание детали «Шкив» в КОМПАС-3D

Построение детали начинаем с создания его плоского эскиза. Как правило, для построения эскиза основания выбирают одну из стандартных плоскостей проекций. Выбираем плоскость ZX и нажимаем кнопку «эскиз». Плоскость стала параллельна экрану. Нажмем кнопку «геометрия» на панели переключения, ниже откроется одноименная инструментальная панель. Нарисуем эскиз (рис. 1).

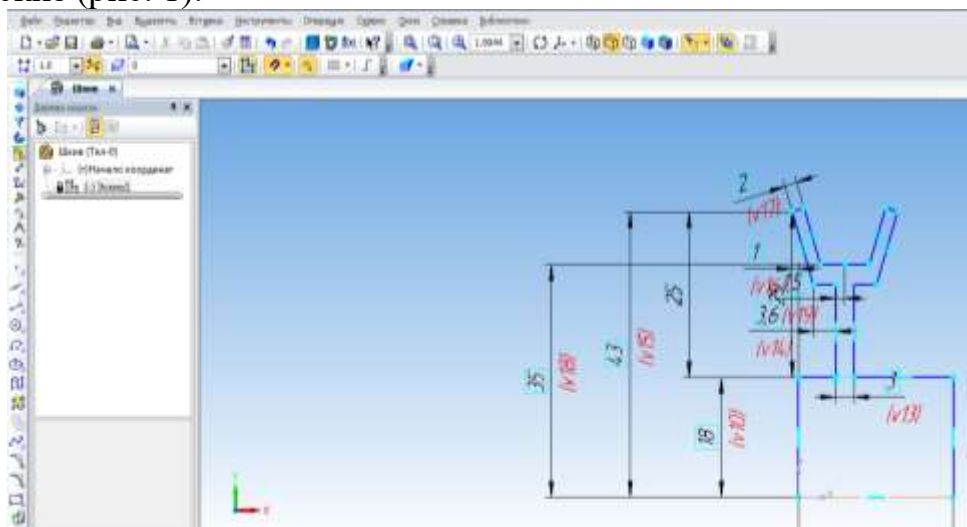


Рис. 1. Построение эскиза

С помощью операции «вращение» редактируем нашу модель, на панели свойств выбираем способ «сфероид», нажимаем «построение детали» и получаем модель шкива (рис. 2).

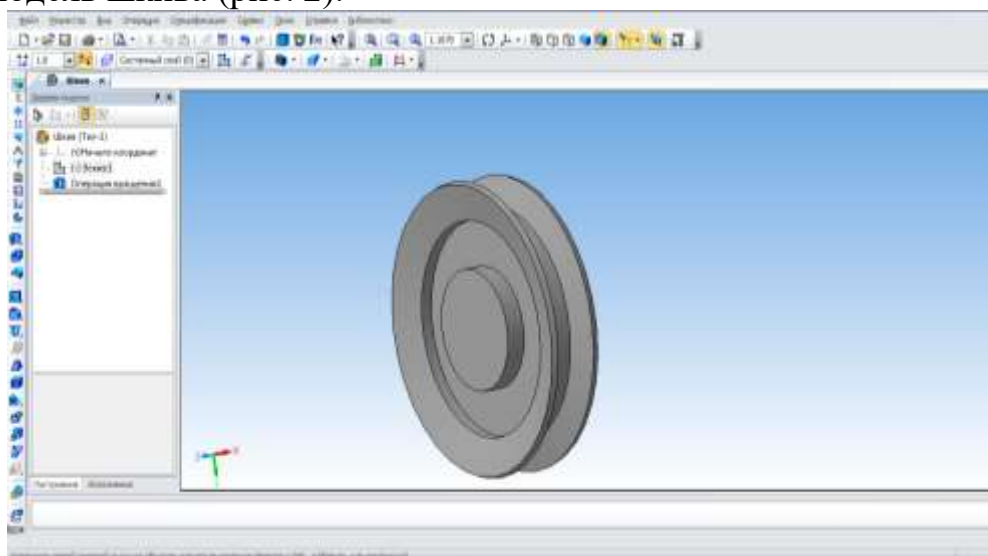


Рис. 2. Результат операции «вращение»

Необходимо создать отверстие под шпоночный паз. Для этого выбираем интересующую нас плоскость и нажимаем команду эскиз (рис. 3).

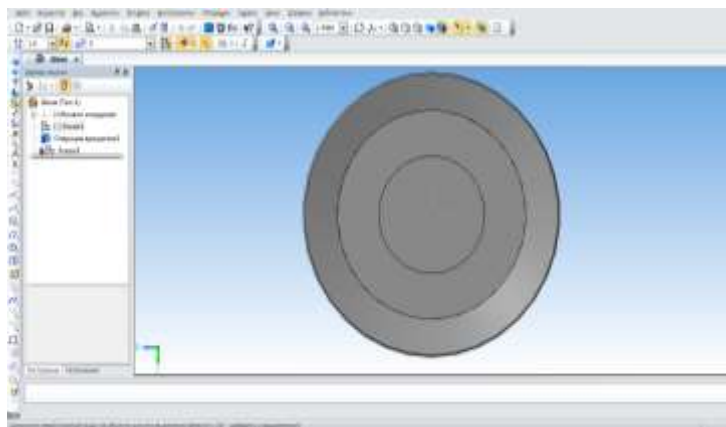


Рис. 3. Выбор плоскости для построения эскиза

Выбираем панель инструментов «*геометрия*», создаем окружность для будущего отверстия и прямоугольник для шпоночного паза (рис. 4).

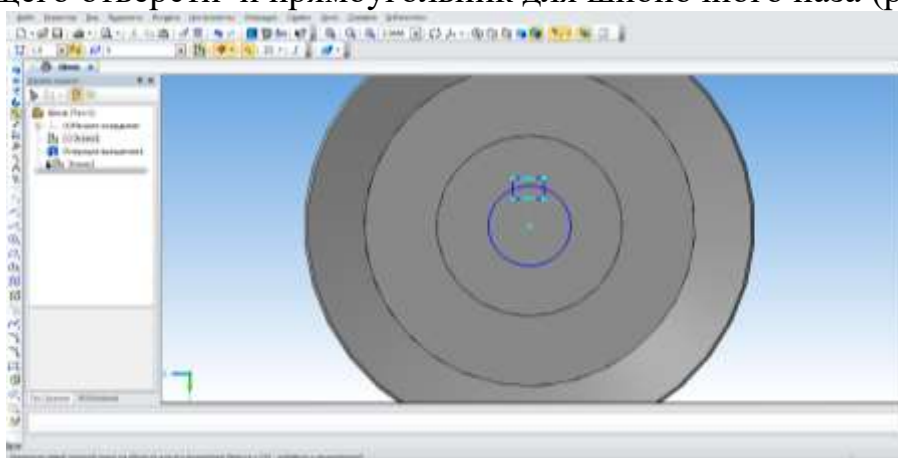


Рис. 4. Построение эскиза

Включаем параметрический режим, как это показано на рис. 2, заходим в инструментальную панель «*размеры*» и проставляем их на чертеже (рис. 5).

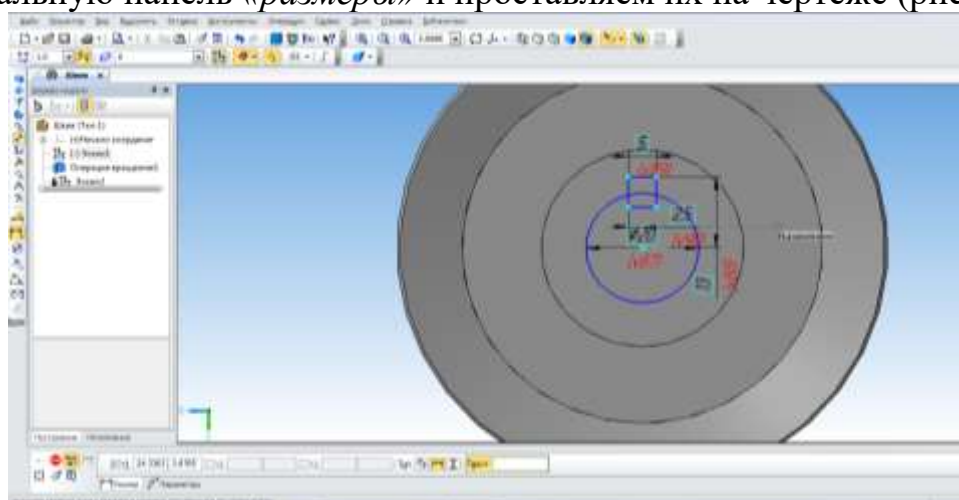


Рис. 5. Расстановка размеров в параметрическом режиме

Заходим в инструментальную модель «*редактирование*», выбираем действие «*усечь кривую*» и удаляем лишние отрезки и области (рис. 6).



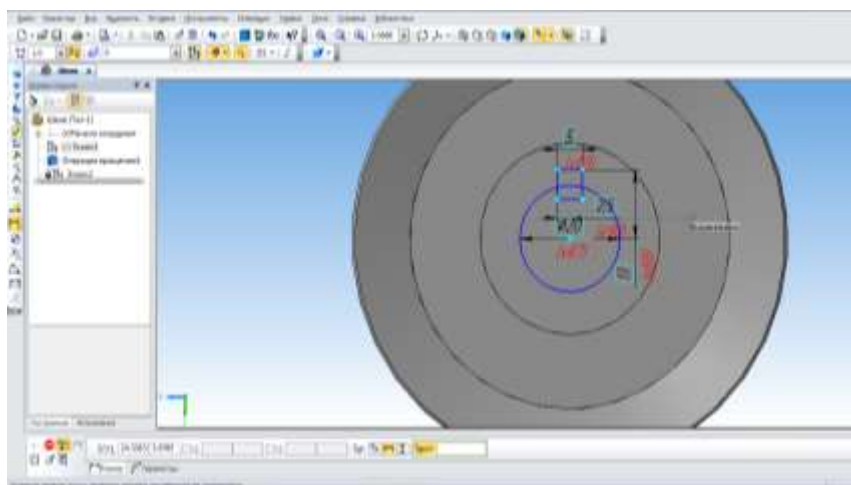


Рис. 6. Редактирование эскиза

Операцией «вырезать выдавливанием» выдавливаем эскиз через всю поверхность, получая отверстие с шпоночным пазом (рис. 7).

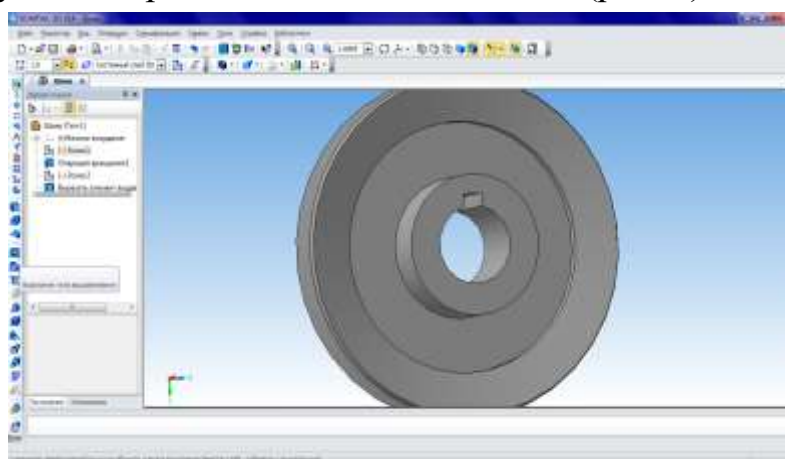


Рис. 7. Результат операции «вырезать выдавливанием»

Вращая модель, проведем скругление ребер радиусом 2 мм и построим фаски размером 1 мм. Модель шкива готова (рис. 8). Построение шкива закончено.

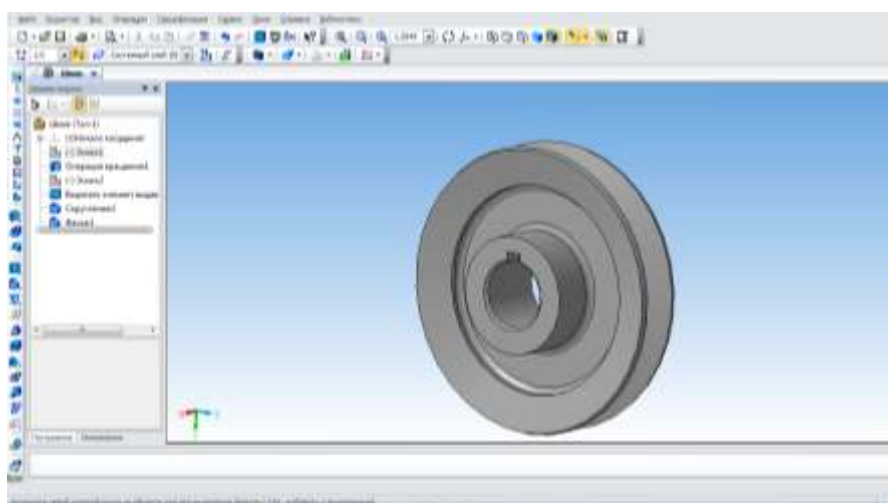


Рис. 8. Результат операции «вырезать выдавливанием»

## Занятие 7

### Создание детали «Полумуфта» в КОМПАС-3D

**Цель работы** – приобрести навыки и приемы проектирования с графическими документами в среде КОМПАС-3D.

**Оборудование:** ПК с установленным пакетом «Компас».

**Порядок выполнения работы:**

1. На приведенных примерах изучить действие команд и построения чертежа системы Компас.
2. Получить у преподавателя индивидуальные задания для выполнения практической части работы.
3. Создать трехмерную модель согласно полученному заданию.
4. Создать дополнительные детали, необходимые для сборки, согласно заданию преподавателя.
5. Продемонстрировать результат работы преподавателю.
6. Получить распечатку результатов выполнения работы.
7. Оформить отчет по лабораторной работе.

**Содержание отчета:**

1. Цель работы.
2. Электронная версия результатов построения
3. Выводы.

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение вспомогательных линий в Компас.
2. Параметры команд в Компас.
3. Алгоритм построения детали в пакете Компас.
4. Основные команды 3d моделирования доступные в Компас.
5. Основные сопряжения доступные в Компас.
6. Алгоритм создания детали в Компас.

**ПРИМЕР:**

### Создание детали «Полумуфта» в КОМПАС-3D

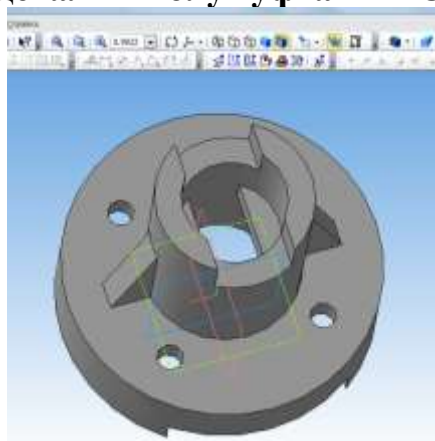


Рис. 1. «Полумуфта»

Построение детали (рис.1) начинаем с построения эскиза основания, выбирая одну из стандартных плоскостей. Выбираем плоскость ХУ и нажимаем кнопку «эскиз». Плоскость стала параллельна экрану, в панели «геометрия»

выбираем кнопку «непрерывный ввод объектов» и выполняем вычерчивание профиля (рис. 2)

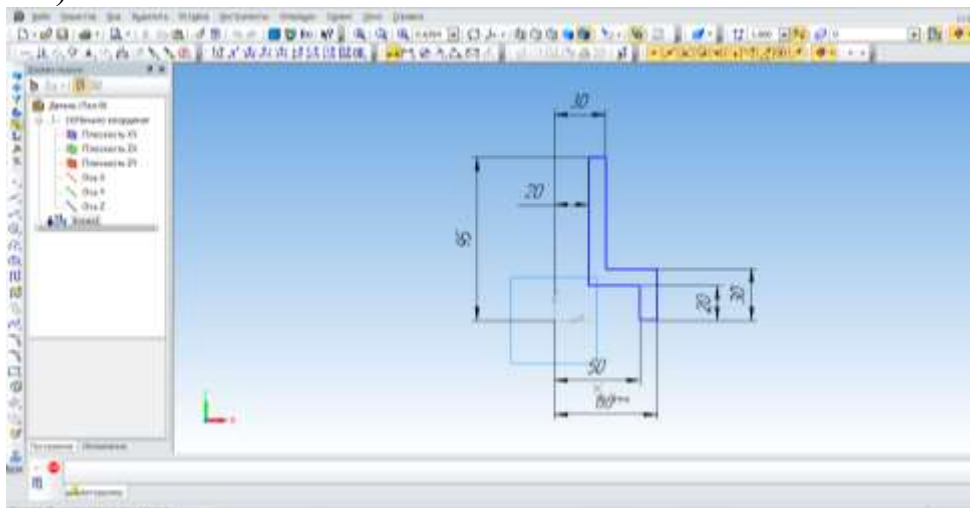


Рис. 2. Вычерчивание эскиза

Выполняем операцию вращения, убеждаясь, что во вкладке установлена позиция «тонкая стенка» и нажимаем «создать объект» - рис. 3-4.

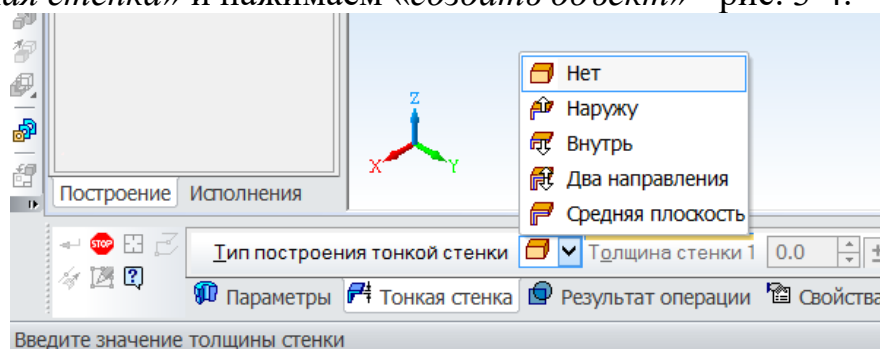


Рис. 3. Проверка параметров во вкладке «тонкая стенка»

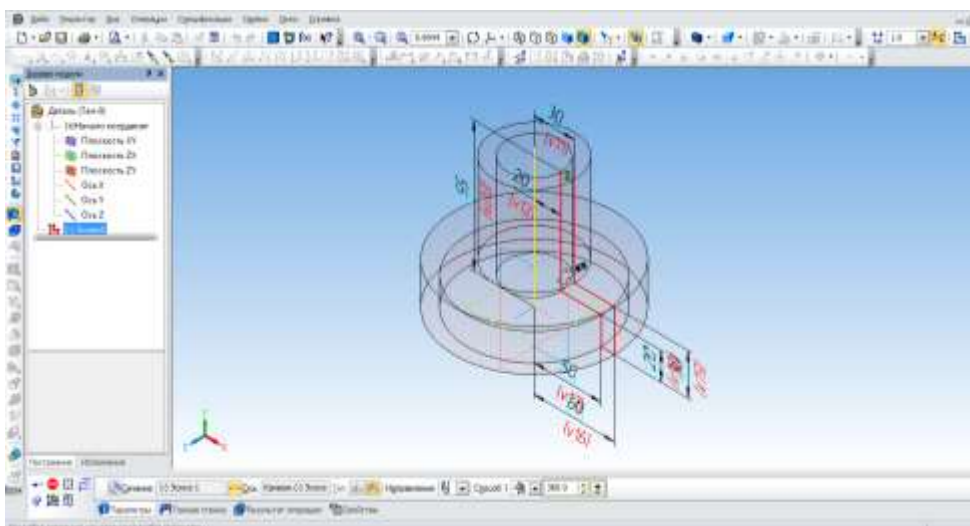


Рис. 4. Результат выполнения «операции вращения»

Выбирая плоскость XY необходимо построить дополнительные эскизы для последующего их выдавливания из детали (рис. 5)

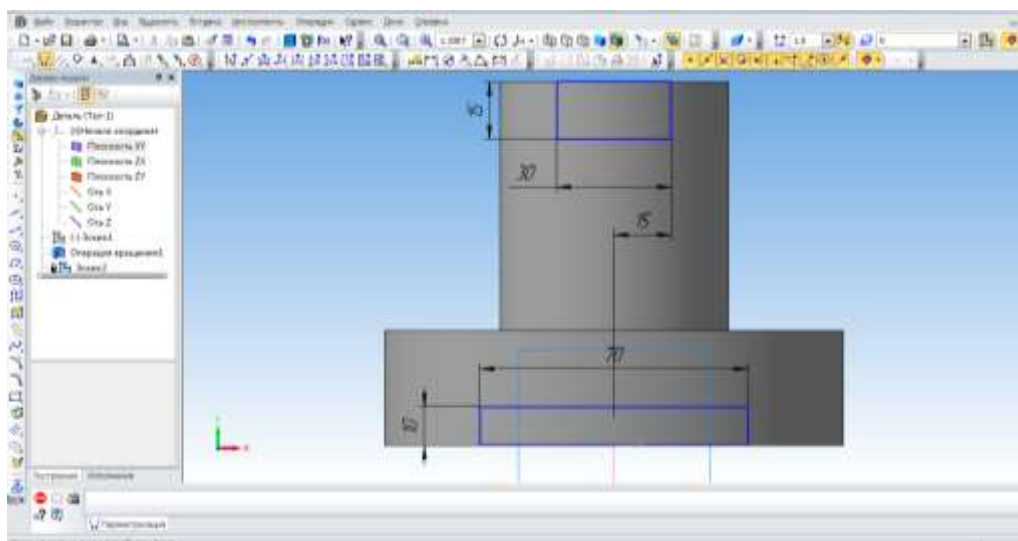


Рис. 5. Выбор плоскости и построение эскизов

После того, как создали эскизы будущих вырезов, выбираем команду «вырезать выдавливанием», задаем в параметрах выбираем «среднюю плоскость» и ставим расстояние чуть больше, чем у основания детали, либо это можно выполнить операцией «через все» во вкладке «параметры» (рис. 6). Результат операции представлен на рис. 7. Создаем вспомогательную геометрию в виде окружностей с осевыми линиями для рисования эскиза отверстия 8. Запускаем команду «вырезать выдавливанием», выбираем в параметрах «прямое направление». Выбираем параметр «до поверхности» и указываем ее, повернув предварительно модель (рис. 9). Результат выполнения операции указан на рис. 10.

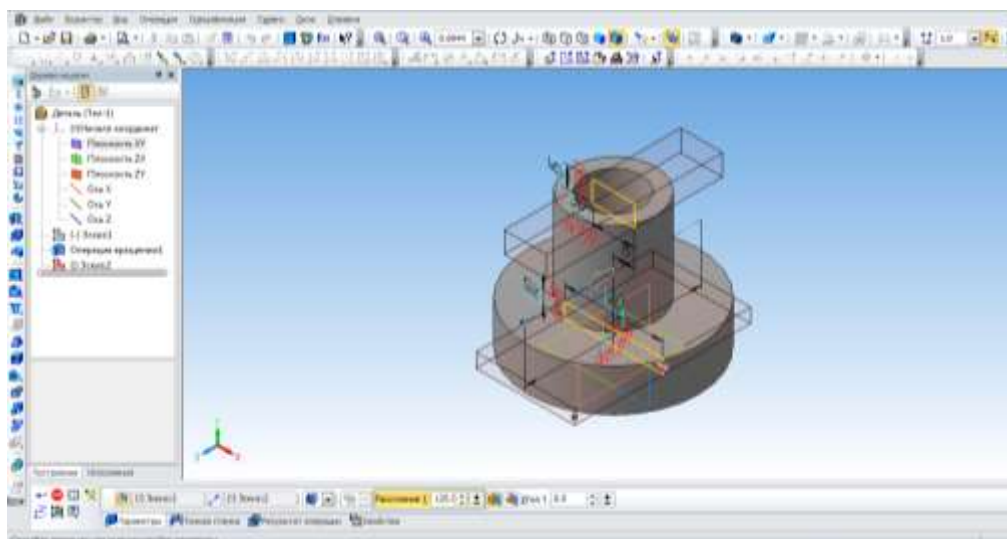


Рис. 6. Выдавливание эскизов

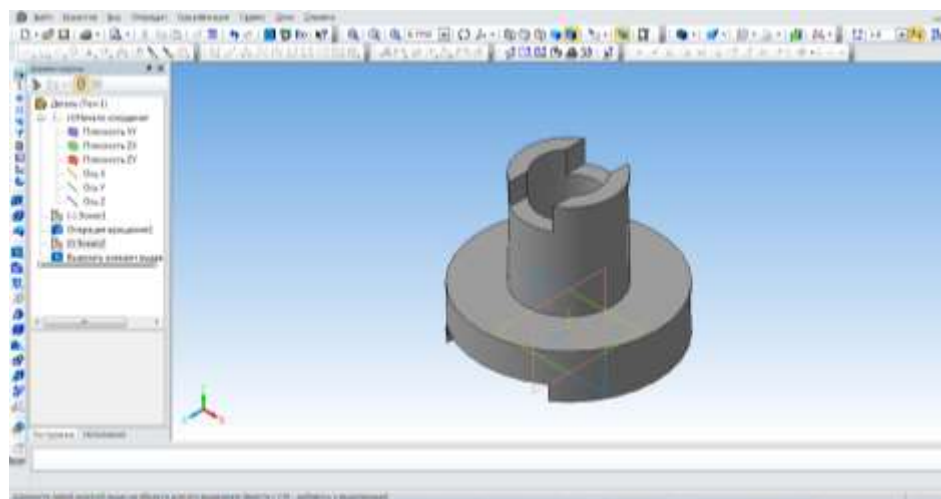


Рис. 7. Результат операции «выдавливание»

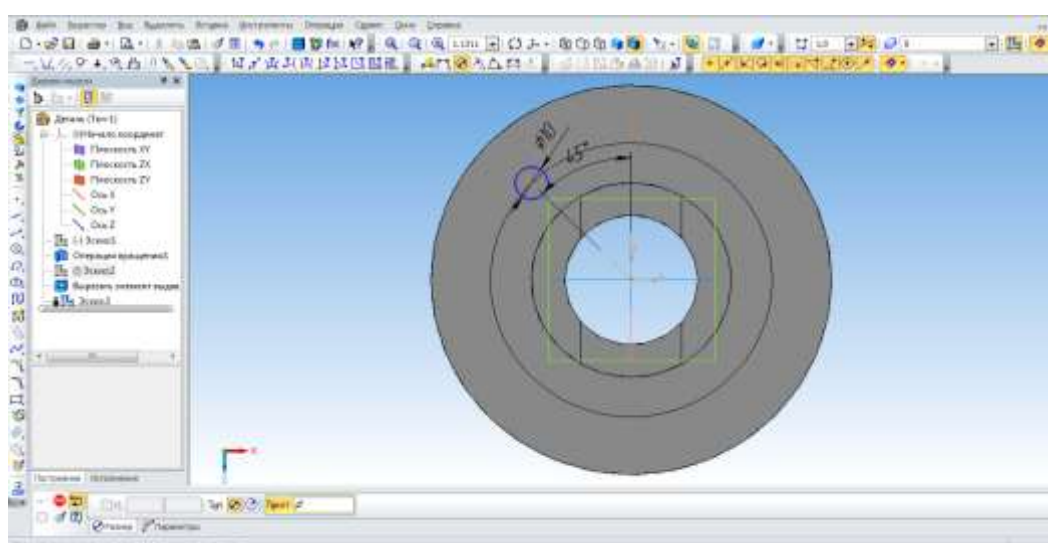


Рис. 8. Построение эскиза отверстие

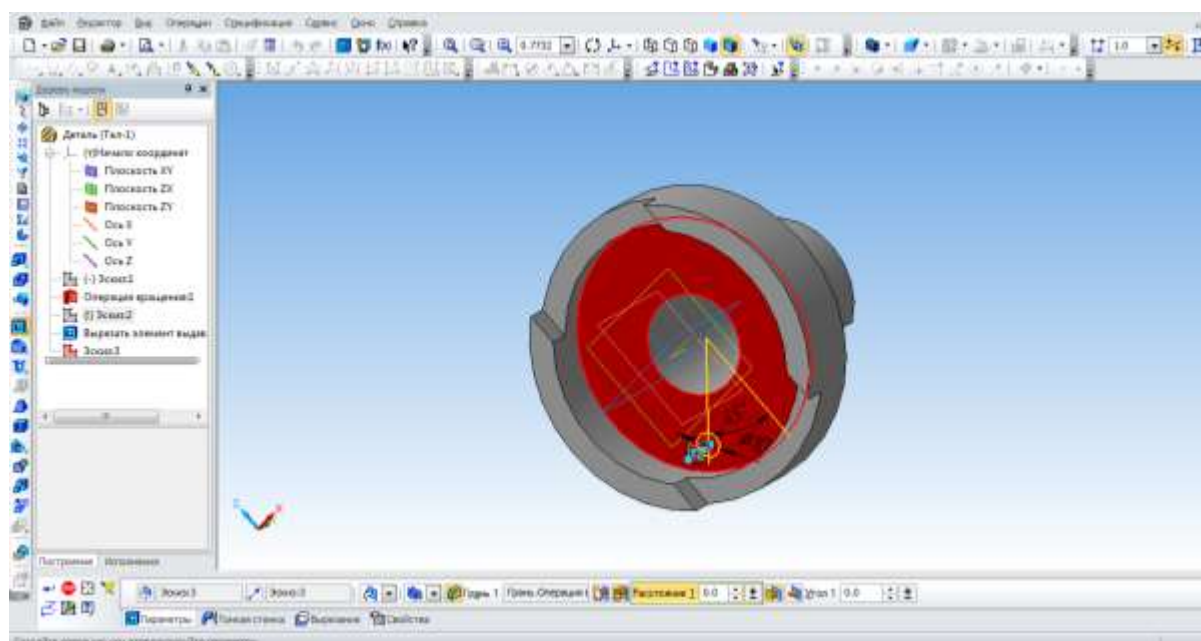


Рис. 9. Выдавливание отверстия до указанной поверхности



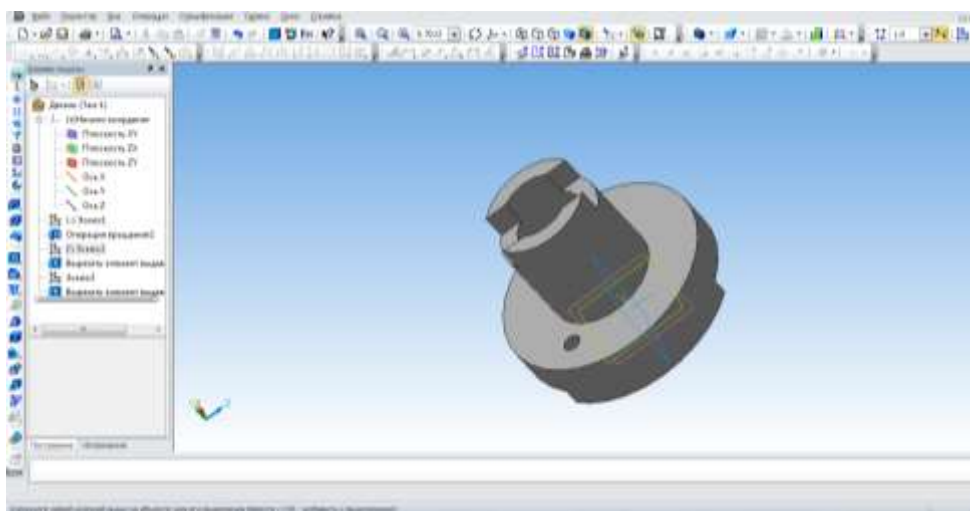


Рис. 10. Выдавливание отверстия до указанной поверхности

Для того, чтобы построить еще три отверстия, выбираем панель «массивы», запускаем команду «массив по концентрической сетке» и указываем в дереве построений ранее созданную операцию для отверстия «вырезать выдавливанием» (рис. 11)

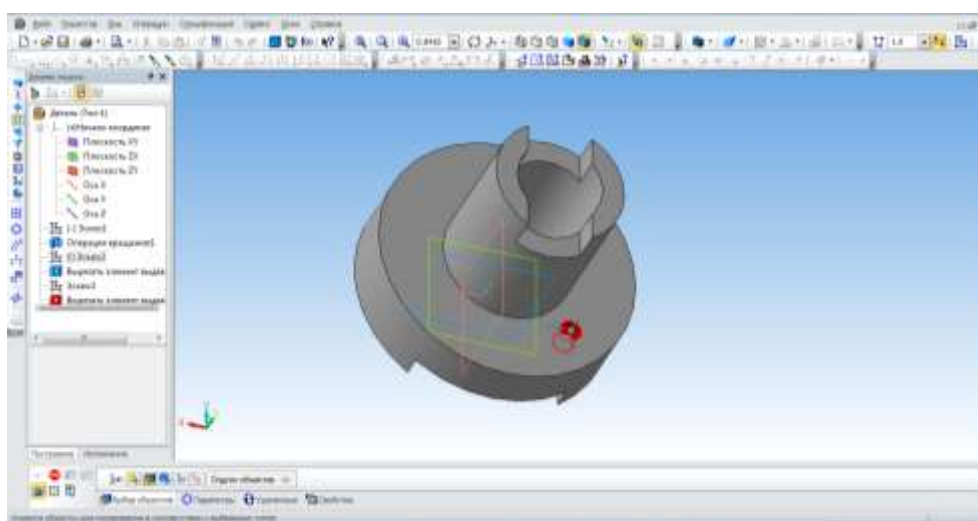


Рис. 11. Выбор объекта для построения массива

Затем выбираем внутреннюю плоскость и в параметрах задаем количество отверстий, шаг 360 градусов и нажимаем кнопку «создать объект». Результаты проделанных операции указаны на рис. 12-13.

Для создания ребер жесткости, создадим эскиз плоскости XY, как это показано на рис. 14. Необходимо обратить внимание, что при построении эскиза, линия должна пересечься с гранями детали.

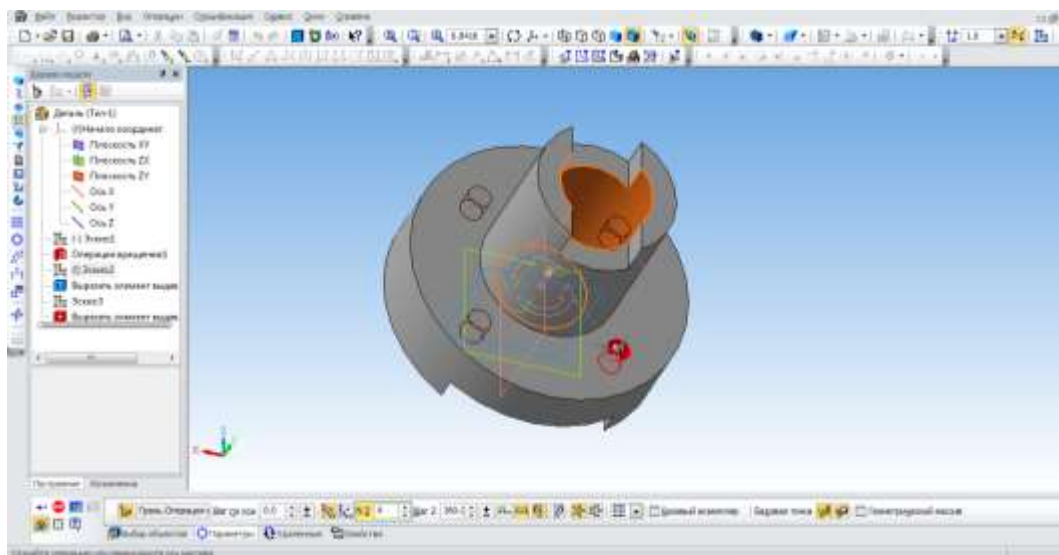


Рис. 12. Построение массива

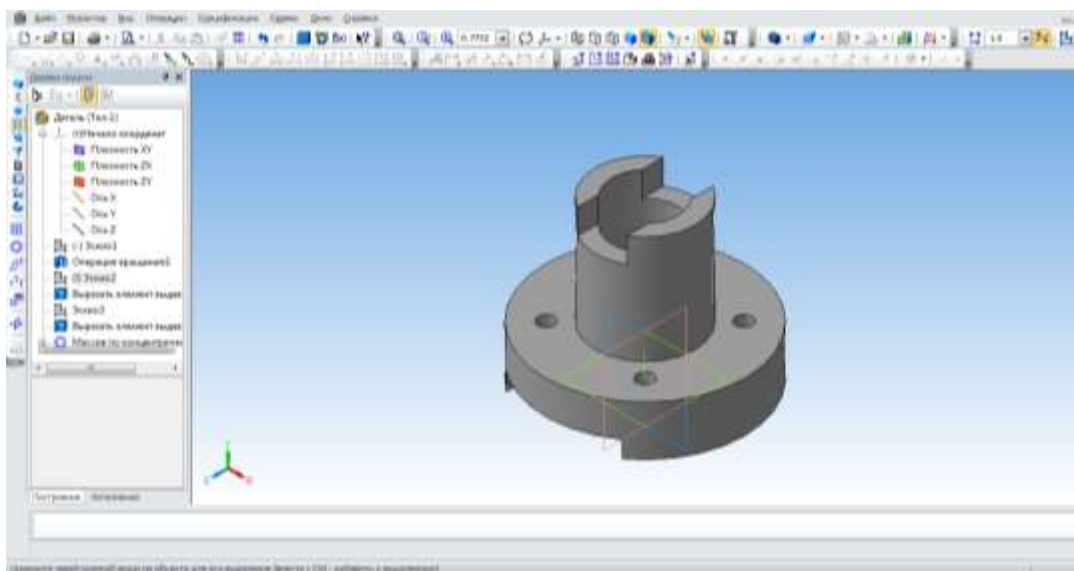


Рис. 13. Результат операции «массив по концентрической сетке»

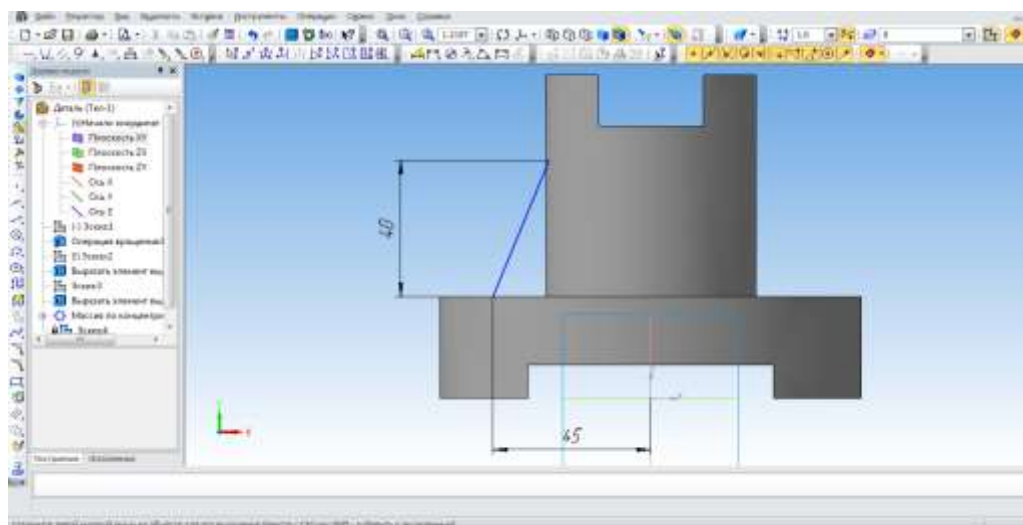


Рис. 14. Построение эскиза



Запускаем команду «ребро жесткости», задаем «толщину» стенки 10 мм и задаем «прямое направление». Нажимаем создать объект (рис. 15)

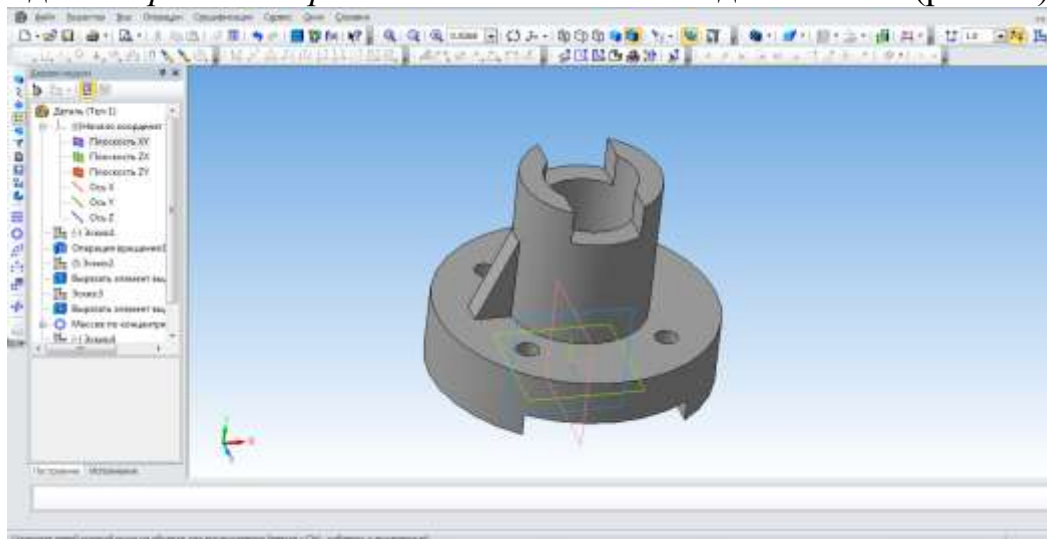


Рис. 15. Построение ребра жесткости

Для последующего построения эскиза плоскости XY, задаем вид: «невидимые линии» тонкие. Затем на панели «геометрия» запускаем команду «вспомогательная вертикальная прямая» и ставим в точке, указанной на рисунке 16. Вычерчиваем эскиз, показанный на рис. 17. Запускаем команду «операция выдавливанием». Выбираем тип направления «оба направления» и «до поверхности» цилиндра. Нажимаем «создать объект» (рис. 18). Зеркально отображаем ребро и элемент, который создали в предыдущей операции. Запускаем «зеркальный массив», выбираем объекты из списка дерева модели, и указываем плоскость ZY, на которую будем зеркально отображать. Нажимаем «создать объект» (рис. 19).

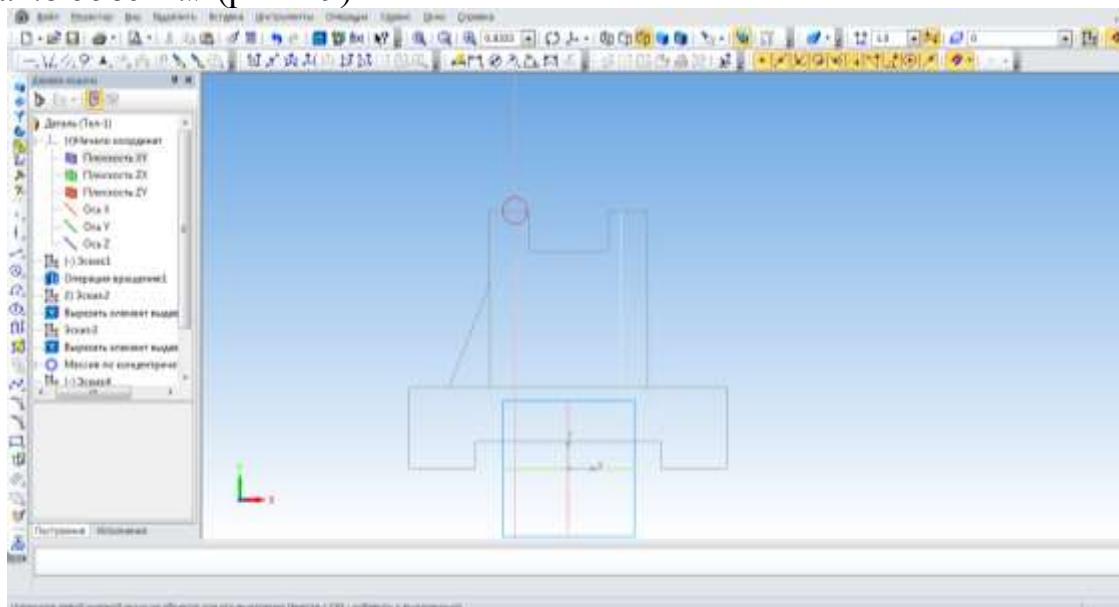


Рис. 16. Построение вспомогательной геометрии

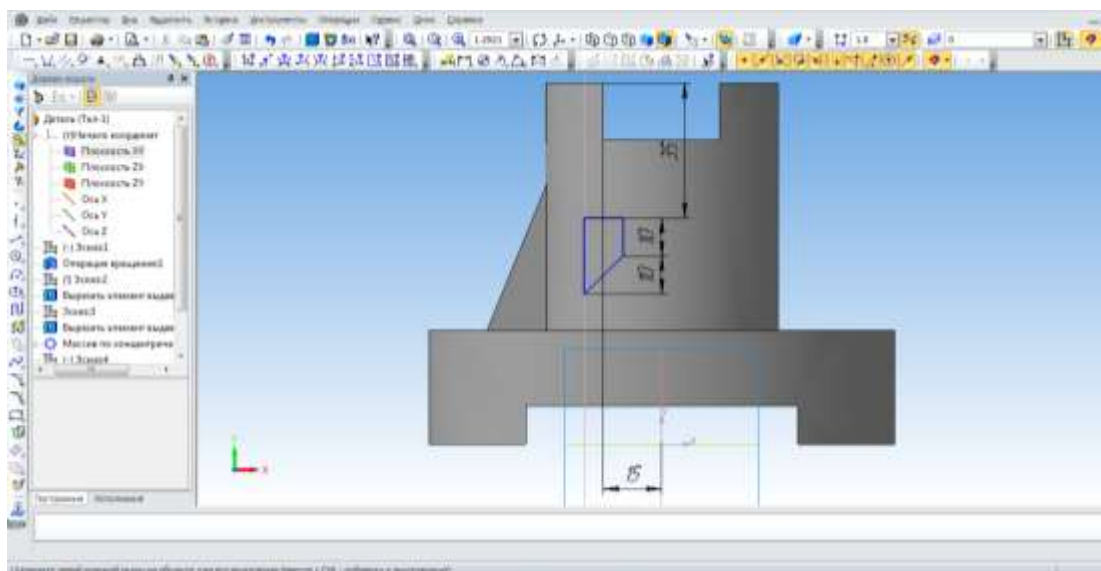


Рис. 17. Построение эскиза

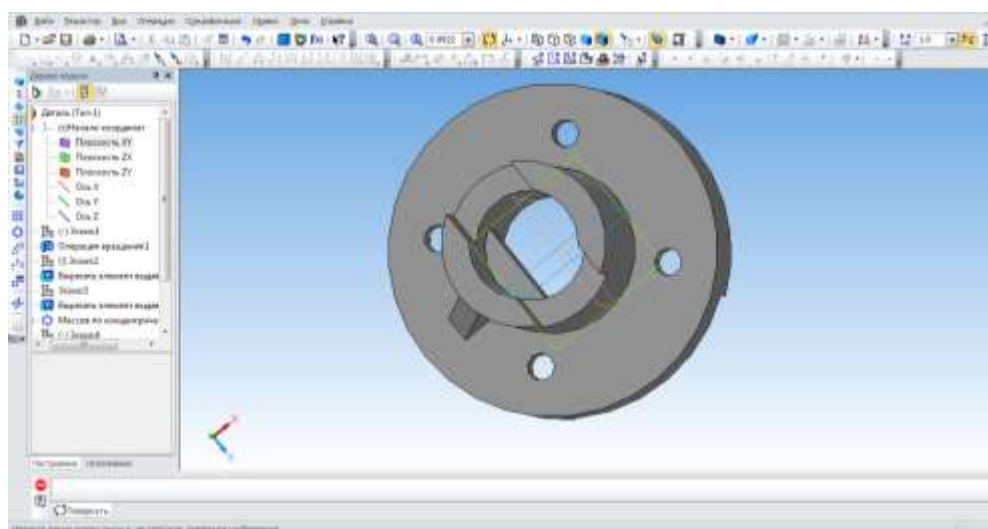


Рис. 18. Результат операции «выдавливание»

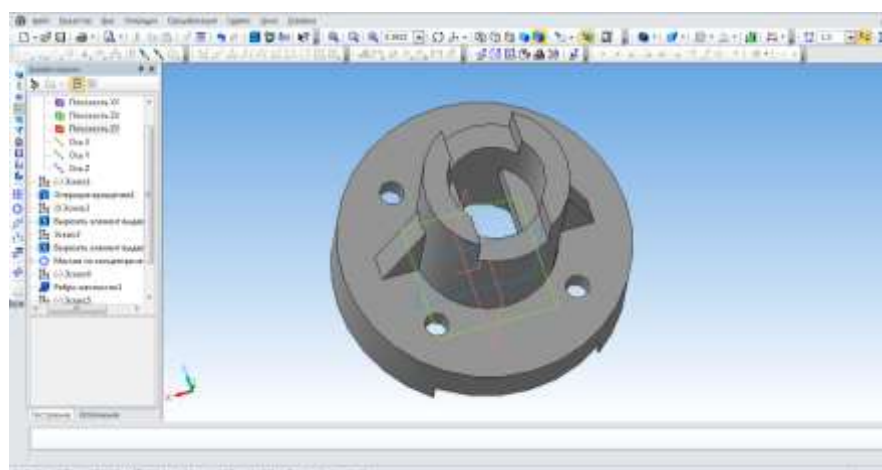


Рис. 19. Результат операции «зеркальный массив»

## Занятие 8

### Создание детали «Кронштейн» в КОМПАС-3D

**Цель работы** – приобрести навыки и приемы проектирования с графическими документами в среде КОМПАС-3D .

**Оборудование:** ПК с установленным пакетом «Компас».

**Порядок выполнения работы:**

1. На приведенных примерах изучить действие команд и построения чертежа системы Компас.
2. Получить у преподавателя индивидуальные задания для выполнения практической части работы.
3. Создать трехмерную модель согласно полученному заданию.
4. Создать дополнительные детали необходимые для сборки согласно заданию преподавателя.
5. Продемонстрировать результат работы преподавателю.
6. Получить распечатку результатов выполнения работы.
7. Оформить отчет по лабораторной работе.

**Содержание отчета:**

1. Цель работы.
2. Электронная версия результатов построения
3. Выводы.

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение вспомогательных линий в Компас.
2. Параметры команд в Компас.
3. Алгоритм построения детали в пакете Компас.
4. Основные команды 3d моделирования доступные в Компас.
5. Основные сопряжения доступные в Компас.
6. Алгоритм создания детали в Компас.

**ПРИМЕР:**

### Создание детали «Кронштейн» в КОМПАС-3D

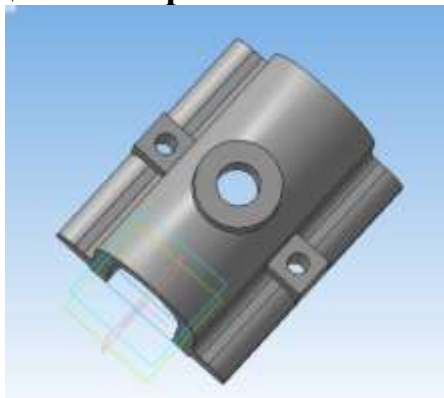


Рис. 1. Деталь «кронштейн»

Построение данной детали (рис.1) начинаем с создания передней части: для этого нужно начать с создания его плоского эскиза. Как правило, для построения эскиза основания, выбирают одну из стандартных плоскостей

проекций. Выбираем плоскость ХУ и нажимаем кнопку *эскиз*. Плоскость стала параллельна экрану, теперь можно чертить саму переднюю часть. Нажмем кнопку *геометрия* на панели переключения, ниже откроется одноименная инструментальная панель, а теперь нажмем кнопку *прямоугольник*. Начертим небольшой прямоугольник так, чтобы точка начала координат эскиза оказалась внутри прямоугольника (рис. 2)

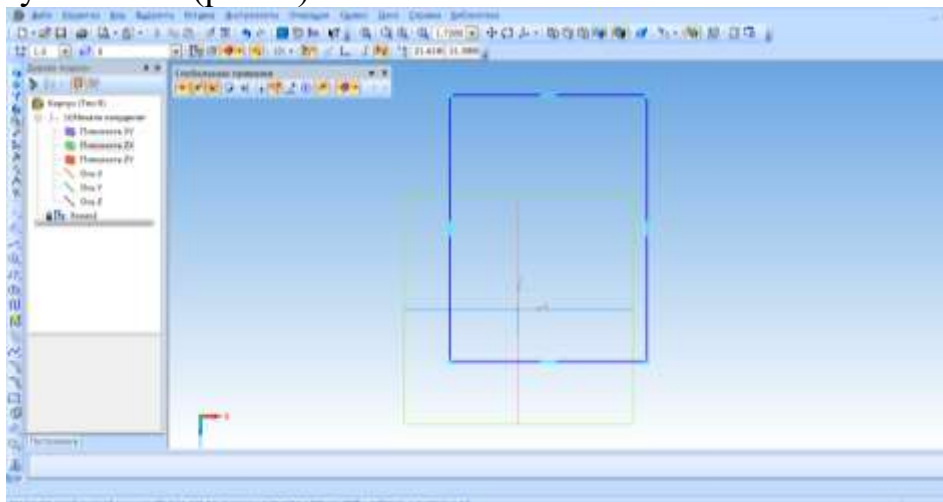


Рис. 2. Построение эскиза

Нажмем кнопку *«отрезок»*, построим диагональ прямоугольника, с помощью привязки *«ближайшая точка»*. Обязательно изменим стиль линии с *«основная»* на *«тонкая»*. Укажем середину диагонали с помощью привязки *«середина отрезка»* (рис. 3)

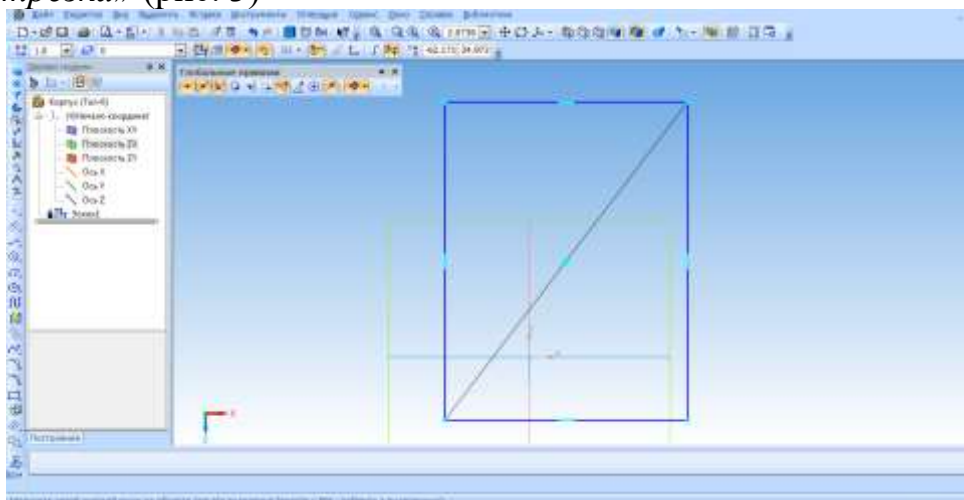


Рис. 3. Построение вспомогательной геометрии

Нажмем кнопку *«параметризация»* на панели переключения и кнопку *«объединить точки»*. Укажем начало координат эскиза и точку на диагонали прямоугольника. Центр прямоугольника переместится в точку начала координат (рис. 4). Построим прямоугольник с произвольными размерами, для этого нажмем кнопку *«автора размер»*, на инструментальной панели *«размеры»*. Построим вертикальный размер и присвоим ему значение 50 мм, а горизонтальному 40 мм. На панели *«геометрия»* нажимаем кнопку

«окружность». Вводим в окно радиус 20 мм. Лишние элементы обрезаем с помощью команды «усечь кривую» на панели «редактирование» (рис. 5).

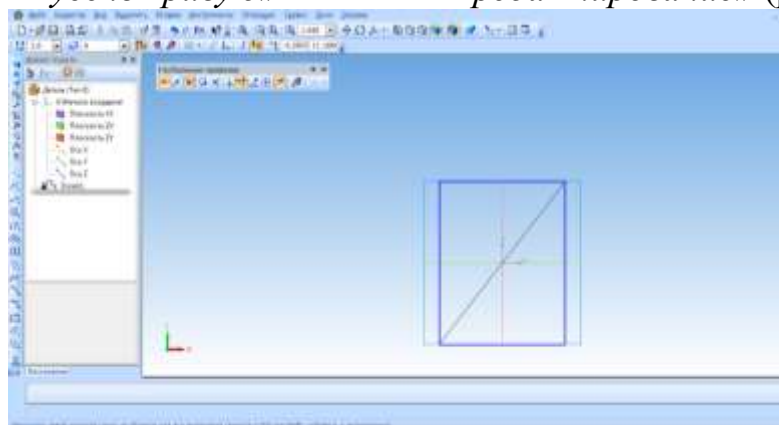


Рис. 4. Построение вспомогательной геометрии

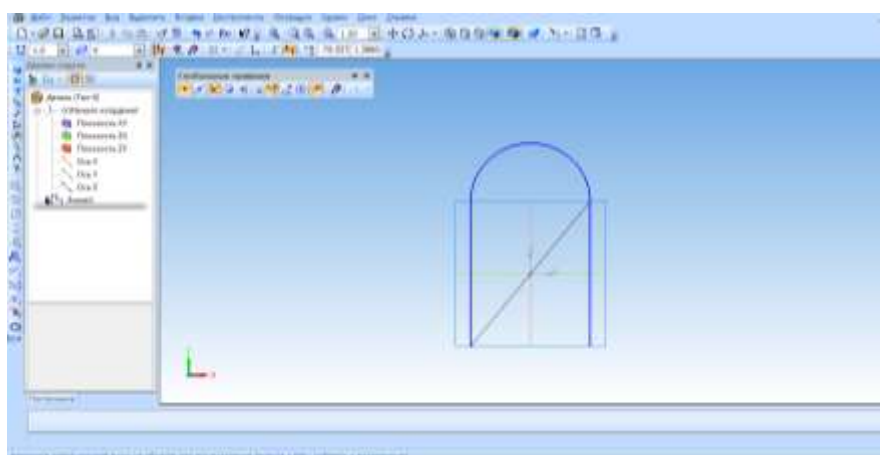


Рис. 5. Построение эскиза

Повторим сделанные операции, только ширину прямоугольника возьмем равной 60 мм, а радиус окружности равным 30 мм. Командой «усечь кривую» удалим лишние построения (рис. 6)

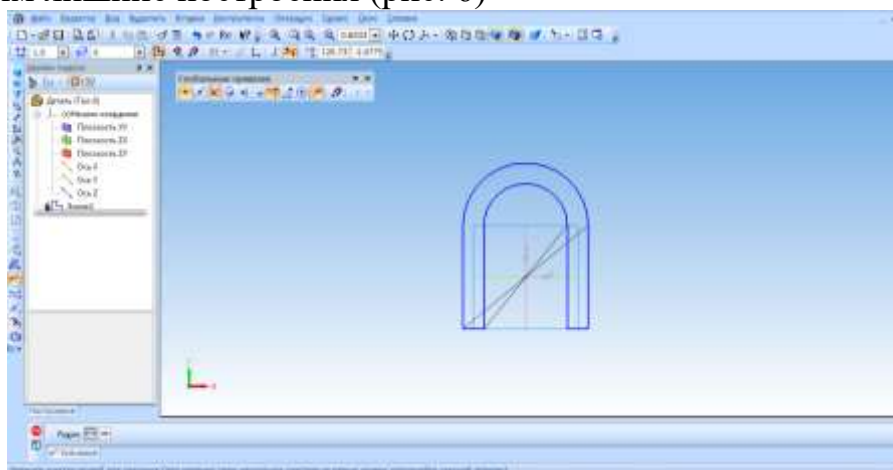


Рис. 6. Построение эскиза

Нарисуем прямоугольник высотой 50 мм и шириной 100 мм. Повторим операции с нахождением середины диагонали и соединением точек с помощью привязок «ближайшая точка» и «середина» (рис. 7).



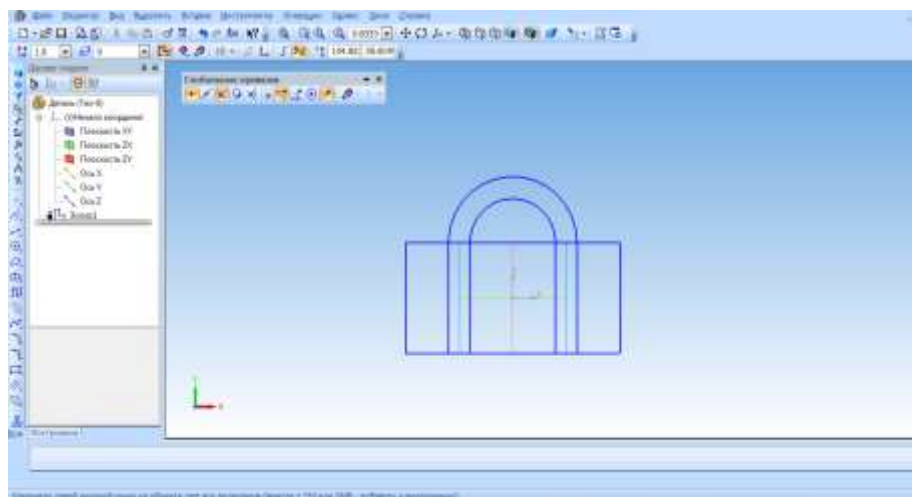


Рис. 7. Построение эскиза

Чтобы нарисовать выступы детали проведем вспомогательные прямые на расстоянии 5 и 20 от нижнего основания прямоугольника. Для этого используем команду «вспомогательная прямая» на панели «геометрия». Затем прорисуем командой «отрезок» нужные нам элементы (нам помогут привязки «пересечение» и «ближайшая точка»). Лишние построения удалим командой «усечь кривую» (рис. 8).

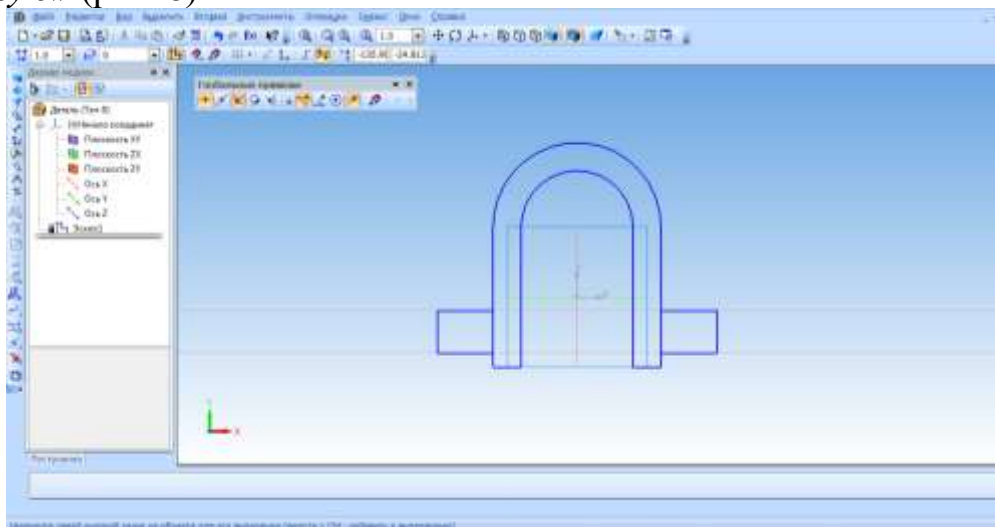


Рис. 8. Построение эскиза

Командой *скругление* на панели «геометрия» задаем радиус скругления 5-10 мм. Результат операции представлен на рис. 9. Выберем «операцию выдавливания» на панели «редактирование детали». На экране появится фантом трехмерного элемента — временное изображение, показывающее текущее состояние создаваемого объекта (рис. 10). В поле «расстояние 1» вводим число 120 мм. Выбираем «обратное направление». Нажимаем кнопку «создать объект» (рис. 11).



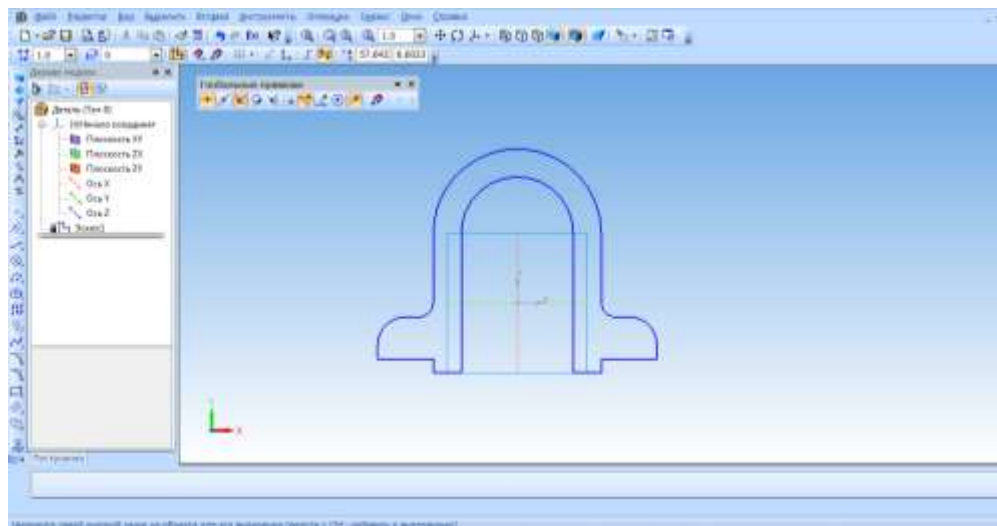


Рис. 9. Построение эскиза

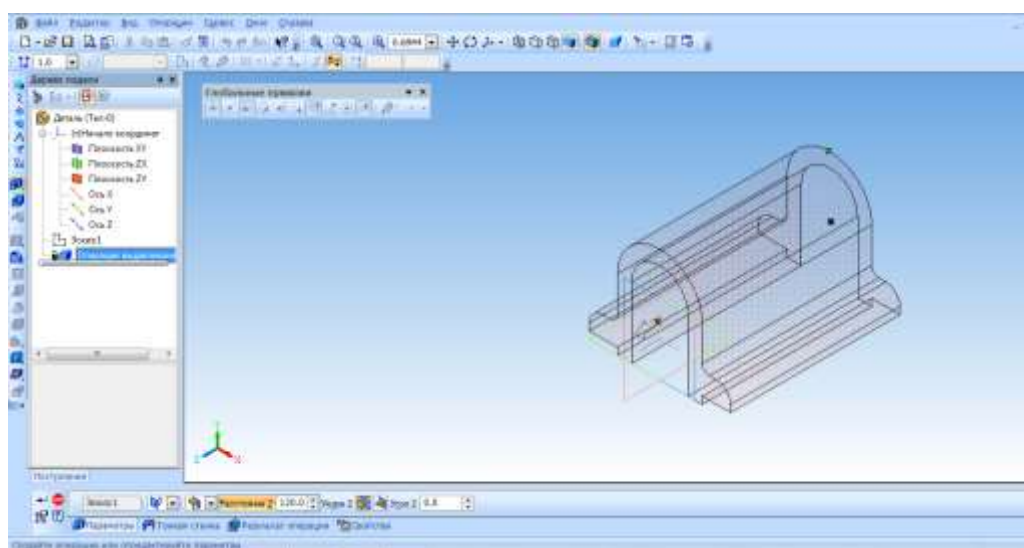


Рис. 10. Выдавливание эскиза

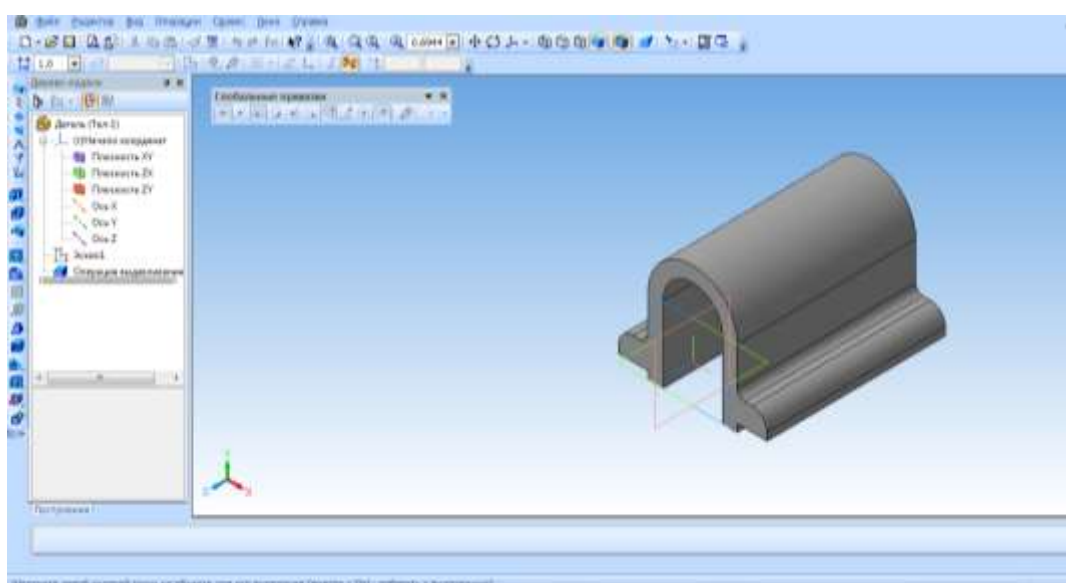


Рис. 11. Результат операции выдавливания

Поворачивая модель, выбираем плоскость показанную на рисунке 1.12

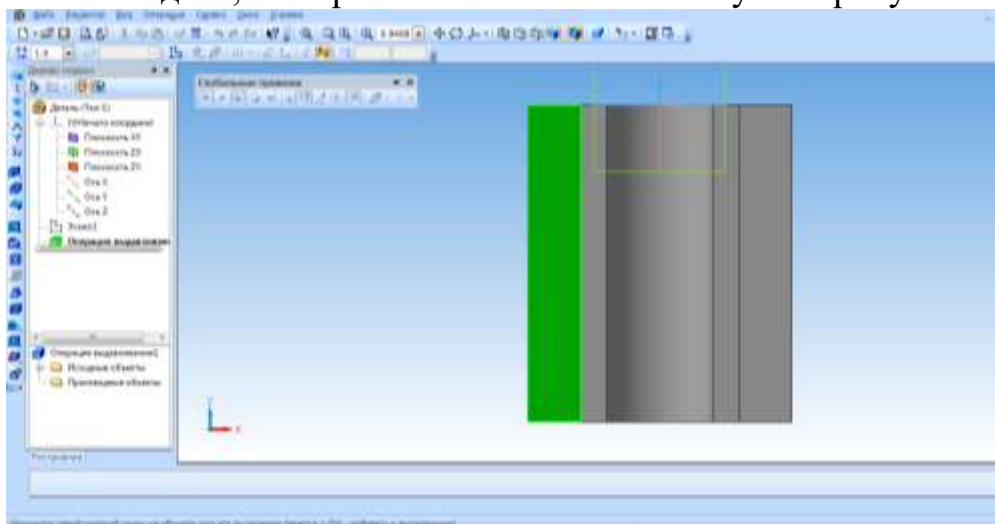


Рис. 12. Выбор плоскости

Построим на выбранной плоскости эскиз квадрата с размерами 20 мм в высоту и 20 мм в длину. Выдавим квадрат на высоту 30 мм. Результат операции показан на рис. 13.

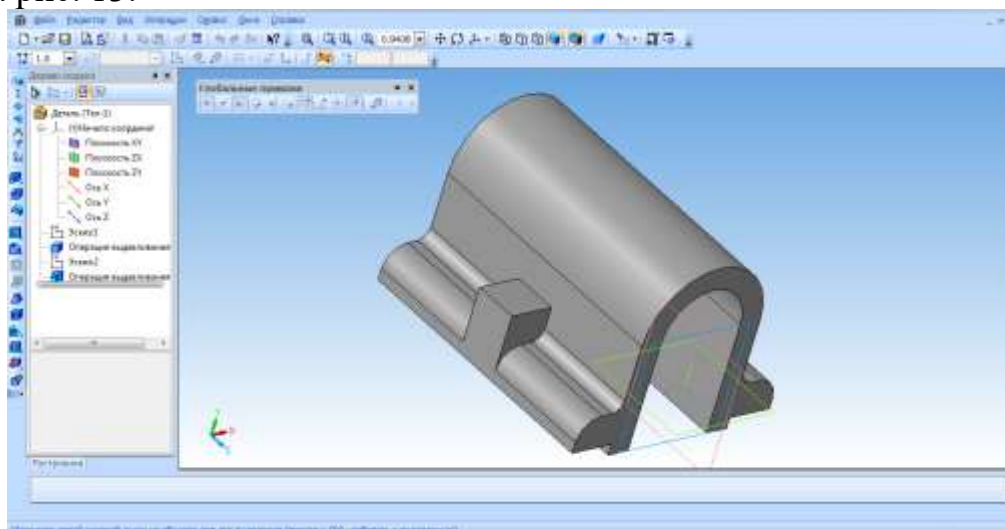


Рис. 13. Результат операции «выдавливание»

Выбираем эскиз квадрата. Рисуем на нем окружность радиусом 10 мм и используем команду «вырезать выдавливанием» с параметром «через все». Результат операции показан на рис. 14.

Отобразим симметрично вытянутый эскиз квадрата с отверстием с помощью команды «зеркальный массив», указав ранее сделанные операции вытягивания в «дереве модели» (рис. 15). С помощью команды «смещенная плоскость», на панели «вспомогательная геометрия» создадим плоскость на вершине детали. Данная плоскость будет параллельна плоскости ZX, и пройдет по нижней грани кривой. Теперь нажимаем «эскиз», рисуем эскиз с окружностью диаметром 40 мм и производим «операцию выдавливания». Результат операции показан на рис. 16.

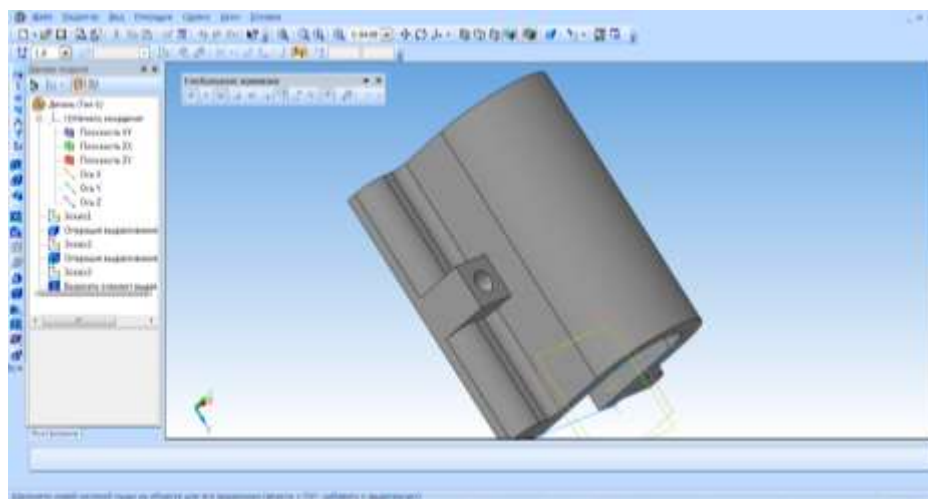


Рис. 14. Результат операции «вырезать выдавливанием»

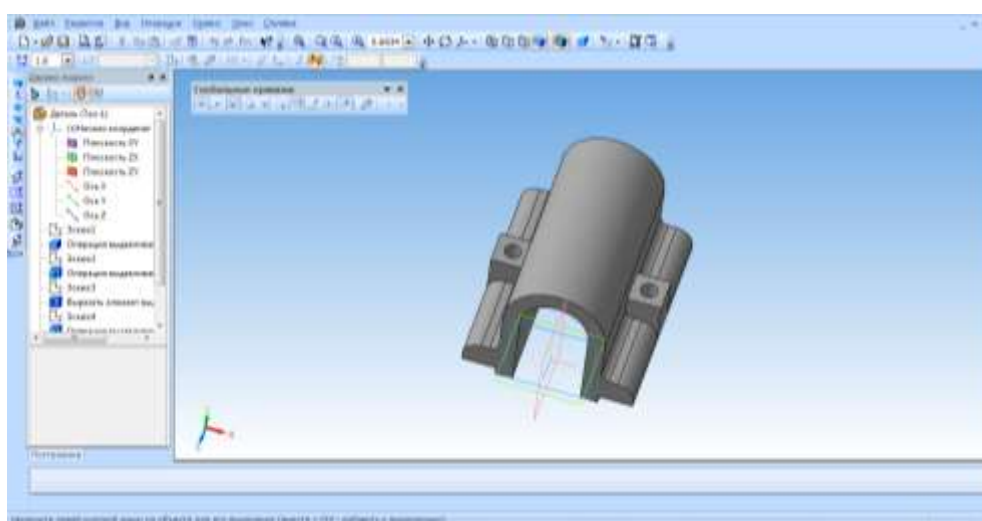


Рис. 15. Результат операции «зеркальный массив»

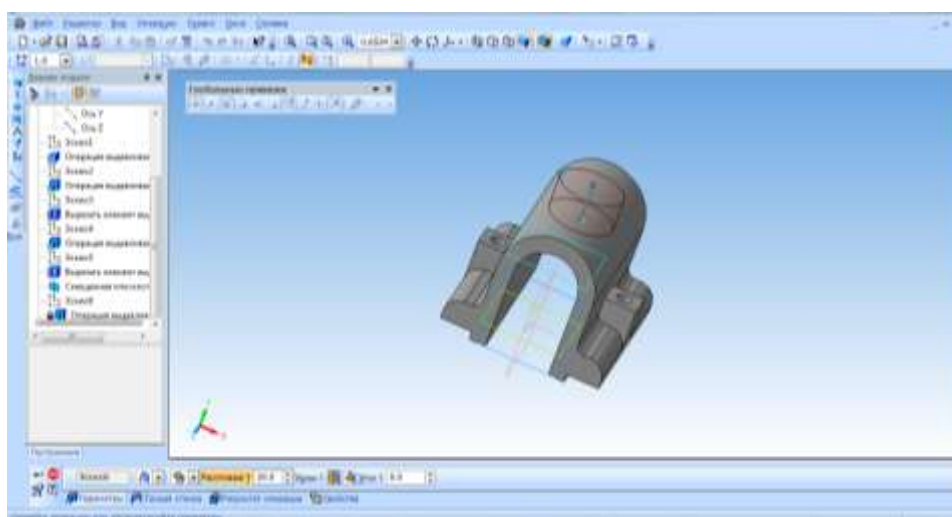


Рис. 16. Результат операции «выдавливание»

Выбираем верхнюю поверхность цилиндра, нажимаем *эскиз*, и рисуем окружность *диаметром 20 мм*, которую нужно вырезать с помощью команды «*вырезать выдавливанием*» с параметром выдавливания «*через все*» (рис. 17).

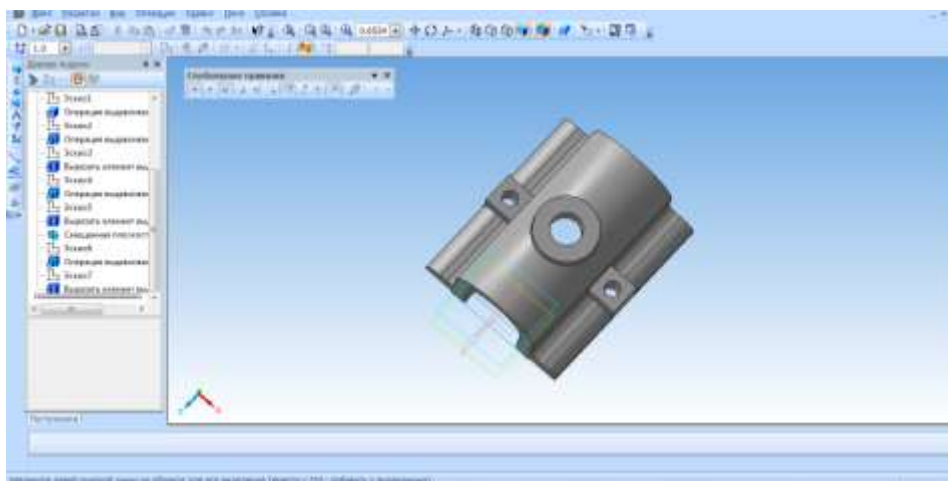


Рис. 17. Результат операции «вырезать выдавливанием»

## Занятие 9

### Создание детали «Основание адаптера» в КОМПАС-3D

**Цель работы** – приобрести навыки и приемы проектирования с графическими документами в среде КОМПАС-3D.

**Оборудование:** ПК с установленным пакетом «Компас».

**Порядок выполнения работы:**

1. На приведенных примерах изучить действие команд и построения чертежа системы Компас.
2. Получить у преподавателя индивидуальные задания для выполнения практической части работы.
3. Создать трехмерную модель согласно полученному заданию.
4. Создать дополнительные детали, необходимые для сборки согласно заданию преподавателя.
5. Продемонстрировать результат работы преподавателю.
6. Получить распечатку результатов выполнения работы.
7. Оформить отчет по лабораторной работе.

**Содержание отчета:**





1. Цель работы.
2. Электронная версия результатов построения
3. Выводы.

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение вспомогательных линий в Компас.
2. Параметры команд в Компас.
3. Алгоритм построения детали в пакете Компас.
4. Основные команды 3d моделирования доступные в Компас.
5. Основные сопряжения доступные в Компас.
6. Алгоритм создания детали в Компас.

## ПРИМЕР:

### Создание детали «Основание адаптера» в КОМПАС-3D

Нажмите кнопку «Эскиз»  на панели «Текущее состояние». Система перейдет в режим редактирования эскиза, Плоскость XY станет параллельной экрану. Нажмите кнопку «Геометрия»  на «Панели переключения». Ниже откроется одноименная инструментальная панель. Нажмите кнопку «Прямоугольник»  на панели «Геометрия» . Начертите небольшой прямоугольник так, чтобы точка начала координат эскиза оказалась внутри прямоугольника. Для построения достаточно указать две точки на любой из диагоналей (рисунок 1)

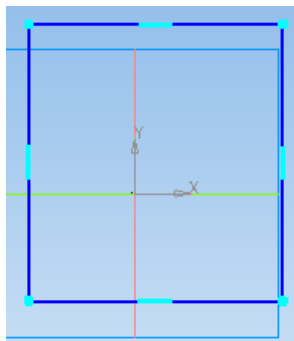




Рис. 1. Построение диагонали прямоугольника


Использование Привязок. Привязки — механизм, позволяющий точно задать положение курсора, выбрав условие его позиционирования (например, в ближайшей характерной точке объекта, в его середине, на пересечении двух объектов и т.д.). Управлять привязками удобно с помощью специальной панели «Глобальные привязки». Выполните команду «Вид – Панели инструментов».

В Меню панелей укажите «Глобальные привязки». На экране появится панель «Глобальные привязки» (рис. 2).




Рис. 2. Меню глобальных привязок

Перетащите панель мышью за заголовок на свободное место над окном документа. Нажмите кнопку «Отрезок»  на панели «Геометрия» .

Постройте диагональ прямоугольника — с помощью привязки «Ближайшая точка» укажите две вершины прямоугольника. Для этого подведите курсор к вершине прямоугольника. На экране отобразится название привязки, а в указанной точке появится значок, свидетельствующий о срабатывании привязки. Нажмите левую кнопку мыши и точка, отмеченная значком, будет зафиксирована. Аналогично укажите вторую вершину (рис. 3). Нажмите кнопку «Прервать команду»  на панели специального управления.

Диагональ прямоугольника необходима для его правильного размещения в эскизе. В то же время, она не должна участвовать непосредственно в создании элемента — это будет нарушением одного из основных требований к эскизам.

Изменение стиля линии решает эту проблему, так как при построении учитываются только основные (синие) линии. На панели «Глобальные привязки» включите привязки «Середина» и «Угловая». Нажмите кнопку «Точка» . С помощью привязки «Ближайшая точка» постройте точку на середине диагонали (рис. 4).

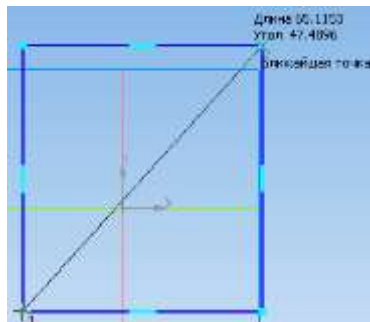


Рис. 3. Построение эскиза

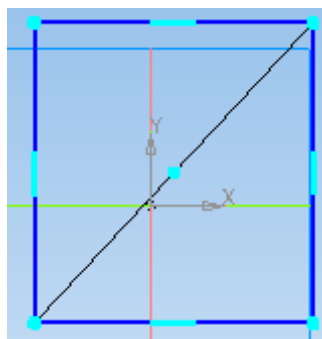


Рис. 4. Построение эскиза

Нажмите кнопку «Параметризация»  на «Панели переключения» и кнопку «Объединить точки» . Укажите начало координат эскиза и точку на диагонали прямоугольника. Центр прямоугольника переместится в точку начала координат (рис. 5).

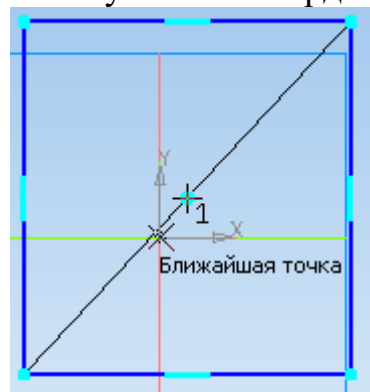







Рис. 5. Построение эскиза

Нажмите кнопку «Авторазмер»  на инструментальной панели «Размеры» . Укажите мишенью верхний горизонтальный отрезок, задайте положение размерной линии. В поле «Выражение» диалогового окна «Установить значение размера» введите значение 22.6 мм и нажмите кнопку



«OK». Постройте вертикальный размер, и присвойте ему значение 16.3 мм. Закройте эскиз. Для этого нажмите кнопку «Эскиз»  еще раз. Нажмите кнопку «Операция выдавливания»  на панели «Редактирование детали» . На экране появится фантом трехмерного элемента — временное изображение, показывающее текущее состояние создаваемого объекта (рис. 6).

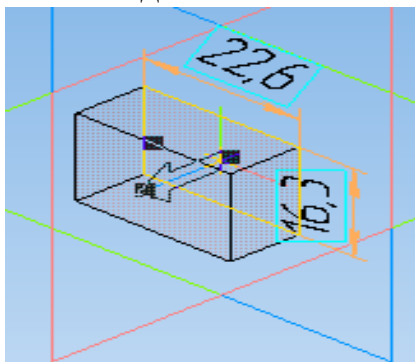


Рис. 6. Операция выдавливания

Введите число 8,7. Значение попадет в поле «Расстояние 1» на Панели свойств. Это результат работы режима «Предопределенного ввода» параметров (рис. 7).

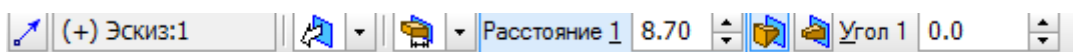



Рис. 7. Параметры операции выдавливания

Нажмите клавишу «Enter» для фиксации значения. Нажмите кнопку «Создать объект»  на «Панели специального управления» — будет построено основание детали (рис. 8).

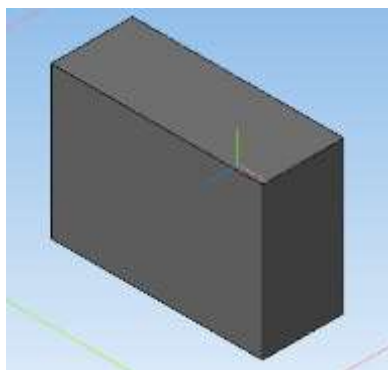


Рис. 8. Результат операции выдавливания

Укажите переднюю грань основания (рис. 9) и нажмите кнопку «Эскиз».

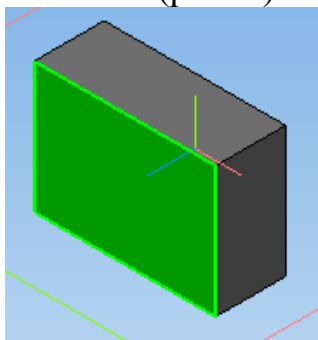


Рис. 9. Результат операции выдавливания

На поверхности строим окружность диаметром 15.4 (рис. 10).

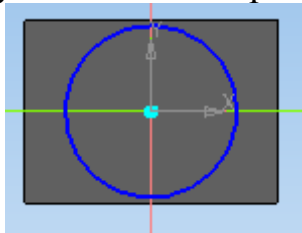


Рис. 10. Построение окружности

Повторяем операцию и указываем диаметр 12.4 мм (рис. 11).

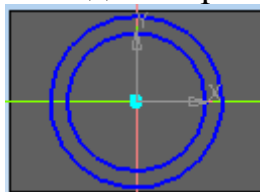





Рис. 11. Построение второй окружности

Закройте «эскиз» . Нажмите кнопку «Вырезать выдавливанием»  на панели «Редактирование детали»  (рис. 12).

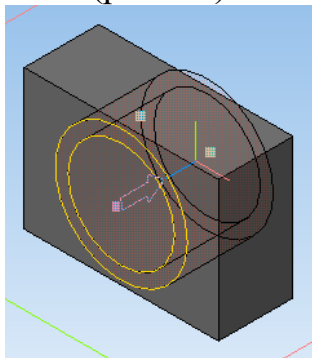


Рис. 12. Предварительное изображение операции «вырезать выдавливанием»

Введите число 0.5 мм. Значение попадет в поле «Расстояние 1» на Панели свойств. Нажмите клавишу «Enter» для фиксации значения (рис. 13).

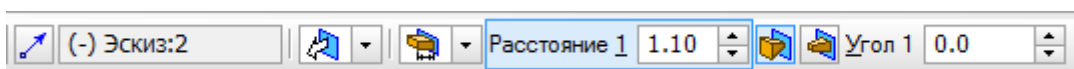



Рис. 13. Панель свойств операции «вырезать выдавливанием»

Нажмите кнопку «Создать объект»  на Панели специального управления (рис. 14).

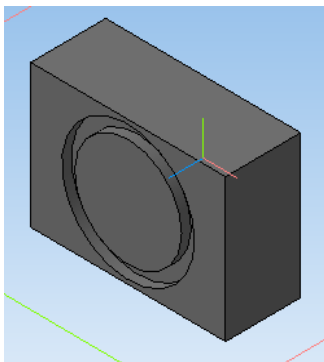


Рис. 14. Результат операции «вырезать выдавливанием»

Укажите грань, как показано на рис. 15 и нажмите кнопку «Эскиз» .

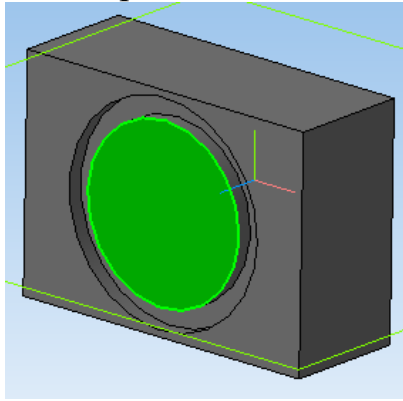


Рис. 15. Результат операции «вырезать выдавливанием»

Из центра координат отложим (вверх) отрезок длиной 8.15 мм. Затем из его конца отрезок (влево) длиной 2.7 мм и вниз длиной 6 мм. В конце отрезка построим окружность диаметром 3 мм (рис. 16).

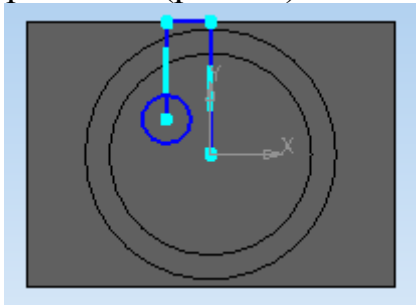




Рис. 16. Построение эскиза

Нажмите кнопку «Усечь кривую»  на панели «Редактирование» . Указываем мишенью на все отрезки, чтобы осталась только окружность (рис. 17).

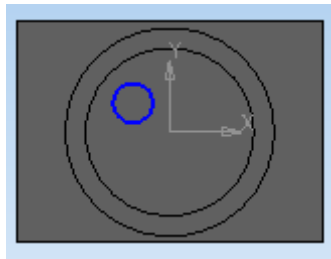


Рис. 17. Построение эскиза

Для того, чтобы построить еще три отверстия, выбираем панель «массивы», запускаем команду «массив по concentрической сетке». Устанавливая параметры «равномерно по окружности», указывая количество отверстий, получаем изображение, представленное на рис. 18.

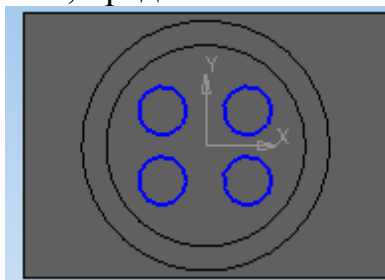


Рис. 18. Построение массива

Из центра координат строим отрезок (вверх) так, чтобы он выходил за пределы корпуса. От его конца отложим отрезок 3.7 мм влево и 3.7 мм вправо. От концов отрезков отложим отрезки пересекающие корпус (рис. 19).

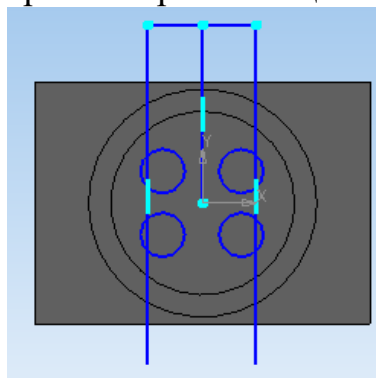







Рис. 19. Построение эскиза

Удалим отрезок посередине. Из центра координат отложим отрезок вверх и вниз 3.3 мм, а из их концов проведем отрезки влево и вправо, чтобы они выходили за пределы корпуса (рис. 20). С помощью функции *усечь кривую* убираем ненужные на объекты (рис. 21). Закройте «эскиз» . Нажмите кнопку «Вырезать выдавливанием»  на панели «Редактирование детали»  (Рисунок 22). Введите число 6.2. Значение попадет в поле «Расстояние 1» на Панели свойств. Нажмите клавишу «Enter» для фиксации значения (рис. 23). Нажмите кнопку «Создать объект»  на Панели специального управления (рис. 24). Укажите грань и нажмите кнопку «Эскиз»  (рис. 25). Зададим координаты окружности с помощью вспомогательных линий рисунок (рис. 26).

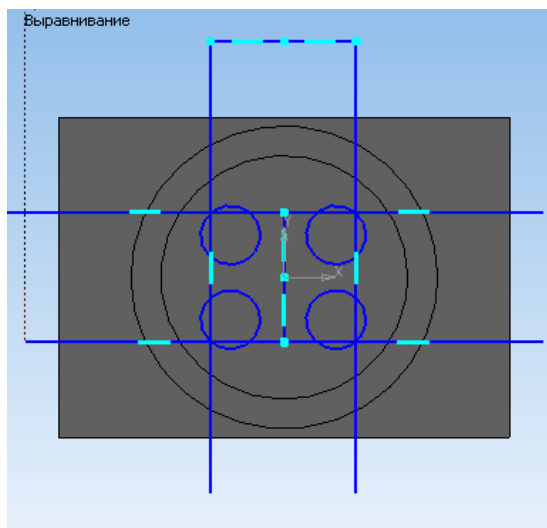


Рис. 20. Построение эскиза

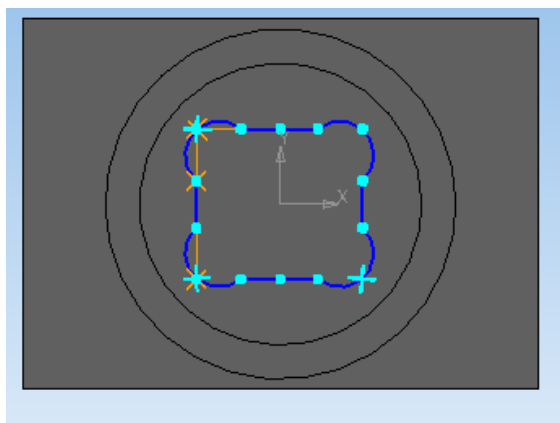


Рис. 21. Построение эскиза

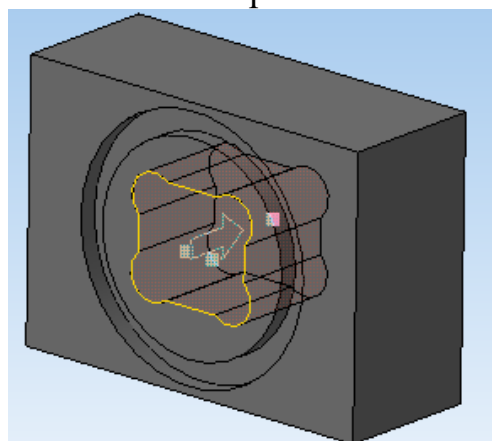


Рис. 22. Предварительное изображение операции  
«вырезать выдавливанием»

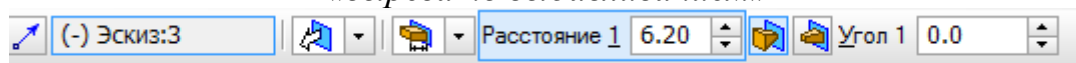


Рис. 23. Параметры операции «вырезать выдавливанием»

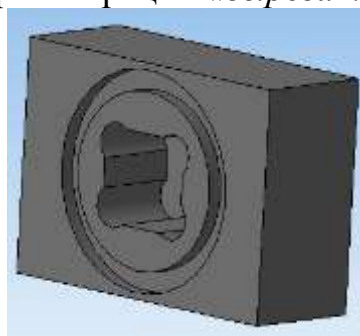


Рис. 24. Результат операции «вырезать выдавливанием»

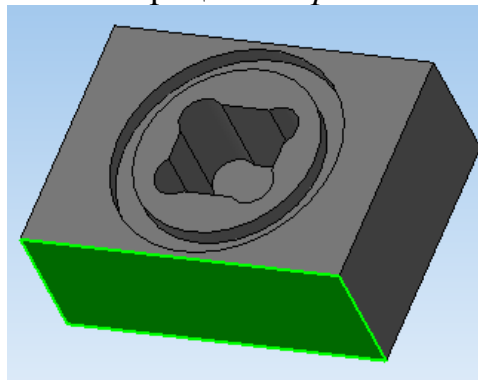


Рис. 25. Выбор грани для построения эскиза

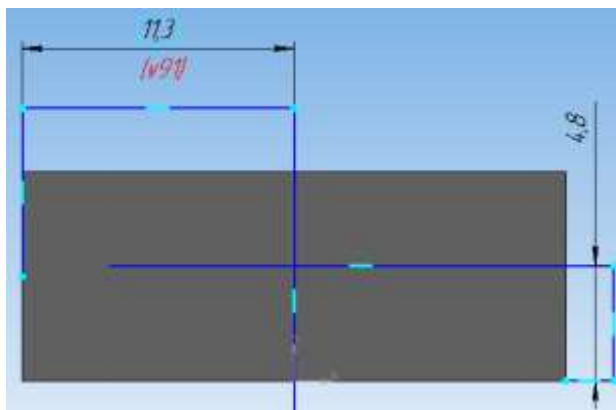



Рис. 26. Построение эскиза

Построим окружность диаметром 5.2 мм (М6х0,75) в точке пересечения  
Убираем вспомогательные линии (рис. 27). Закройте «эскиз» .

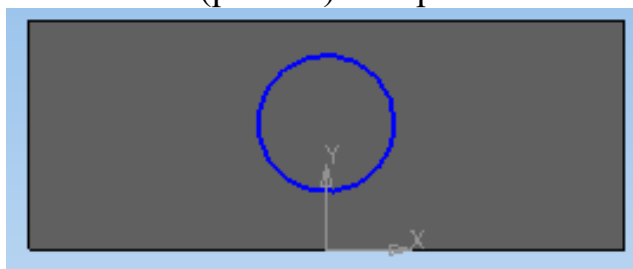




Рис. 27. Построение эскиза

Нажмите кнопку «Вырезать выдавливанием»  на панели «Редактирование детали»  (рис. 28)

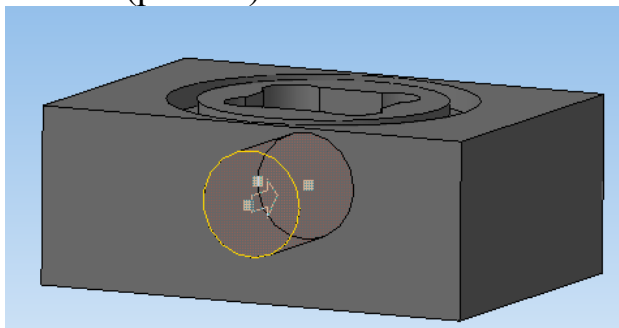


Рис. 28. Предварительное изображение операции  
«вырезать выдавливанием»

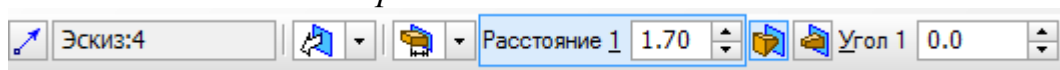



Рис. 29. Параметры операции «вырезать выдавливанием»

Введите число 1.7 мм . Значение попадет в поле «Расстояние 1» на Панели свойств. Нажмите клавишу «Enter» для фиксации значения (рис. 29).

Нажмите кнопку «Создать объект»  на Панели специального управления (рис. 30).



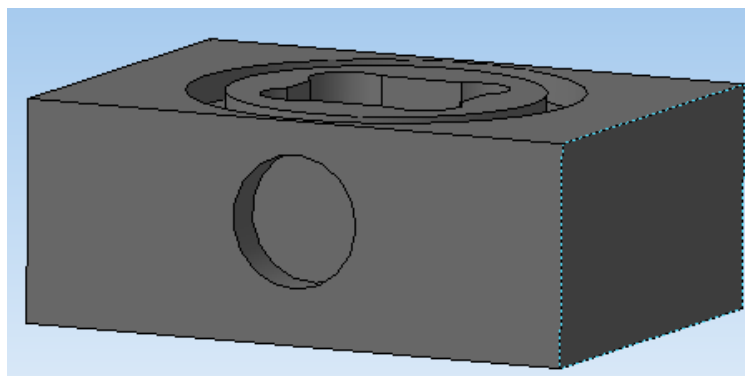




Рис. 30. Результат операции «вырезать выдавливанием»

Нажмите кнопку «Условное изображение резьбы»  на панели «Элементы оформления» . Наведите мишенью на грань отверстия и нажмите. Затем нажмите Enter. Появится условное изображение резьбы (рис. 1.31).

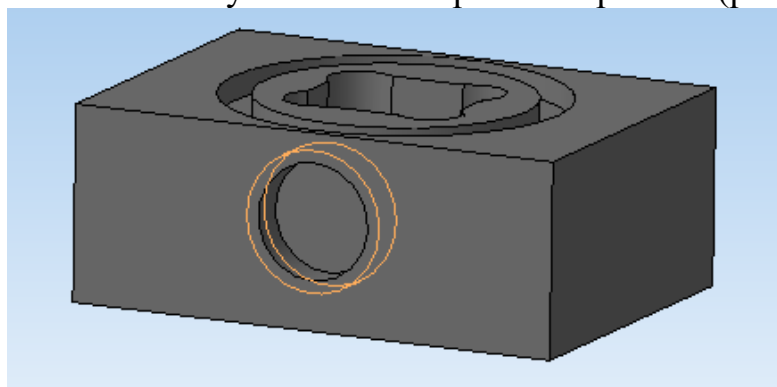



Рис. 31. Результат операции «Условное изображение резьбы»

Укажите грань и нажмите кнопку «Эскиз»  (рис. 32).

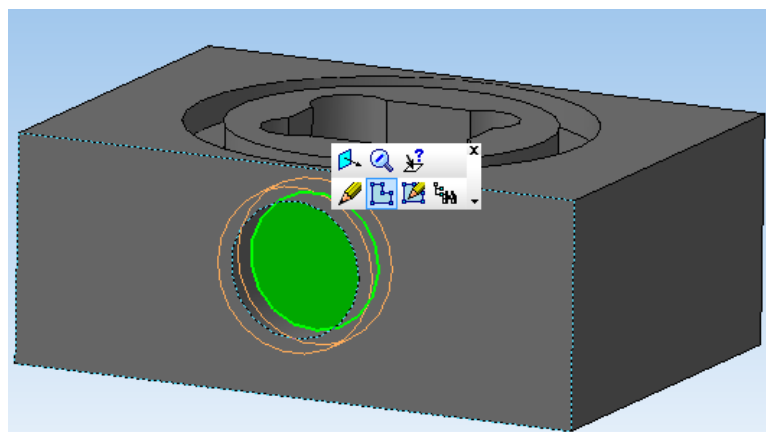


Рис. 32. Выбор грани для построения эскиза

Построим окружность диаметром 6.4 мм, из центра предыдущей окружности (рис. 33).

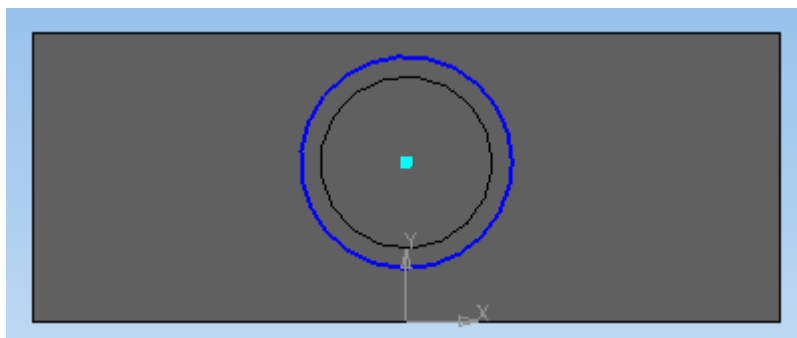





Рис. 33. Построение эскиза

Закройте эскиз . Нажмите кнопку «Вырезать выдавливанием»  на панели «Редактирование детали»  (рис. 34).

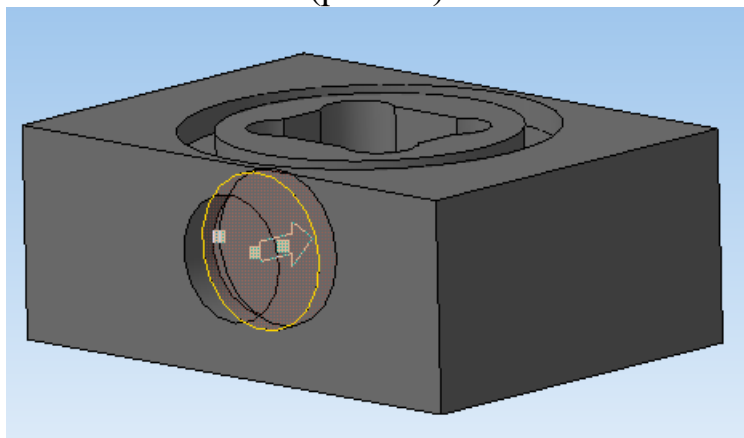


Рис. 34. Предварительное изображение операции «вырезать выдавливанием»

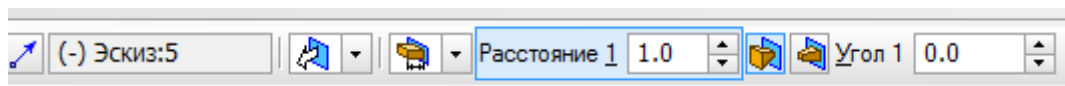



Рис. 35. Параметры операции «вырезать выдавливанием»

Введите число 1. Значение попадет в поле «Расстояние 1» на Панели свойств. Нажмите клавишу «Enter» для фиксации значения (рис. 35).

Нажмите кнопку «Создать объект»  на Панели специального управления (рис. 36).

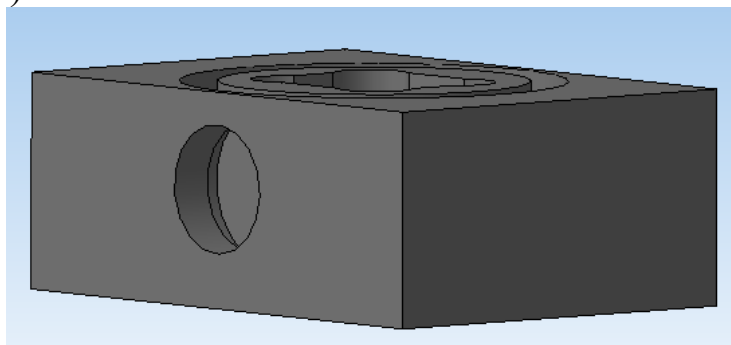



Рис. 36. Результат операции «вырезать выдавливанием»

Укажите грань и нажмите кнопку «Эскиз»  (рис. 37).

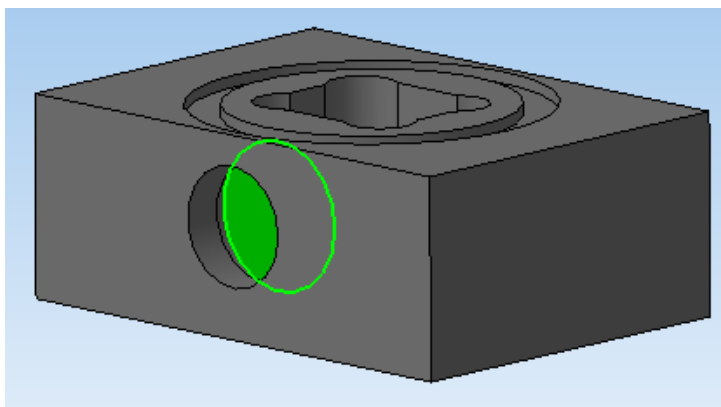


Рис. 37. Указание грани

Построим окружность диаметром 1.4 мм, из центра предыдущей окружности (рис. 38).

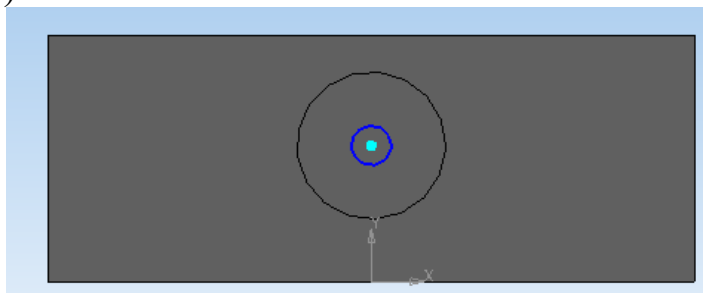









Рис. 38. Построение эскиза

Закройте «эскиз» . Нажмите кнопку «Вырезать выдавливанием»  на панели «Редактирование детали»  (рис. 39 - 40). Выбираем поверхность, до которой нужно вырезать (рис. 41). Нажмите кнопку «Создать объект»  на Панели специального управления (рис. 42). Для того, чтобы зеркально отобразить построенное отверстие, нажмите кнопку «зеркальный массив»  на панели «Массивы» . В «Дереве модели» укажите четыре элемента, составляющие левое отверстие, как это показано на рис. 43-44. На Панели свойств нажмите кнопку «Плоскость»  (рис. 45). В «Дереве модели» укажите Плоскость ZX.

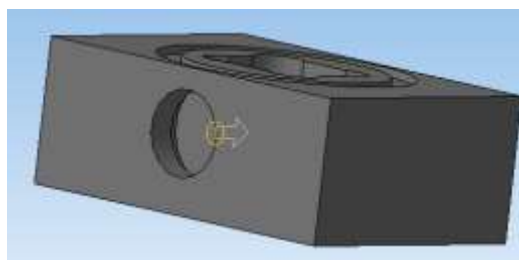


Рис. 39. Выполнение операции «вырезать выдавливанием»

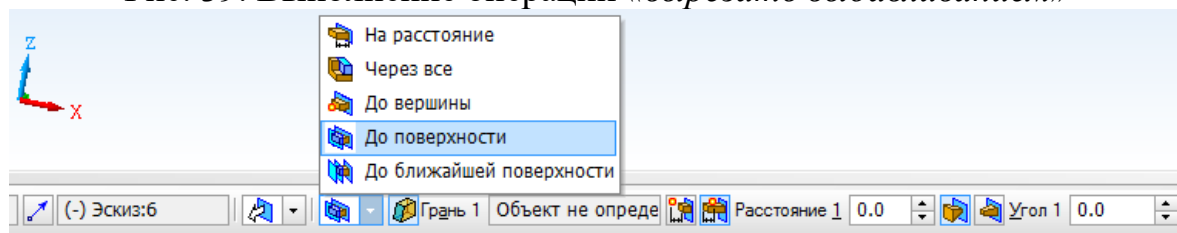


Рис. 40. Параметры операции «вырезать выдавливанием»

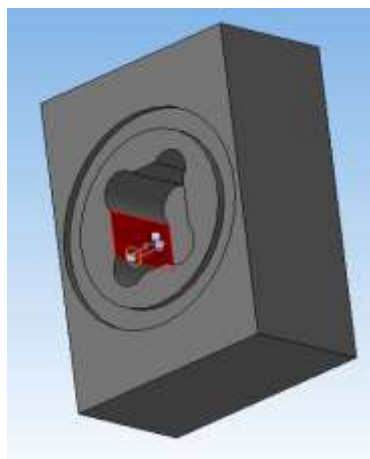


Рис. 41. Предварительный результат выполнения операции «*вырезать выдавливанием*»

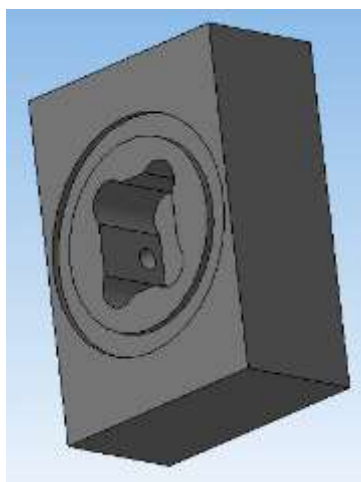


Рис. 42. Результат выполнения операции «*вырезать выдавливанием*»

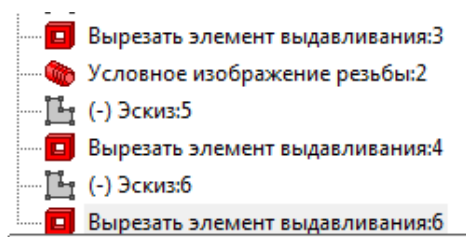


Рис. 43. Параметры операции «зеркальный массив»

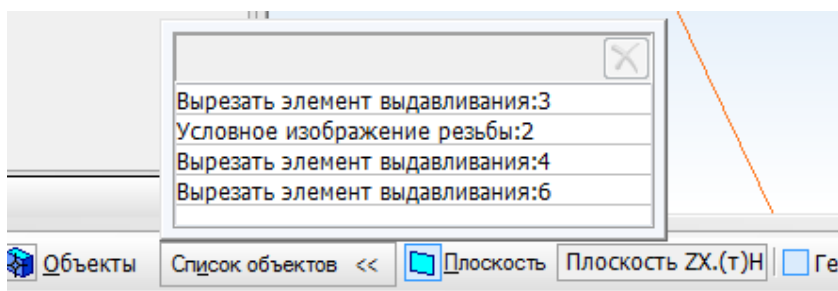


Рис. 44. Выбор списка объектов операции «зеркальный массив»

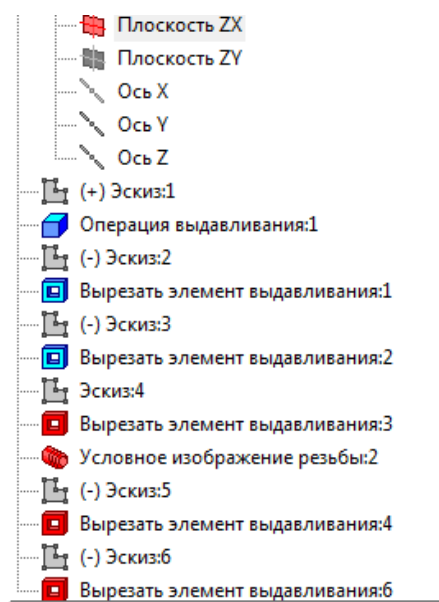


Рис. 45. Выбор плоскости для операции «зеркальный массив»  
В окне модели будет показан фантом зеркального массива (рис. 46).

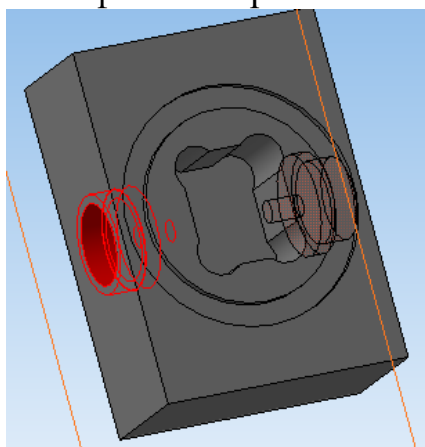


Рис. 46. Предварительный результат выполнения операции  
«зеркальный массив»  
Нажмите кнопку «Создать объект» (рис. 48).

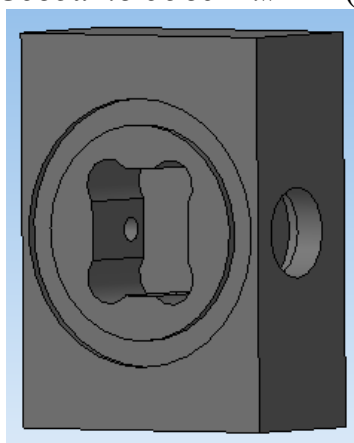


Рис. 48. Результат выполнения операции «зеркальный массив»

Нажмите кнопку «фаска» на панели «Редактирование детали». Укажите грани, на которых создаем фаски. Фаска равна  $1.5 \times 45^\circ$  (4 фаски) (рис. 49-50)

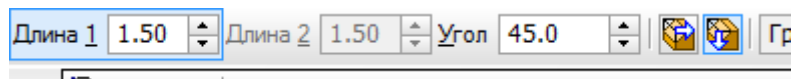


Рис. 49. Параметры фаски

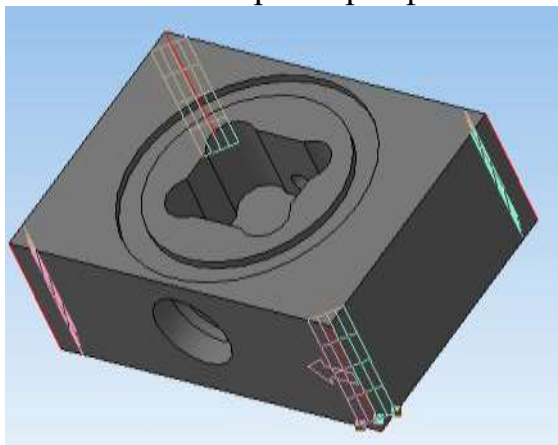



Рис. 50. Предварительный результат выполнения команды «фаска»  
Нажмите кнопку «Создать объект»  (рис. 51).

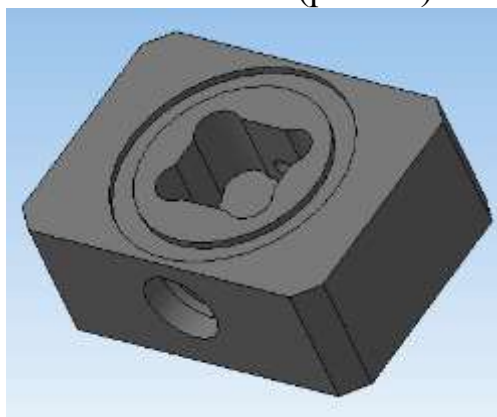


Рис. 51. Результат выполнения команды «фаска»

Укажите грань и нажмите кнопку «Эскиз»  (рис. 52)

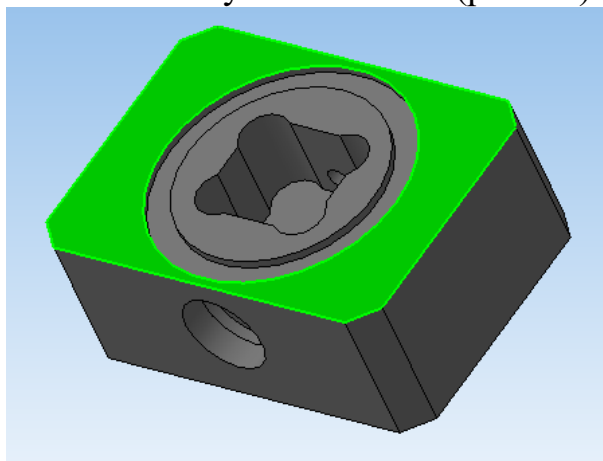


Рис. 52. Выбор грани для построения эскиза

Зададим координаты отверстий, как показано на рисунке. Координаты второго отверстия можно найти с помощью зеркального массива (рис. 53).



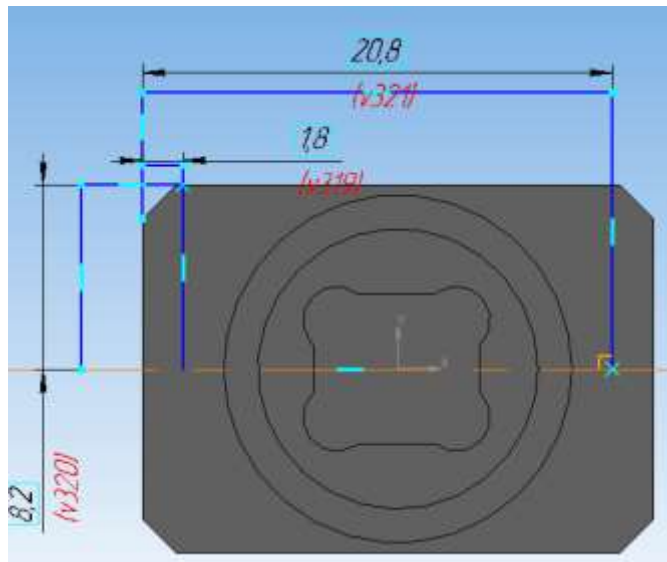


Рис. 53. Построение эскиза

В этих точках построим окружности диаметром 2.8 мм. После построения окружностей следует удалить ненужные линии и размеры (рис. 54)

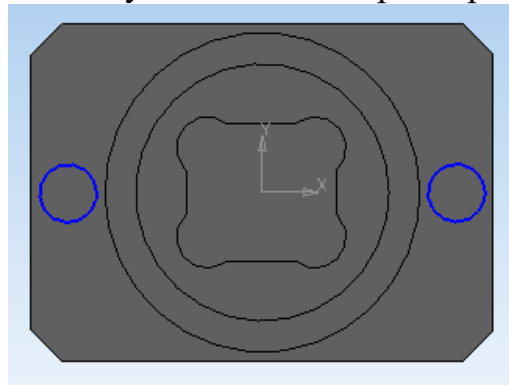





Рис. 54. Построение окружностей

Закройте «эскиз» . Нажмите кнопку «Вырезать выдавливанием»  на панели «Редактирование детали»  (рис. 55-56)

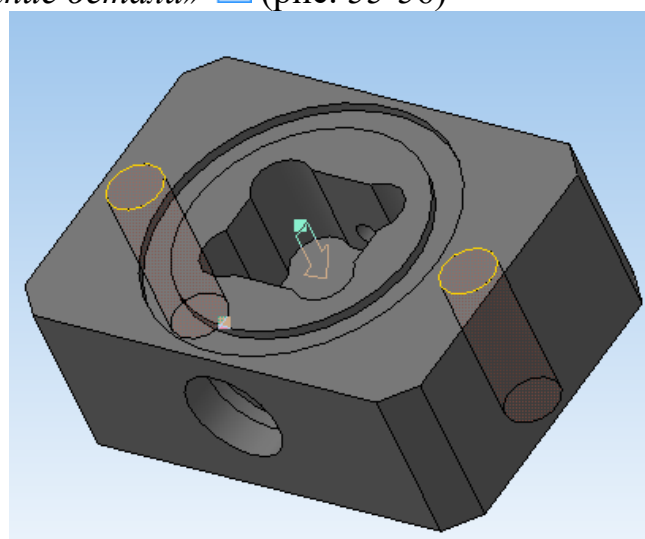


Рис. 55. Предварительный результат выполнения операции «вырезать выдавливанием»

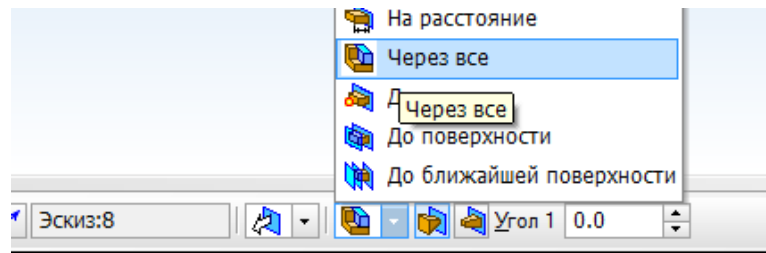


Рис. 56. Параметры операции «вырезать выдавливанием»

Нажмите кнопку «Создать объект» на Панели специального управления.

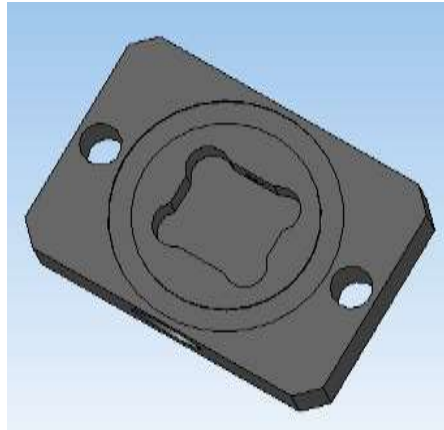


Рис. 57. Результат операции «вырезать выдавливанием»

Укажите грань и нажмите кнопку «Эскиз» (рис. 58). Зададим координаты отверстий, как показано на рис. 59. В точках пересечения построим окружность диаметром 2.15 мм (M2,5x0,35). Для более быстрого процесса построения, построив одну из окружностей можно воспользоваться командой «зеркальный массив». Убираем всю вспомогательную геометрию (рис. 60).

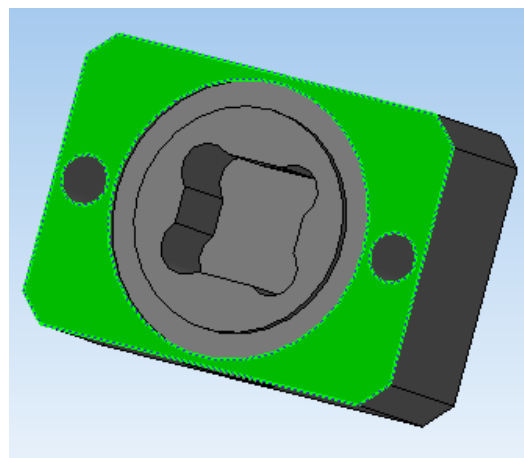


Рис. 58. Выбор грани

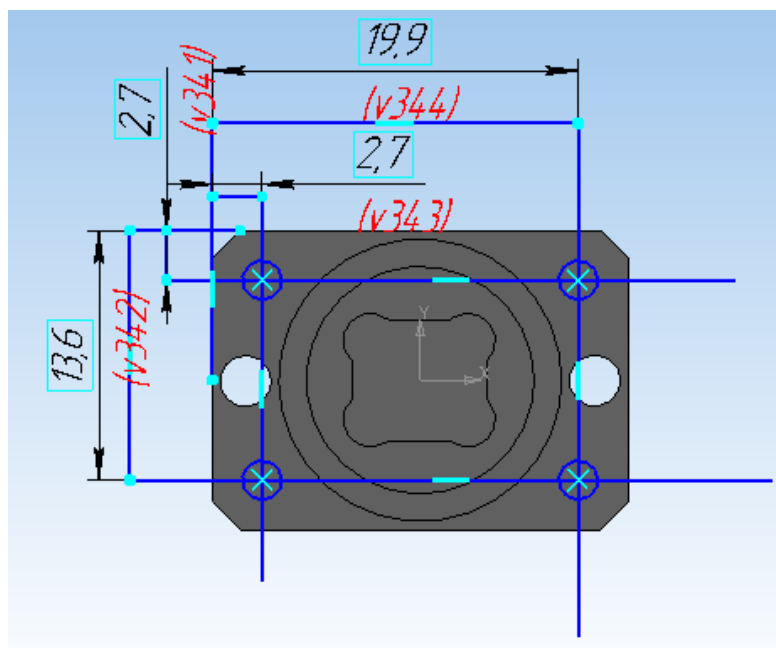


Рис. 59. Построение эскиза

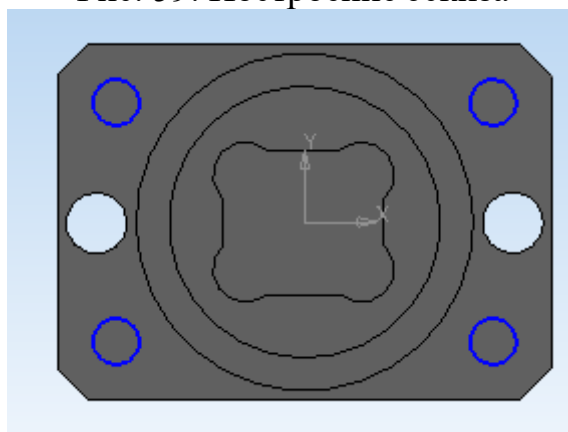





Рис. 60. Построение эскиза

Закройте «эскиз» . Нажмите кнопку «Вырезать выдавливанием»  на панели «Редактирование детали» . (рис. 61)

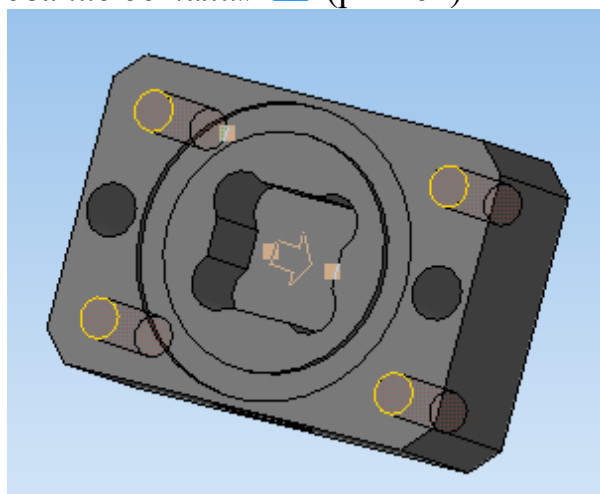


Рис. 61. Предварительный результат выполнения операции «вырезать выдавливанием»

Введите число 7. Значение автоматически попадет в поле «Расстояние 1» на Панели свойств. Нажмите клавишу «Enter» для фиксации значения (рис. 62).

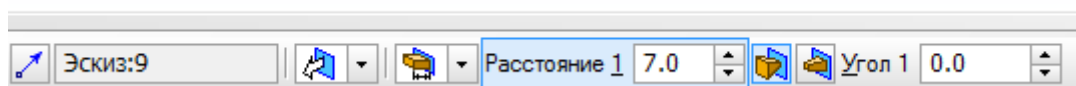



Рис. 62. Параметры выполнения операции «вырезать выдавливанием»

Нажмите кнопку Создать объект  на Панели специального управления.

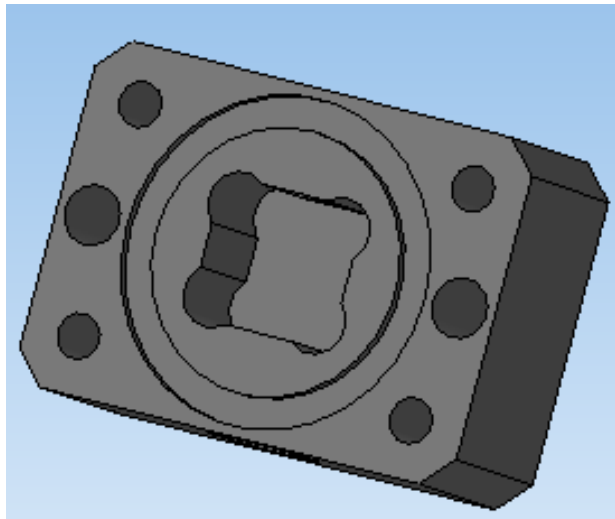



Рис. 63. Результат выполнения операции «вырезать выдавливанием»

Так как отверстия резьбовые обозначьте их, как это уже было сделано на рис. 31. (Условное изображение резьбы  ). Построение корпуса завершено (рис. 63).

## Занятие 10

### Создание детали «Основание адаптера» в КОМПАС-3D

**Цель работы** – приобрести навыки и приемы проектирования с графическими документами в среде КОМПАС-3D .

**Оборудование:** ПК с установленным пакетом «Компас».

**Порядок выполнения работы:**

1. На приведенных примерах изучить действие команд и построения чертежа системы Компас.
2. Получить у преподавателя индивидуальные задания для выполнения практической части работы.
3. Создать трехмерную модель согласно полученному заданию.
4. Создать дополнительные детали, необходимые для сборки согласно заданию преподавателя.
5. Продемонстрировать результат работы преподавателю.
6. Получить распечатку результатов выполнения работы.
7. Оформить отчет по лабораторной работе.

**Содержание отчета:**








1. Цель работы.
2. Электронная версия результатов построения
3. Выводы.

### Контрольные вопросы:

1. Назначение вспомогательных линий в Компас.
2. Параметры команд в Компас.
3. Алгоритм построения детали в пакете Компас.
4. Основные команды 3d моделирования доступные в Компас.
5. Основные сопряжения доступные в Компас.
6. Алгоритм создания детали в Компас.

### ПРИМЕР:

#### Создание детали «Крышка адаптера» в КОМПАС-3D

Спроектируем крышку под корпус, который изображен на рис. 29. Выполните все те же операции как и при построении корпуса до нанесения размеров на прямоугольник. Нажмите кнопку «Авторамер»  на инструментальной панели «Размеры» . Укажите мишенью верхний горизонтальный отрезок, задайте положение размерной линии. В поле «Выражение» диалогового окна «Установить значение размер» *а* введите значение 22.6 мм и нажмите кнопку «ОК». Постройте вертикальный размер, и присвойте ему значение 16.3 мм. Закройте «эскиз». Для этого нажмите кнопку «Эскиз»  еще раз. Нажмите кнопку «Операция выдавливания»  на панели «Редактирование детали» . На экране появится фантом трехмерного элемента — временное изображение, показывающее текущее состояние создаваемого объекта. (рис. 1). Введите число 2.5 мм. Значение попадет в поле «Расстояние 1» на Панели свойств. Это результат работы режима «Предопределенного ввода параметров» (рис. 2). Нажмите клавишу «Enter» для фиксации значения. Нажмите кнопку «Создать объект»  на Панели специального управления — будет построено основание детали (рис. 3). Укажите переднюю грань основания и нажмите кнопку «Эскиз»  на панели «Текущее состояние» (рис. 4). На выбранной поверхности строим прямоугольник либо с помощью вспомогательной геометрии, либо с помощью отрезков (рис. 5).

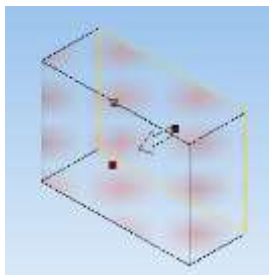


Рис. 1. Предварительный результат выполнения операции «выдавливание»

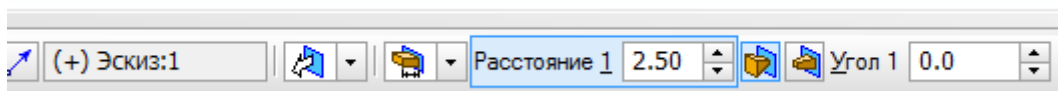


Рис. 2. Параметры выполнения операции «выдавливание»

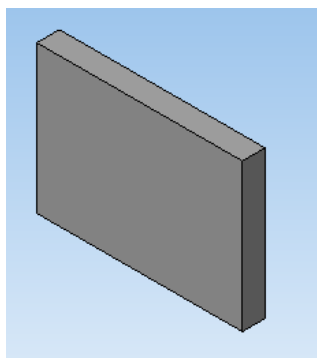


Рис. 3. Результат выполнения операции «выдавливание»

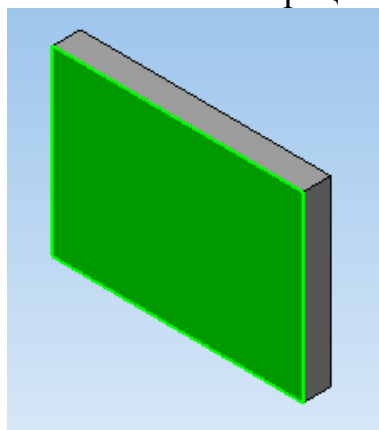


Рис. 4. Выбор грани

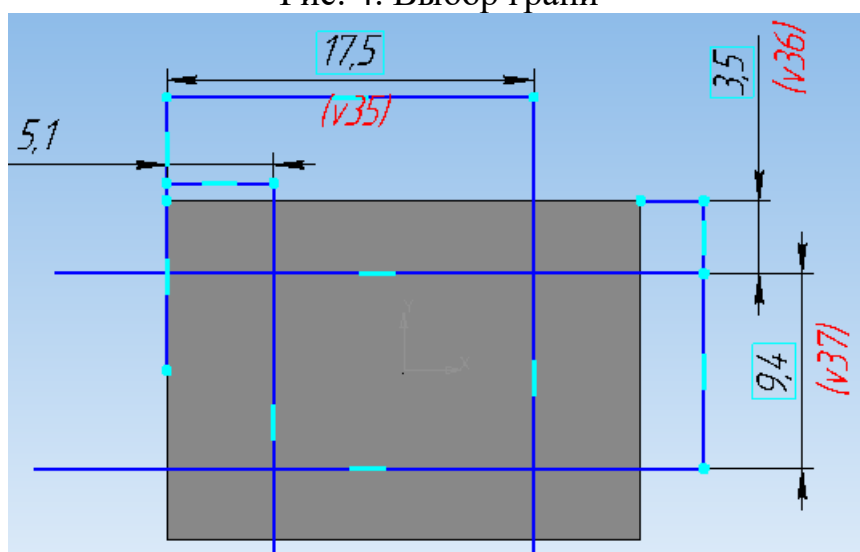


Рис. 5. Построение эскиза

С помощью функции *усечь кривую*, убираем ненужную геометрию (рис. 6) и оставляем прямоугольник.

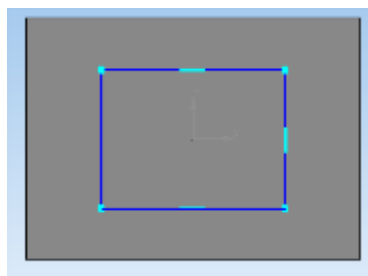




Рис. 6. Построение эскиза



Нажмите кнопку «Вырезать выдавливанием»  на панели «Редактирование детали»  (рис. 6). Результат операции представлен на рис. 7.

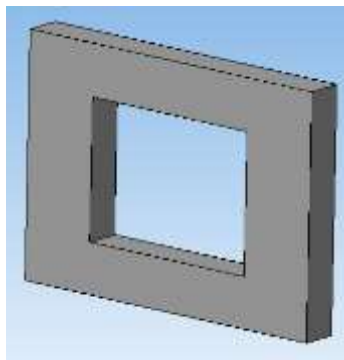




Рис. 7. Результат выполнения операции «вырезать выдавливанием»

Нажмите кнопку «Скругление»  на панели «Редактирование детали» .

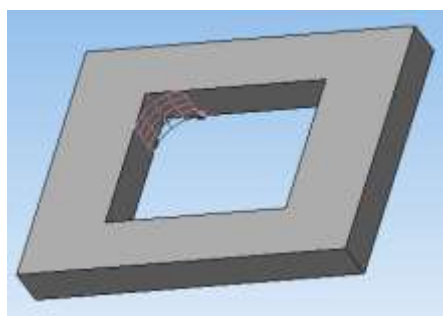




Рис. 8. Предварительный результат операции «скругление»

Старайтесь указывать как можно больше элементов, которые требуется скруглить одинаковым радиусом. В этом случае упрощается редактирование модели и расчеты будут выполняться быстрее.

Вращение модели с помощью команды «Повернуть». Нажмите кнопку «Повернуть»  на панели «Вид». Поместите курсор рядом с моделью, нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, перемещайте курсор — модель начнет поворачиваться (рис. 8).

После этого отпустите кнопку мыши и отключите кнопку «Повернуть» . Укажите оставшиеся рёбра (рис. 9).

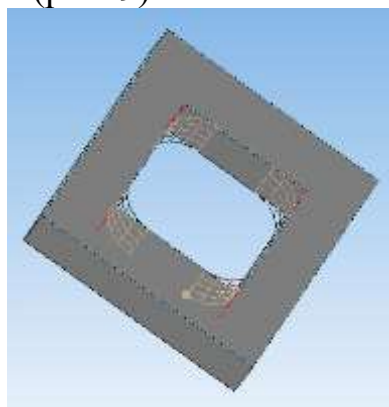


Рис. 9. Предварительный результат операции «скругление»

В поле «Радиус» на Панели свойств установите значение 2.5 мм. Обратите внимание на справочное поле **Ребра (4)**, содержащее сведения о количестве указанных ребер (рис. 10).

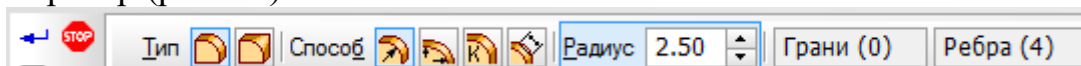


Рис. 10. Параметры операции «скругление»

Нажмите кнопку «Создать объект»  (рис. 11).

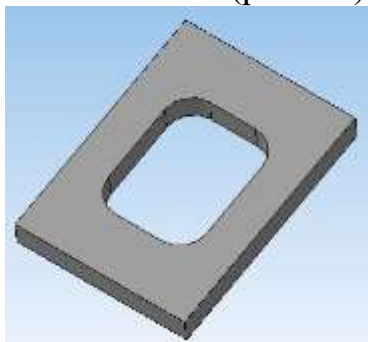




Рис. 11. Результат операции «скругление»

Нажмите кнопку «Фаска»  на панели «Редактирование детали» . Длина фаски равна 1.5x45° (4 фаски) (рис. 12). Укажите на модели грани (рис. 13).

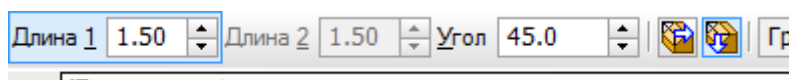


Рис. 12. Параметры операции «фаска»

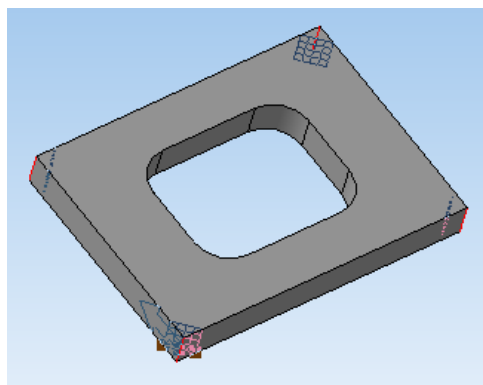



Рис. 13. Предварительный результат операции «фаска»

Нажмите кнопку «Создать объект»  (рис. 14).

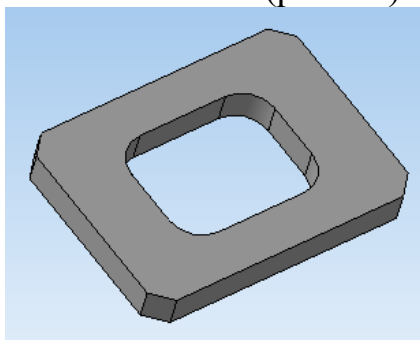


Рис. 14. Результат операции «фаска»

Укажите грань и нажмите кнопку «Эскиз» , как показано на рис. 15.

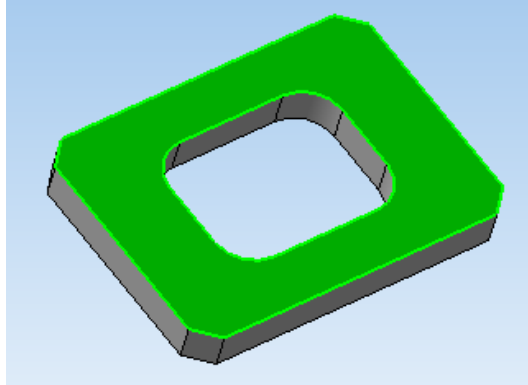





Рис. 15. Выбор грани

Зададим координаты крепёжных отверстий. Для этого на пересечении вспомогательных прямых, нанесем окружность диаметром 3мм (рис. 16). Очистите экран от лишних основных и вспомогательных линий. (рис. 17).

Закройте «эскиз» . Нажмите кнопку «Вырезать выдавливанием»  на панели «Редактирование детали»  (рис. 18, 19).

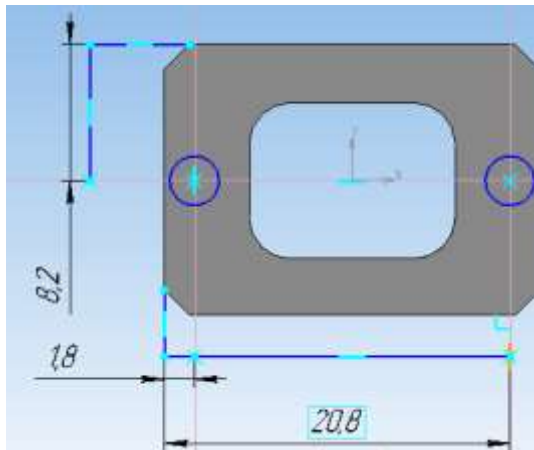


Рис. 16. Построение окружностей

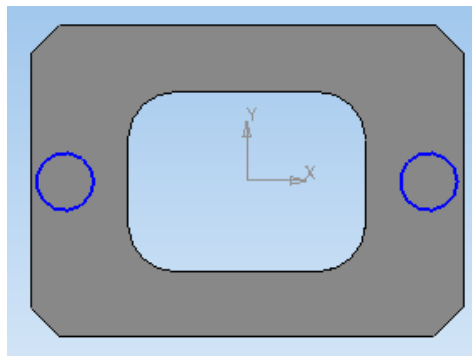


Рис. 17. Построение окружностей

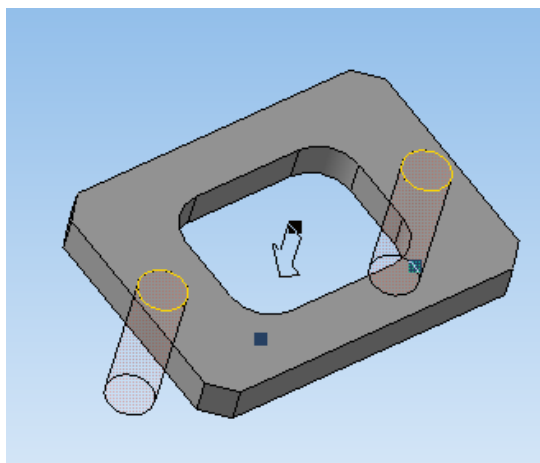


Рис. 18. Предварительный результат выполнения операции  
«вырезать выдавливанием»

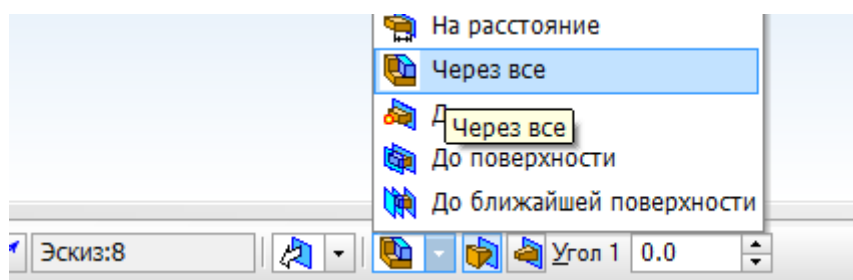



Рис. 19. Параметры операции  
«вырезать выдавливанием»

Нажмите кнопку «Создать объект»  на Панели специального управления (рис. 20).

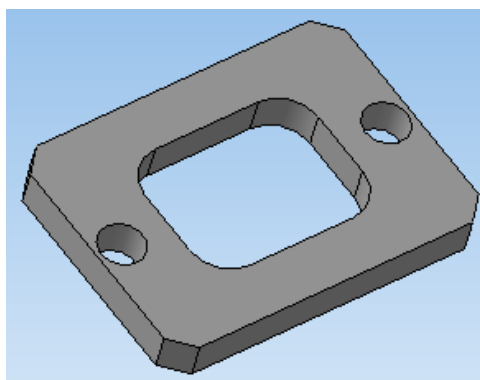



Рис. 20. Результат выполнения операции  
«вырезать выдавливанием»

Укажите грань и нажмите кнопку «Эскиз»  (рис. 21). Зададим координаты отверстий. На пересечении вспомогательных прямых, нанесем окружности диаметром 5 мм и 2,9 мм. После построения окружностей следует удалить ненужные линии (рис. 22, 23).

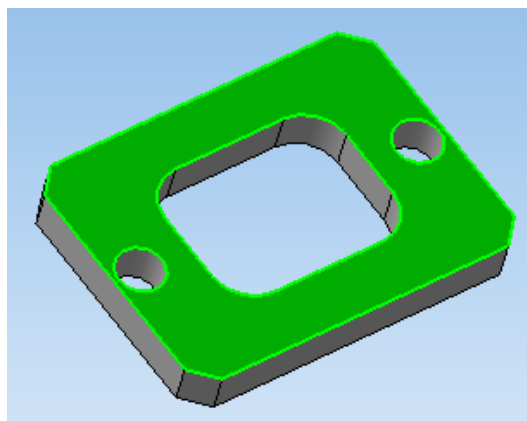


Рис. 21. Выбор грани

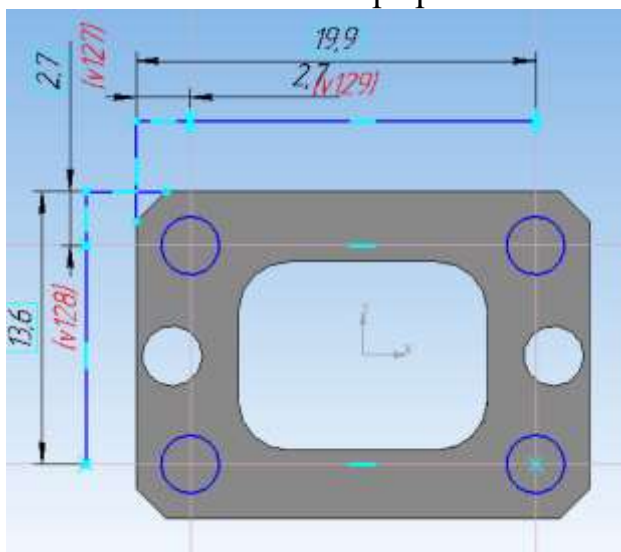


Рис. 22. Построение окружности

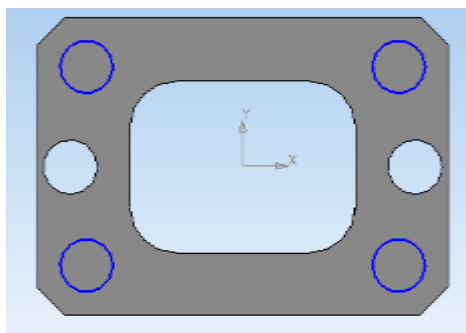





Рис. 23. Построение окружности

Закройте «эскиз» . Нажмите кнопку «Вырезать выдавливанием»  на панели «Редактирование детали»  (Рис. 24-25)

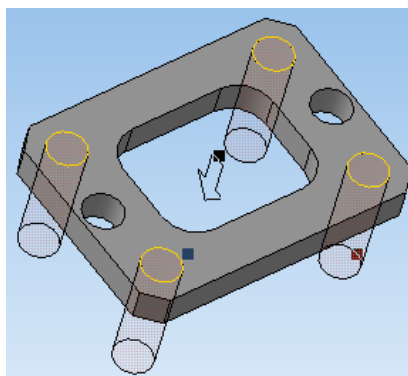


Рис. 24. Предварительный результат выполнения операции «вырезать выдавливанием»

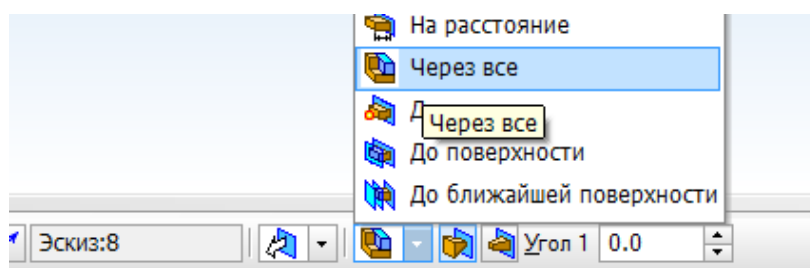



Рис. 25. Параметры операции «вырезать выдавливанием»

Нажмите кнопку «Создать объект»  на Панели специального управления (рис. 26).

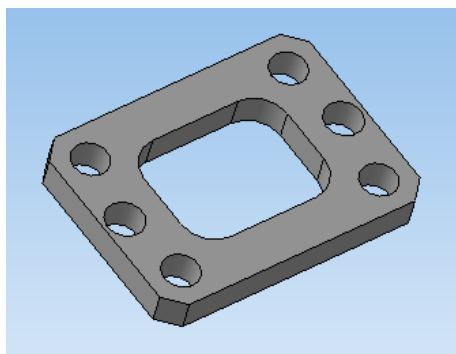




Рисунок 26. Результат выполнения операции «вырезать выдавливанием»

Нажмите кнопку «фаска»  на панели «Редактирование детали» . Фаска равна 1,05x45° (4 фаски) (рис. 27-28).

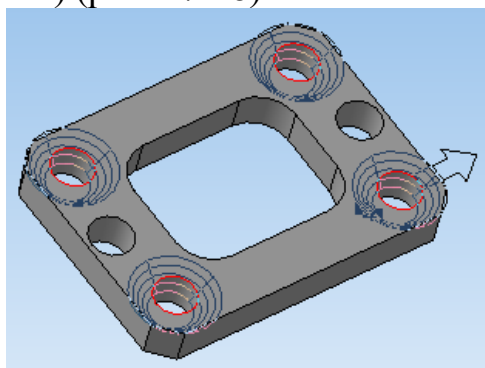


Рис. 27. Предварительный результат выполнения команды «фаска»



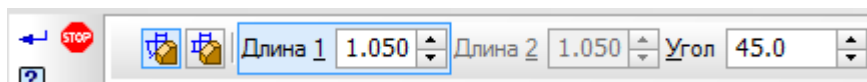


Рис. 28. Параметры команды «фаска»

Нажмите кнопку «Создать объект»  (рис. 29).

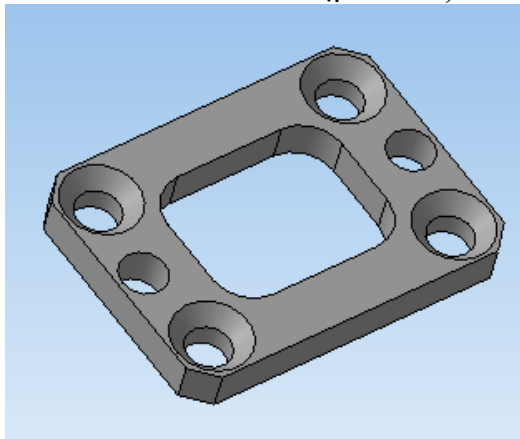


Рис. 29. Результат выполнения команды «фаска»

Сделанные нами отверстия используются для винтов с потайной головкой. Крышка под корпус готова.

## Занятие 11

### Создание детали «Крышка адаптера» в КОМПАС-3D

**Цель работы** – приобрести навыки и приемы проектирования с графическими документами в среде КОМПАС-3D.

**Оборудование:** ПК с установленным пакетом «Компас».

**Порядок выполнения работы:**

1. На приведенных примерах изучить действие команд и построения чертежа системы Компас.
2. Получить у преподавателя индивидуальные задания для выполнения практической части работы.
3. Создать трехмерную модель согласно полученному заданию.
4. Создать дополнительные детали, необходимые для сборки согласно заданию преподавателя.
5. Продемонстрировать результат работы преподавателю.
6. Получить распечатку результатов выполнения работы.
7. Оформить отчет по лабораторной работе.

**Содержание отчета:**

1. Цель работы.
2. Электронная версия результатов построения
3. Выводы.

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение вспомогательных линий в Компас.
2. Параметры команд в Компас.
3. Алгоритм построения детали в пакете Компас.

4. Основные команды 3d моделирования доступные в Компас.
5. Основные сопряжения доступные в Компас.
6. Алгоритм создания детали в Компас.

### ПРИМЕР:

#### Создание сборки адаптера в КОМПАС-3D

Сборка в КОМПАС-3D — трехмерная модель, объединяющая модели деталей и стандартных изделий, а также информацию о взаимном положении компонентов. Пользователь задает состав сборки, добавляя в нее новые компоненты или удаляя существующие. Модели компонентов хранятся в отдельных файлах на диске. В файле сборки хранятся только ссылки на компоненты. Изделие «Адаптер» состоит из четырех деталей и нескольких стандартных изделий. Все детали, входящие в изделие, хранятся в папке Детали. Нужно лишь выполнить сборочные операции (рис. 1).

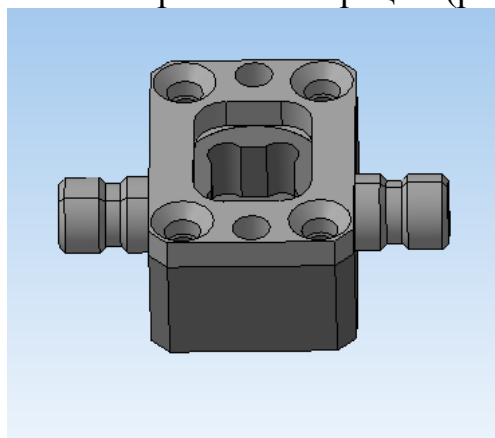



Рис. 1. Адаптер в сборе

При проектировании изделия, кроме создания трехмерной модели, нужно получить комплект конструкторских документов: сборочные чертежи и спецификации на само изделие и на входящие в него узлы, а также рабочие

чертежи на детали. Нажмите кнопку «Создать»  на панели «Стандартная» (рис. 2).

Укажите тип создаваемого документа «Сборка» и нажмите кнопку «ОК». На экране появится окно новой сборки.

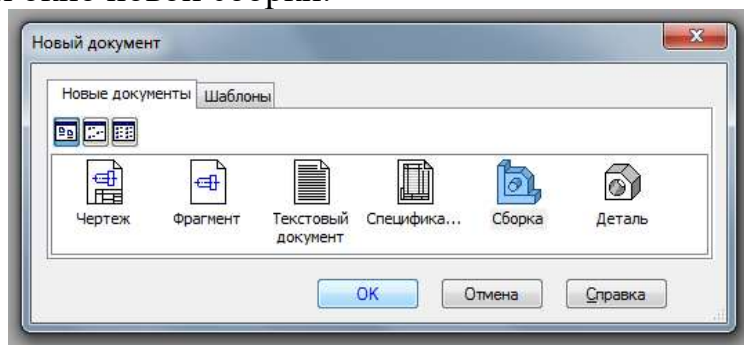




Рис. 2. Выбор нового документа

Чтобы добавить в сборку компонент, уже имеющийся на диске в виде файла, нажмите кнопку «Добавить из файла»  на панели «Редактирование сборки» . В диалоге открытия файлов, в папке «Детали», укажите деталь Корпус\_АБВ.01. и нажмите кнопку «Открыть» (рис. 3).

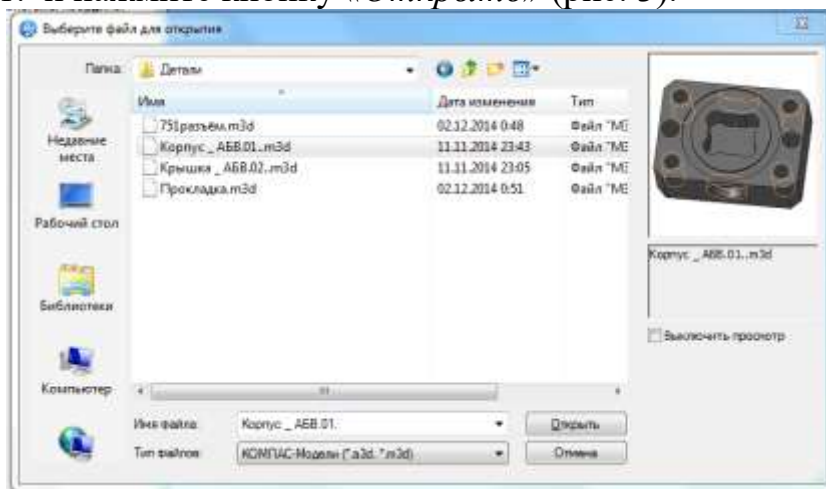


Рис. 3. Выбор компонентов для сборки

Обычно в качестве первого выбирают тот компонент сборки, к которому удобнее добавлять все прочие компоненты. Часто процесс создания сборки повторяет реальные сборочные операции. На экране появится фантом указанного компонента, который можно перемещать в окне сборки (рис. 4).

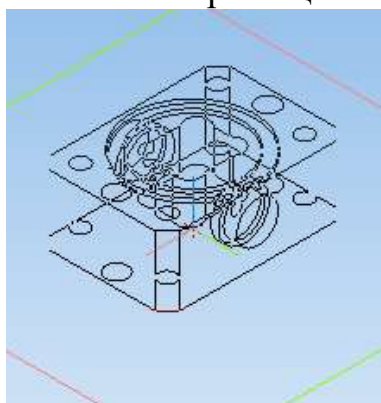


Рис. 4 Предварительное изображение компонента

После вставки компонента в сборку его начало координат, направление осей координат и системные плоскости совмещаются с аналогичными элементами сборки. В данном случае указать точку начала координат сборки нужно для того, чтобы система координат добавляемого компонента совпала с системой координат сборки. В результате этого компонент, который был симметричен относительно системных плоскостей в своей системе координат, будет симметричен относительно системных плоскостей в системе координат сборки. Это может упростить сборку изделия.

Первый компонент автоматически фиксируется в сборке в том положении, в котором он был вставлен. Признаком фиксации элемента служат символы (ф) слева от имени компонента в Дереве модели. Зафиксированный компонент не

может быть перемещен или повернут в системе координат сборки. Фиксацию компонентов можно выключать и включать с помощью команд из контекстного меню (рис. 5).

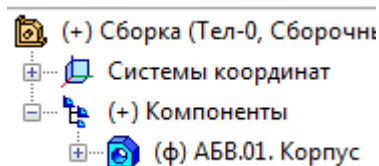



Рис. 5. Фиксация компонентов

Хотя бы один из компонентов сборки обязательно должен быть зафиксирован. Это позволит правильно определить положение всех остальных компонентов. Добавьте в «сборку»  деталь «Прокладка». Поместите ее рядом с корпусом. В этот момент достаточно указать ее произвольное положение (рис. 6).

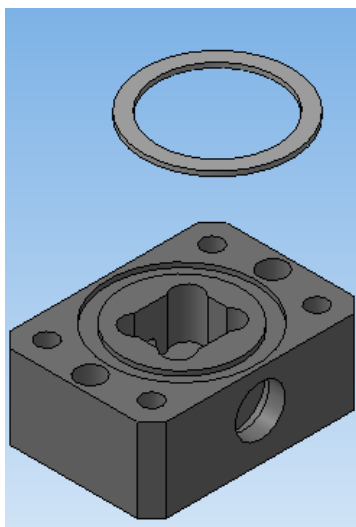


Рис. 6. Добавление детали в сборку

Раскройте ветвь «компоненты» в «Дереве модели». Добавленные компоненты появляются в «Дереве модели». Компонентам присваиваются названия, взятые из их файлов (рис. 7).

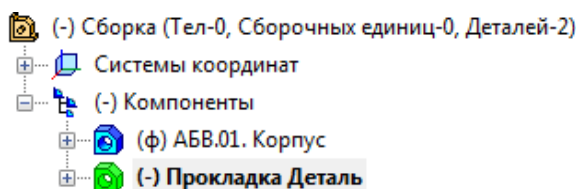







Рис. 7. Добавление детали в «дерево построений»

При добавлении компонента в сборку, конструктор сначала задает его предварительное положение, а потом определяется его точное положение. Обычно это выполняется за два этапа:

1. уточняется положение и ориентация компонента путем его перемещения и вращения в пространстве сборки;

2. определяется точное положение компонента путем наложения сопряжений.

Для перемещения компонента нажмите кнопку «Переместить компонент»  на панели «Редактирование сборки» . Для поворота компонента нажмите кнопку «Повернуть компонент» . После предварительного размещения компонента можно приступить к заданию его точного положения в сборке. Это достигается за счет создания сопряжений между компонентами. Сопряжение — параметрическая связь между гранями, ребрами, вершинами, плоскостями или осями разных компонентов сборки. Для того, чтобы определить положение детали Корпус, нужно задать 2 сопряжения. Нажмите кнопку «Соосность»  на инструментальной панели «Сопряжения» . Укажите цилиндрические грани на Корпусе и Прокладке (рис. 8).

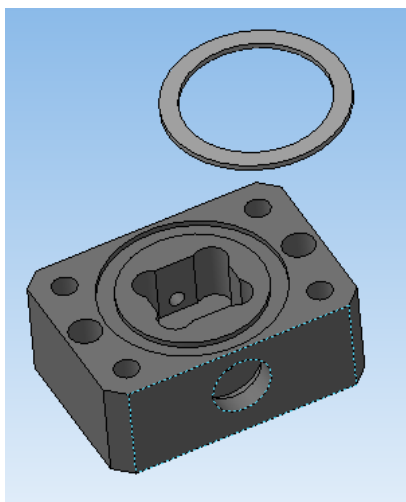



Рис. 8. Указание граней

Положение детали Корпус фиксировано в пространстве сборки. Деталь Прокладка развернется так, что указанные грани станут соосны (рис. 9).



Рис. 9. Результат выполнения команды «соосность»

Нажмите кнопку «Совпадение объектов»  и укажите плоские кольцевые грани на Корпусе и Прокладке. После этого деталь Прокладка займет точное положение в сборке (рис. 10).

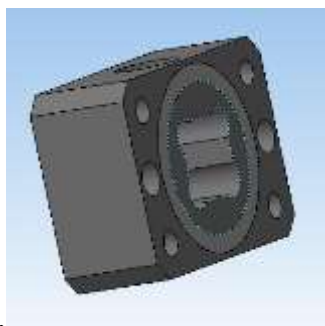



Рис. 10. Результат выполнения команды «совпадение объектов»

Нажмите кнопку «Прервать команду» . Все сопряжения сохраняются в «Дереве модели» на "ветви" Сопряжения. При необходимости их можно отредактировать, исключить из расчета или удалить (рис. 11).

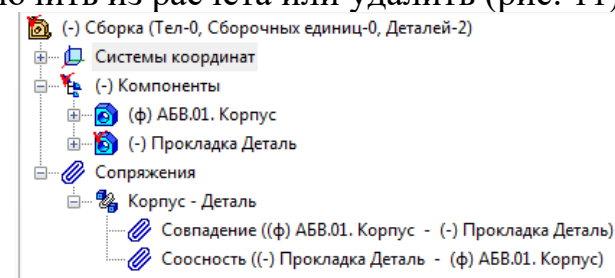


Рис. 11. Дерево модели

Таким же путем, как и прокладку добавляем в сборку крышку (рис. 12).

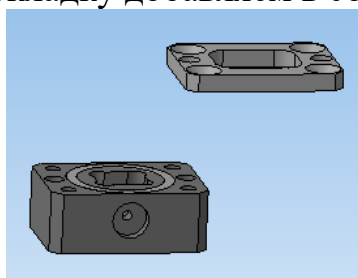


Рис. 12. Добавление детали в сборку

Выполняем те же самые сопряжения, что и для прокладки (соосность и совпадение). Соосность крышки с корпусом делаем как минимум по двум отверстиям (рис. 13).

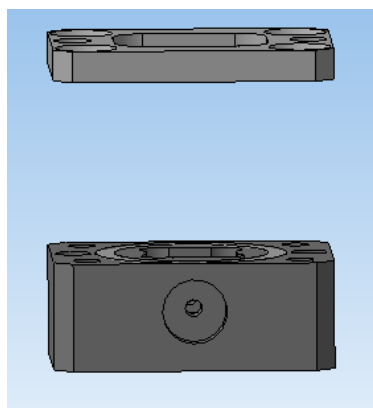


Рис. 13. Результат выполнения команды «соосность»



Нажимаем кнопку «совпадение объектов»  (рис. 14) .

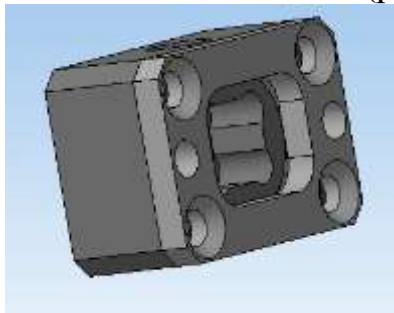


Рисунок 14. Результат выполнения команды «совпадение объектов»  
Добавляем в сборку Разъем 751 из папки «Детали». Он в формате STEP  
(рис. 15).

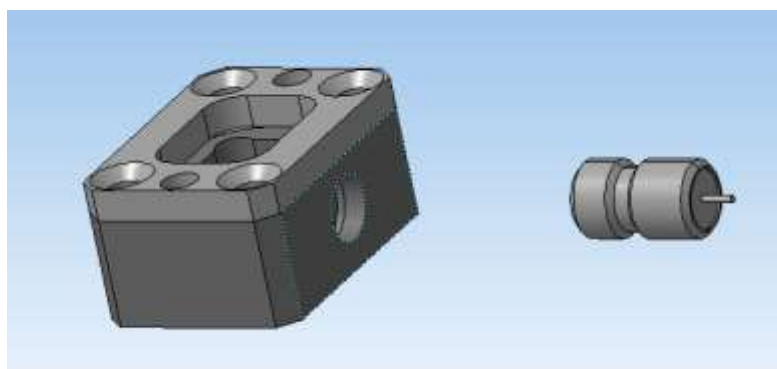


Рис. 15. Добавление детали в сборку

Повернем разъем на 180 градусов (рис. 16). Выполняем «операцию сопряжения» (рис. 17). Повторим операции с противоположной стороны корпуса (Рис. 18).

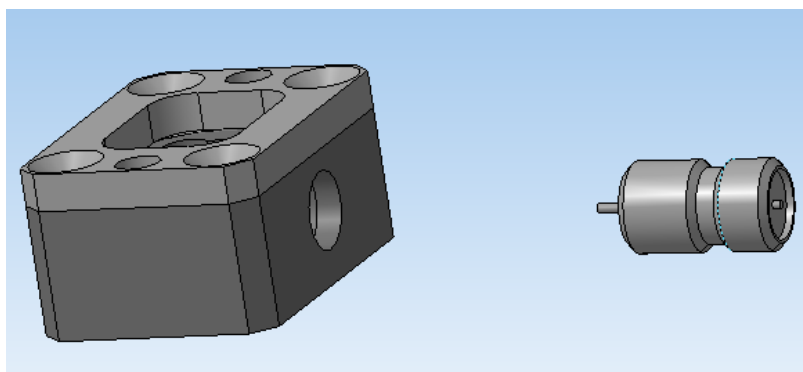


Рис. 16. Результат выполнения команды «соосность»

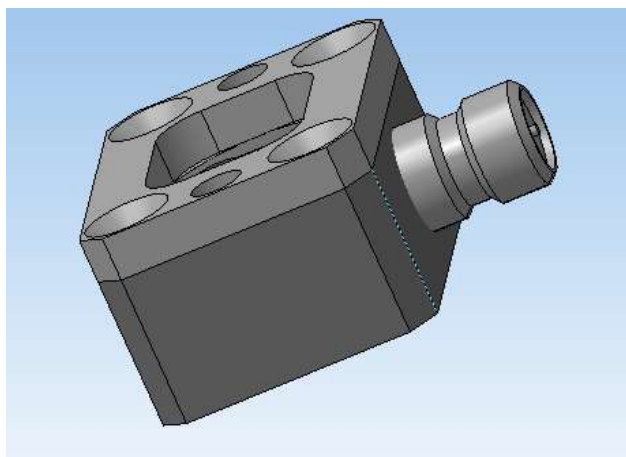


Рис. 17. Результат выполнения команды «совпадение объектов»

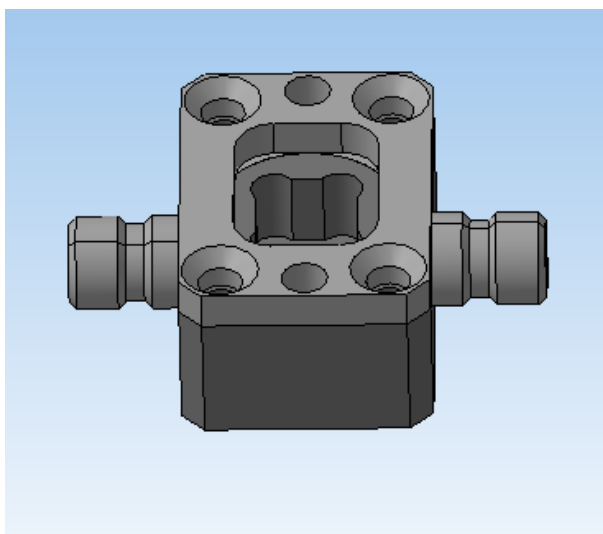


Рис. 18. Адаптер в сборе

Для установки крепежа, воспользуемся библиотекой стандартных изделий Вкладка *«Библиотеки - Стандартные изделия - Вставить элемент»*. Выбираем необходимый крепеж(винт, гровер, шайба). Программное обеспечение позволяет вручную настроить габариты крепежа. ( шаг резьбы, диаметр резьбы и т.п.). Например, крышка крепится к корпусу четырьмя потайными винтами М2.5. ГОСТ на винт 17475-80. Создание сборки завершено.

## Занятие 12

### Создание 2D чертежей из 3D изображения основания корпуса адаптера

**Цель работы** – приобрести навыки и приемы проектирования с графическими документами в среде КОМПАС-3D .

**Оборудование:** ПК с установленным пакетом «Компас».

**Порядок выполнения работы:**

1. На приведенных примерах изучить действие команд и построения чертежа системы Компас.

2. Получить у преподавателя индивидуальные задания для выполнения практической части работы.
3. Создать трехмерную модель согласно полученному заданию.
4. Создать дополнительные детали, необходимые для сборки согласно заданию преподавателя.
5. Продемонстрировать результат работы преподавателю.
6. Получить распечатку результатов выполнения работы.
7. Оформить отчет по лабораторной работе.

#### **Содержание отчета:**

1. Цель работы.
2. Электронная версия результатов построения
3. Выводы.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Назначение вспомогательных линий в Компас.
2. Параметры команд в Компас.
3. Алгоритм построения детали в пакете Компас.
4. Основные команды 3d моделирования доступные в Компас.
5. Основные сопряжения доступные в Компас.
6. Алгоритм создания детали в Компас.

#### **ПРИМЕР:**

##### **Создание 2D чертежей из 3D изображения основания корпуса адаптера**

Запускаем КОМПАС – 3D. Открываем «корпус». Располагаем его следующим образом (рис. 1).

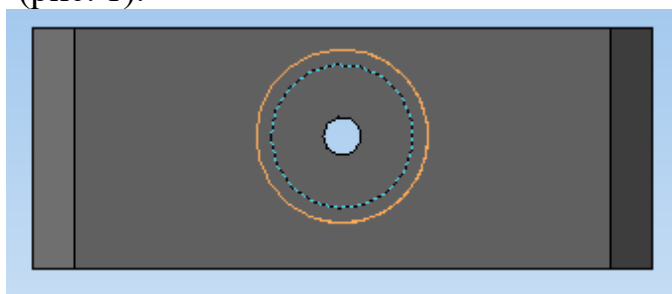



Рис. 1. Адаптер в сборе

Зайдем во вкладку «Вид – Ориентация- Новый – Ориентация вида – Добавить – Имя нового вида (Мой главный вид)» – Нажмите клавишу «ОК». Это будет главный вид. Для создания нового чертежа выполните команду



«Файл – Создать» или нажмите кнопку «Создать» на панели «Стандартная». Укажите тип создаваемого документа «Чертеж» и нажмите кнопку «ОК». На экране появится окно нового чертежа. Нажмите кнопку «Менеджер документа»  на панели «Стандартная». Щелкните мышью на строке параметров листа в правой части окна Менеджера документа. Раскройте список форматов и укажите A2. Щелкните на пиктограмме Ориентация для выбора горизонтальной ориентации листа (рис. 2).

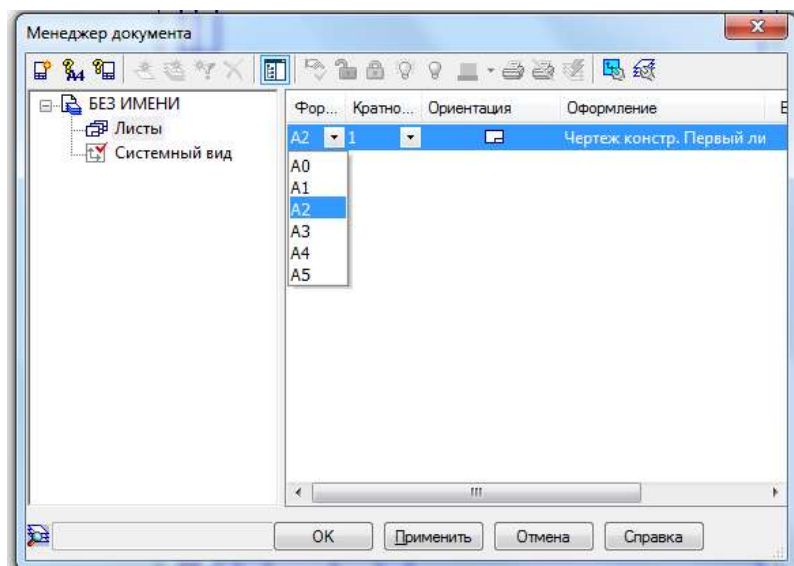




Рис. 2. Выбор формата

Нажмите кнопку ОК. Нажмите кнопку «Стандартные виды»  на инструментальной панели «Виды» . Если деталь Корпус\_ АБВ.01. открыта, просто нажмите ОК. В противном случае нажмите кнопку Из файла и укажите положение детали на диске (рис. 3).

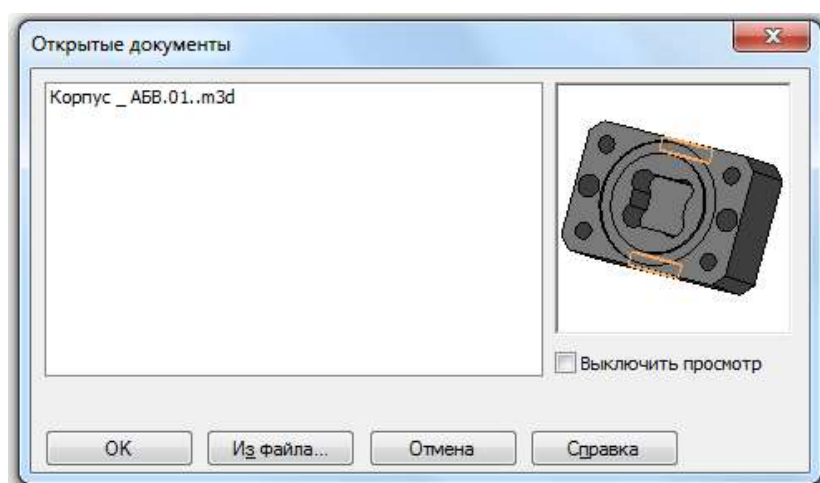


Рис. 3. Адаптер в сборе

Нажмите кнопку «Схема видов»  для выбора нужных видов. Откажитесь от создания вида Слева и включите создание вида Снизу. Нажмите ОК (рис. 4).

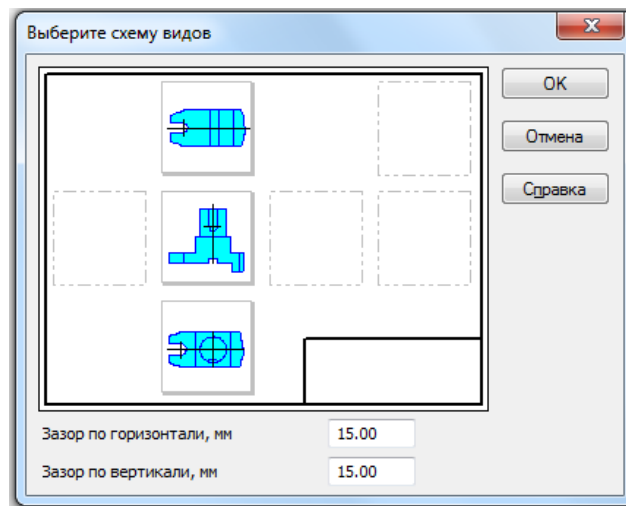


Рис. 4. Схема видов

Укажите мышью положение видов на чертеже. Будут построены указанные виды, графы основной надписи будут заполнены данными из 3D-модели (рис. 5).

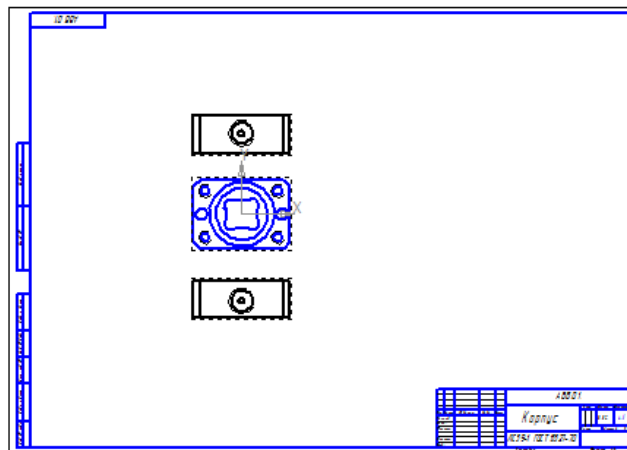


Рис. 5. Корпус адаптера в 2D

Пунктирная рамка — это признак ассоциативного вида, то есть вида, связанного с 3D-моделью. Она не выводится на печать и является средством управления видом. Нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская клавишу, перетащите вид вверх на свободное место. Так как виды находятся в проекционной связи, этот вид можно перемещать только в вертикальном направлении. Чтобы сделать вид текущим на панели «Текущее состояние» раскройте список Состояния видов и укажите вид номер 3 (рис. 6).

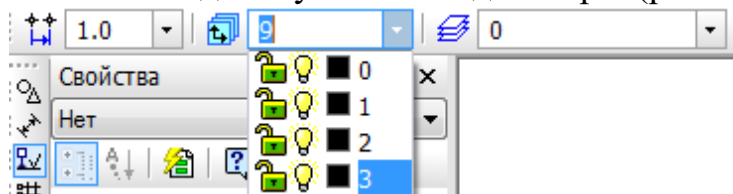



Рис. 6. Выбор слоев

Один из видов чертежа является текущим. Все новые объекты создаются в текущем виде и далее принадлежат именно этому виду. Если вы ходите

работать с каким-то определенным видом (проставлять в нем размеры, добавлять обозначения и т.д.), обязательно сделайте этот вид текущим.

Линия разреза должна пройти точно через центр детали. Предварительно можно построить вспомогательную прямую и использовать ее в качестве объекта привязки при построении линии разреза. Нажмите кнопку «Горизонтальная прямая»  на Расширенной панели команд построения вспомогательных прямых. С помощью привязки «Ближайшая точка» укажите центральную точку детали (рис. 7).

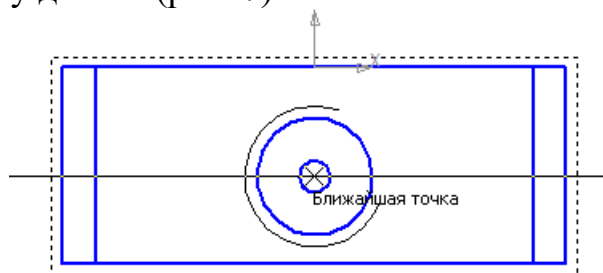







Рис. 7. Построение вспомогательной прямой

На панели «Глобальные привязки» отключите привязку «Выравнивание»  включите привязки «Середина»  и «Угловая» . С помощью команды «Линия разреза/Сечения»  на инструментальной панели «Обозначения»  постройте линию разреза А–А. Для этого укажите начальную точку линии разреза (точка 1), затем объект направления линии разреза — вспомогательную прямую (мишень 2) и конечную точку линии разреза (точка 3) (Рисунок 8-9). Вспомогательную прямую можно удалить (рис. 9).

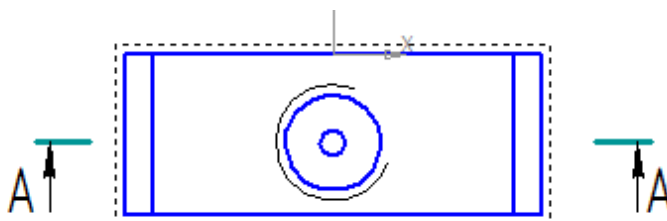




Рис. 9. Результат выполнения операции «разрез»

Сделайте текущим вид номер 2. Построим кривую Безье (рис. 10).

Нажмите кнопку «Местный разрез»  на инструментальной панели «Виды»  . Укажите построенную кривую Безье (рис. 11). На виде «Сверху» укажите положение секущей плоскости местного разреза. На этом виде будет построен местный разрез (рис. 12).



A-A

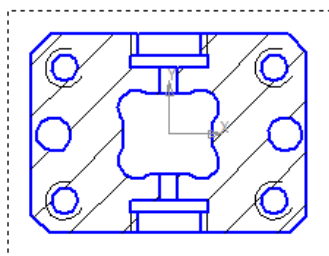


Рис. 10. Результат выполнения операции «разрез»

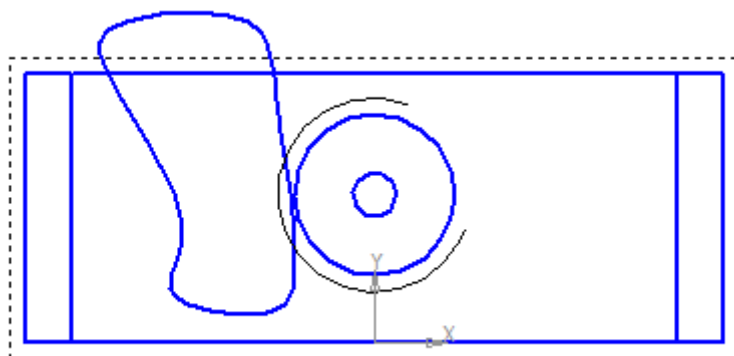


Рис. 11. Построение кривой Безье

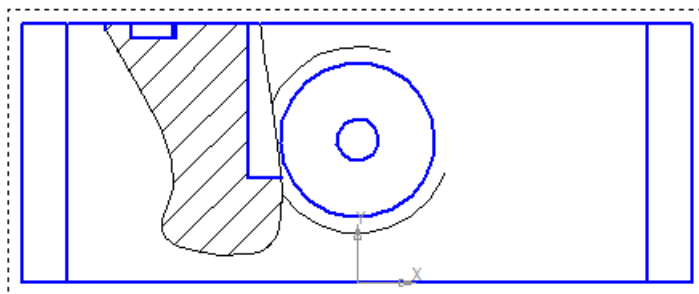






Рис. 12. Построение местного разреза по кривой Безье

Нажмите кнопку «Осевая линия по двум точкам»  на инструментальной панели «Обозначения» . С помощью привязок постройте осевые линии для цилиндрических поверхностей. Нажмите кнопку «Обозначения центра»  на инструментальной панели «Обозначения»  (рис. 13). Постройте осевую линию на сечении A-A, предварительно сделав его текущим (рис. 14).

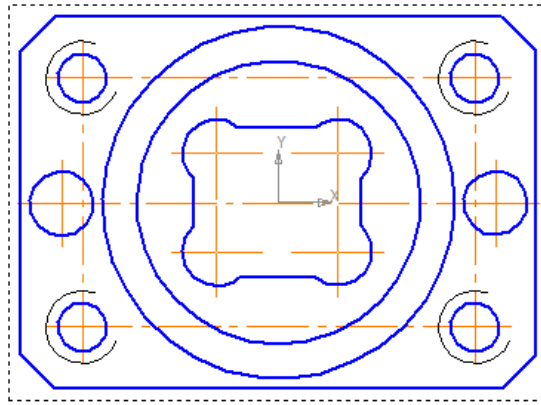


Рис. 13. Результат команды «обозначение центра»

A—A

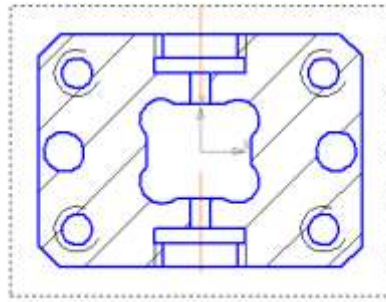





Рис. 14. Построение осевой линии

Простановка размеров.

С помощью команды «Линейный размер»  на инструментальной панели «Размеры»  проставим в чертеже необходимые размеры. Сделаем текущим вид 3. С помощью команд на инструментальной панели «Обозначения»  проставьте в чертеже технологические обозначения (рис. 15- 18).

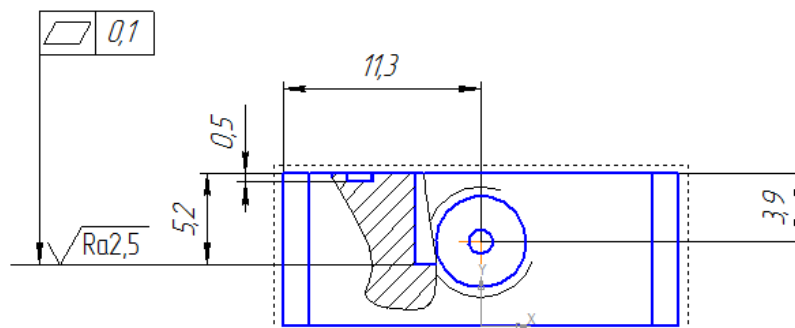
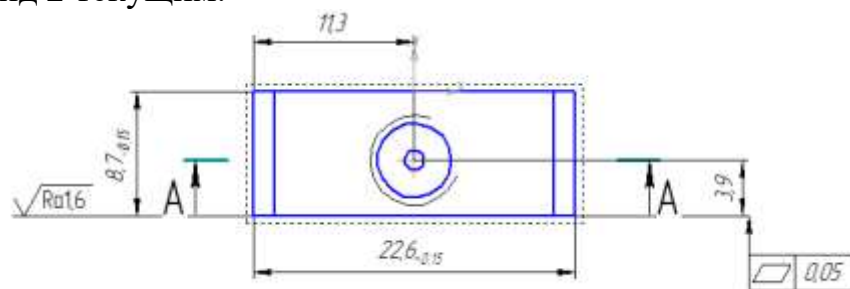
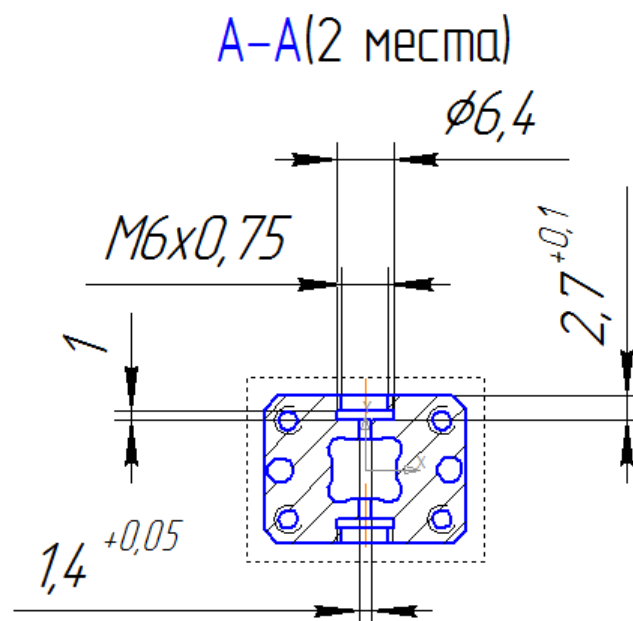


Рис. 15. Расстановка размеров, обозначений и допусков

Сделаем вид 2 текущим.



Расставим размеры на разрезе А-А как показано на рис. 18.



109

## Оформление технических требований

Выполните команду «Вставка – Технические требования – Ввод» (рис. 19).

1. Радиусы скруглений 2,5 мм.
2. Предельные отклонения размеров между базой и любым отверстием  $\pm 0,1$  мм.
3. Покрытие H12.

					АБВ.01.			
					Корпус			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.								
Пров.								
Т.контр.								
					Лист	Масса	Масштаб	
						0,02	4:1	
					Лист	Листов	1	
Н.контр.					ЛС 59-1 ГОСТ 15527-70			
Утв.								

Копировал

Формат А2

Рис. 19. Оформление технических требований

Рабочий чертеж готов.

## Литература

1. Божко А.Н. Основы автоматизированного проектирования [Электрон.ресурс]: учебник /А.Н. Божко, Т.М. Волосатова. – М.: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2019. - 329 с. - Книга находится в ЭБС Znanium.com.
2. Гвоздева Т.В. Проектирование информационных систем: технология автоматизированного проектирования. Лабораторный практикум [Электрон. ресурс] / Т. В. Гвоздева, Б. А. Баллод; - 1-е изд. - : Лань, 2018. - 156 с. - Книга находится в ЭБС Издательства Лань.
3. Гирфанова Л.Р. Системы автоматизированного проектирования изделий и процессов [Электрон. ресурс] : учеб. пособие / Л.Р. Гирфанова. - Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. - 156 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
4. Габидулин В.М. Трехмерное моделирование в AutoCAD 2016 [Электрон. ресурс]: практ. пособие / В. М. Габидулин. - Саратов : Профобразование, 2017. - 270 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
5. Головицына М.В. Интеллектуальные САПР для разработки современных конструкций и технологических процессов [Электрон. ресурс]: учеб. пособие / М.В. Головицына. // Интеллектуальные САПР для разработки современных конструкций и технологических процессов; 2021-01-23. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. – 249 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

6. Головицына М.В. Основы САПР [Электрон. ресурс]: учеб. пособие / М.В. Головицына // Основы САПР; 2021-01-23. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. - 270 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

7. Пакулин В.Н. Программирование в AutoCAD [Электрон. ресурс] / В.Н. Пакулин. - 2-е изд., испр. – М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 472 с. : ил. - Книга находится в ЭБС Университетская библиотека on-line.

8. Пакулин В.Н. Проектирование в AutoCAD [Электрон. ресурс] / В.Н. Пакулин. - 2-е изд., испр. – М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 425 с. : ил. - Книга находится в ЭБС Университетская библиотека on-line.

9. Системы автоматизированного проектирования технических объектов [Электронный ресурс]: лабораторный практикум / Е. М. Онучин [и др.]; Е.М. Онучин, А.А. Медяков, Д.М. Ласточкин, А.Д. Каменских; Поволжский государственный технологический университет. - Йошкар-Ола : ПГТУ, 2016. - 80 с. : табл., ил. - Книга находится в ЭБС Университетская библиотека on-line.

10. Системы автоматизированного проектирования. Лабораторный практикум [Электрон. ресурс]: учеб. пособие / А. Н. Беляев [и др.]; А.А. Заболотная; С.В. Кузьменко; В.В. Шередекин; А.Н. Беляев; ред. В.В. Шередекин. - Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. - 175 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

11. Карпенко А.П. Основы автоматизированного проектирования [Электронный ресурс] : учебник / А.П. Карпенко. - 1. – М.: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2015. - 329 с. - Книга находится в ЭБС Znanium.com. - ВО - Бакалавриат.

12. Джагаров Ю.А. Основы автоматизированного проектирования в среде AutoCAD. Часть 1 [Электрон. ресурс]: учеб. пособие / Ю.А. Джагаров. - Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2015. - 109 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

13. Муромцев Д.Ю. Математическое обеспечение САПР [Электрон. ресурс] / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин. - 2-е изд. перераб. и доп. - : Лань, 2014. - 464 с. - Книга находится в ЭБС Издательства Лань.

14. Юдин К.А. Автоматизация проектирования с применением Autodesk Inventor 2012 [Электрон. ресурс]: учеб. пособие /К.А. Юдин. - Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2013. - 129 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

15. Васильева Т.Ю. Компьютерная графика. 2D-моделирование с помощью системы автоматизированного проектирования AutoCAD [Электрон. ресурс]: практикум / Т.Ю. Васильева, Л.О. Мокрецова, О.Н. Чиченева. // Компьютерная графика. 2D-моделирование с помощью системы автоматизированного

проектирования AutoCAD; 2019-09-01. – М.: Издательский Дом МИСиС, 2013. - 53 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

16. Компьютерная графика. 3D-моделирование с помощью системы автоматизированного проектирования AutoCAD [Электрон. ресурс]: практикум / О.Н. Чиченева; Л.О. Мокрецова; Т.Ю. Васильева. // Компьютерная графика. 3D-моделирование с помощью системы автоматизированного проектирования AutoCAD; 2019-09-01. – М.: Издательский Дом МИСиС, 2013. - 48 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

17. Кологривов В.А. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств [Электрон. ресурс]: учеб. пособие. 1 / В.А. Кологривов; В.А. Кологривов. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 120 с. - Книга находится в ЭБС Университетская библиотека on-line.

18. М.Е. Попов, А.М. Попов. САПР КОМПАС-3D: метод. указания к лабораторным работам по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов». / М.Е. Попов, А.М. Попов. - : ДГТУ, 2018. - Книга находится в ЭБС ДГТУ.

19. Говорова С.В. Инженерная и компьютерная графика [Электрон. ресурс]: практикум / И.А. Калмыков; С.В. Говорова. - Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. - 165 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.