

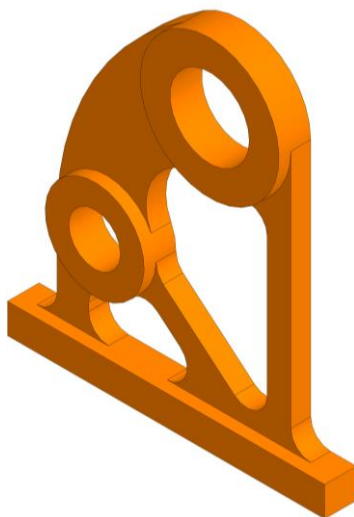
**КГ-001**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА**

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА: СОПРЯЖЕНИЯ**

методические материалы модуля  
«Компьютерная графика» дисциплин  
«Инженерная и компьютерная графика»,  
«Компьютерная графика»



---

Рязань 2023

УДК 744.62 (075.8) ББК 30.11я73

Компьютерная графика: сопряжения: методические указания к лабораторному практикуму / Рязан. гос. радиотехн. универ.; сост. Д.А. Наумов, О.А. Логачева. Рязань, 2023. 34с.

Содержат методические материалы к практическим и лабораторным работам по выполнению трехмерных моделей и ассоциативных чертежей деталей, содержащих гладкие сопряжения поверхностей.

Предназначены для проведения лабораторного практикума по курсам «Компьютерная графика», «Инженерная и компьютерная графика», студентов технических направлений и специальностей уровня бакалавриата и специалитета.

Рекомендуются также для самостоятельной работы студентов очной, очно-заочной и заочной формы обучения специальности.

*Компьютерная графика, трехмерное моделирование, сопряжения, электронная модель изделия, ЭМИ*

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА: СОПРЯЖЕНИЯ**

*Составители НАУМОВ Дмитрий Анатольевич  
ЛОГАЧЕВА Ольга Александровна*

Редактор \_\_. \_\_. \_\_\_\_\_

Корректор \_\_. \_\_. \_\_\_\_\_

Подписано в печать \_\_. \_\_. 2023. Формат бумаги 60 × 84 1/16.

Бумага газетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,0.

Уч.-изд. л. 5,0. Тираж 30 экз. Заказ \_\_\_\_.

Рязанский государственный радиотехнический университет.

391000, Рязань, ул. Гагарина, 59/1.

Редакционно-издательский центр РГРТУ

## 1. СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

*Цель работы:* изучение приемов создания трехмерных моделей деталей, содержащих плавные сопряжения поверхностей.

Рассмотрим процесс моделирования детали «Планка», показанной на рисунке (Рисунок 1).

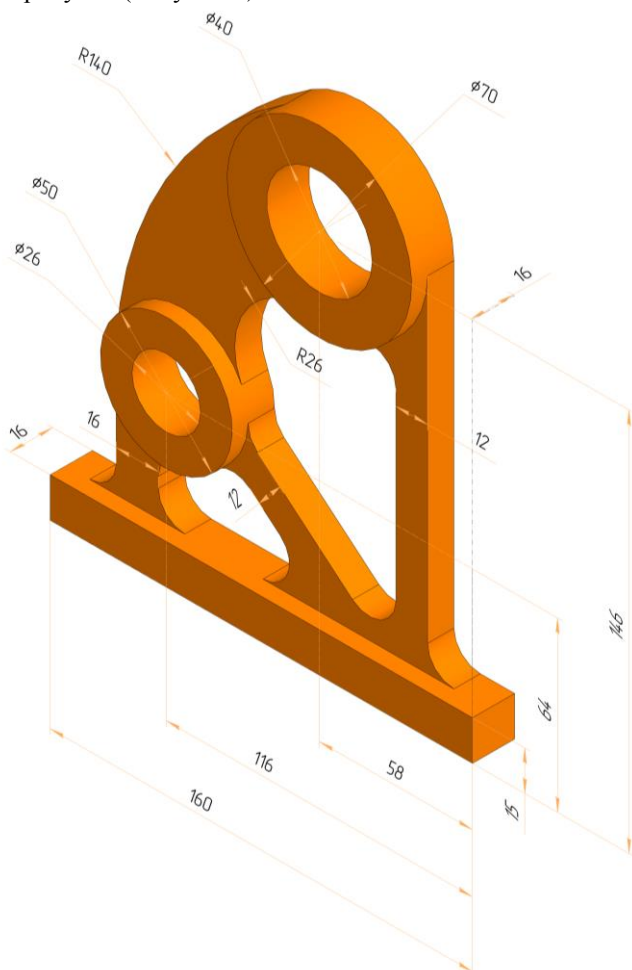


Рисунок 1 – Изометрической изображение детали «Планка»

В данной работе будем придерживаться следующей технологии работы:

- создаваемые эскизы будут использоваться для выдавливания или вырезания отдельного элемента трехмерной модели. Несмотря на то, что данную деталь можно создать, используя только один эскиз (за счет возможности указания в операции *области эскиза*), будет проще создать несколько простых эскизов;
- создаваемые эскизы могут содержать *скругления* и *сопряжения*. Несмотря на то, что существует операция скругления ребер в трехмерной модели, в данной работе мы отрабатываем также и навыки работы со скруглениями примитивов именно в эскизах.

1. Начнем создание модели с создания нового документа типа «Деталь».

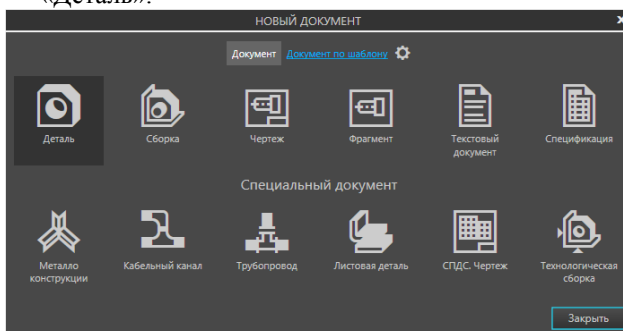
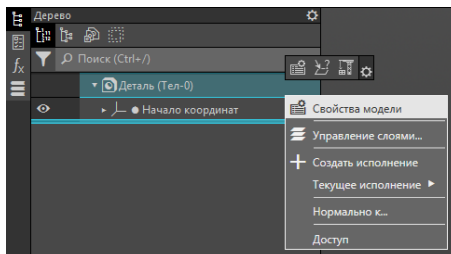
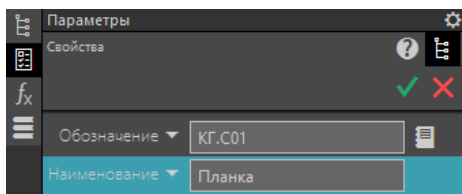


Рисунок 2 – Выбор типа документа


2. Вызовите контекстное меню (щелчок правой кнопкой мыши, далее – ПК) для корневого элемента дерева модели. Выберите команду «Свойства модели».
3. В окне параметров свойств модели введите обозначение детали (например, *КГ.С01*) и наименование детали (например, *Планка*) (Рисунок 4).
4. Сохраните файл в свой рабочий каталог.



*Рисунок 3 – Выбор типа документа*

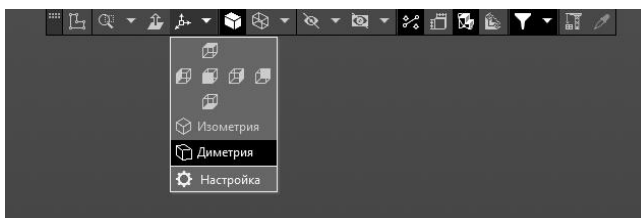


*Рисунок 4 – Ввод обозначения и наименования детали*

5. Настроим ориентацию системы координат. На панели быстрого доступа нажмите на кнопку «Ориентация» . Выполните команду «Настройка».

В окне параметров выберите схему «Y-аксонометрия» (Рисунок 6) и нажмите кнопку «Диметрия» для того, чтобы развернуть систему координат в соответствии с выбранной схемой.

После этих действий вверх будет направлена ось Y.



*Рисунок 5 – Ввод обозначения и наименования детали*

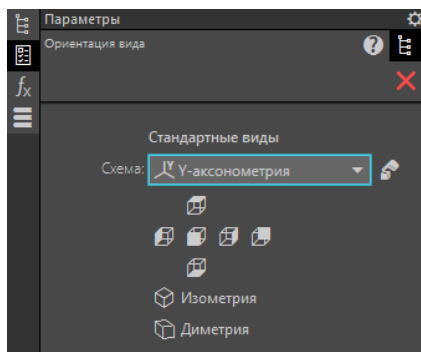


Рисунок 6 – Настройка схемы ориентации

6. Выделите плоскость ZY, нажмите на кнопку «Создать эскиз».

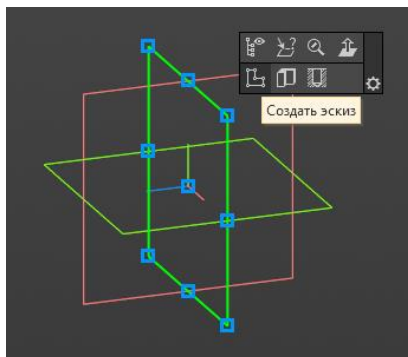


Рисунок 7 – Создание эскиза

7. На панели инструментов в группе кнопок *Геометрия* выберите команду *Прямоугольник*. Начертите произвольный прямоугольник, левый нижний угол которого будет совпадать с началом координат.

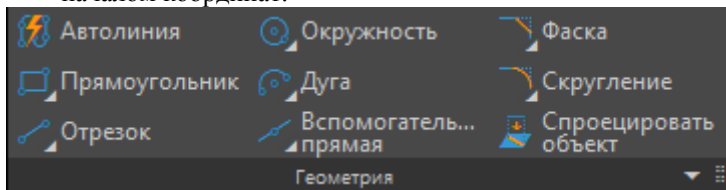
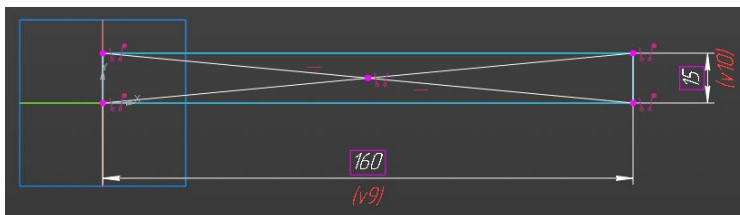


Рисунок 8 – Группа кнопок Геометрия

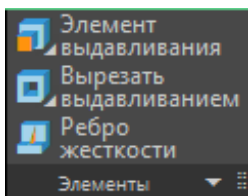
8. Задайте следующие размеры прямоугольника при помощи команды *Авторамер*:

- длина – 160;
- высота – 15.

Убедитесь, что эскиз не содержит не определенных элементов (отсутствуют степени свободы).





*Рисунок 9 – Первый эскиз*

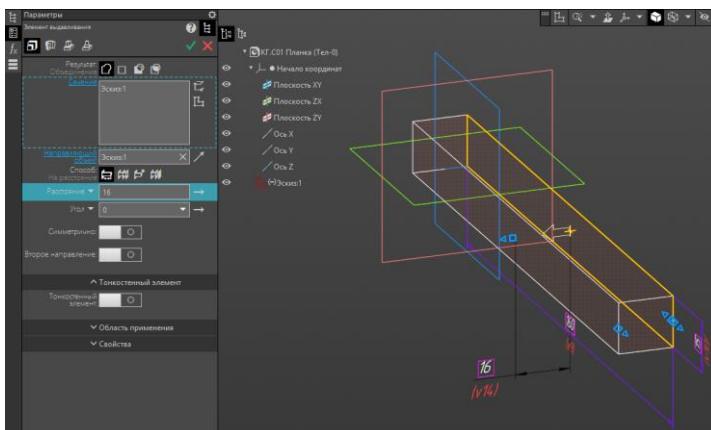


*Рисунок 10 – Группа кнопок Элементы*

9. Не закрывая эскиз, выполните команду *Элемент выдавливания* на панели инструментов в группе кнопок *Элементы*. В поле *Расстояние* введите значение **16**.

Нажмите кнопку *Создать объект* (нажав на кнопку  или Ctrl+Enter).

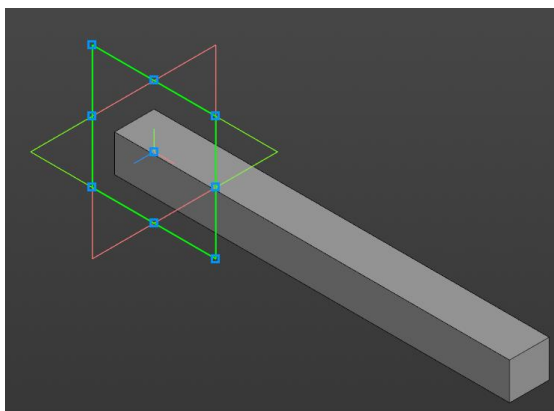
Завершите команду (нажав на кнопку  или Esc).



*Рисунок 11 – Параметры команды Элемент выдавливания*


10. Нижняя часть планки создана. Следующим этапом будет создание двух цилиндрических бобышек. Мы продолжаем создавать модель именно с них, так как их размеры и положение заданы в явном виде, и не зависят от других элементов модели.

Выделите плоскость ZY, создайте на ней эскиз.



*Рисунок 12 – Создание второго эскиза*

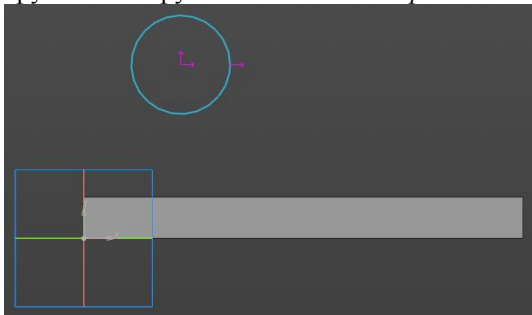


11. На панели быстрого доступа включите отображение степеней свободы (  ).



*Рисунок 13 – Панель быстрого доступа*

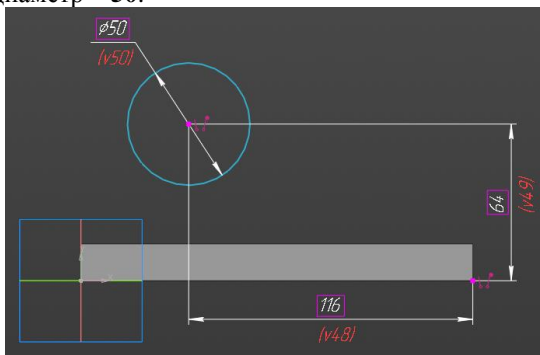
12. Начертите произвольную окружность при помощи команды *Окружность*, выбрав команду *Окружность* на панели инструментов в группе кнопок *Геометрия*.



*Рисунок 14 – Создание окружности*

13. Задайте следующие размеры:

- отступ центра окружности от правого края – **116**;
- отступ центра окружности от нижнего края – **64**;
- диаметр – **50**.



*Рисунок 15 – Размеры окружности*

14. Начертите еще одну окружность с тем же центром, что и предыдущая окружность. Есть несколько вариантов для того, чтобы сделать центры окружностей совпадающими:
- при использовании команды *Окружность* начать построение окружности с точки центра другой окружности;
  - начертить окружность с произвольным центром и наложить ограничение *Концентричность* (при помощи соответствующей команды в группе кнопок *Ограничения*);
  - начертить окружность с произвольным центром и наложить ограничение *Совпадение точек* (при помощи соответствующей команды в группе кнопок *Ограничения*).

Задайте диаметр окружности равным **26**.

Убедитесь, что эскиз полностью определен.

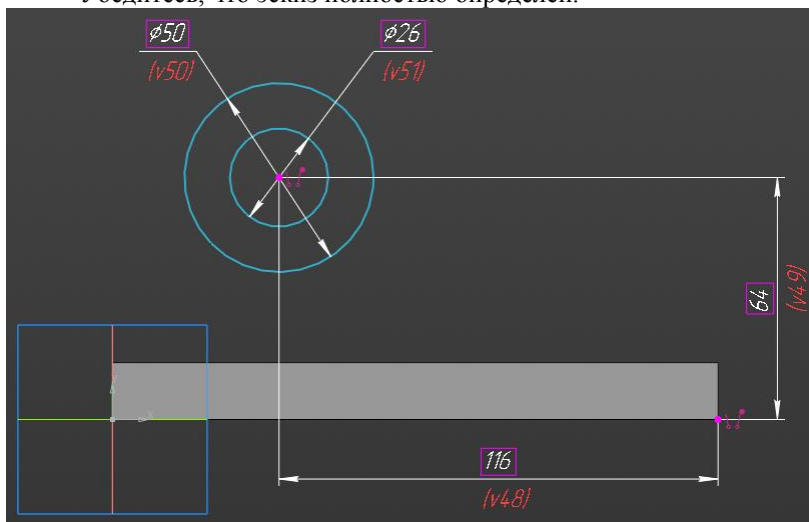
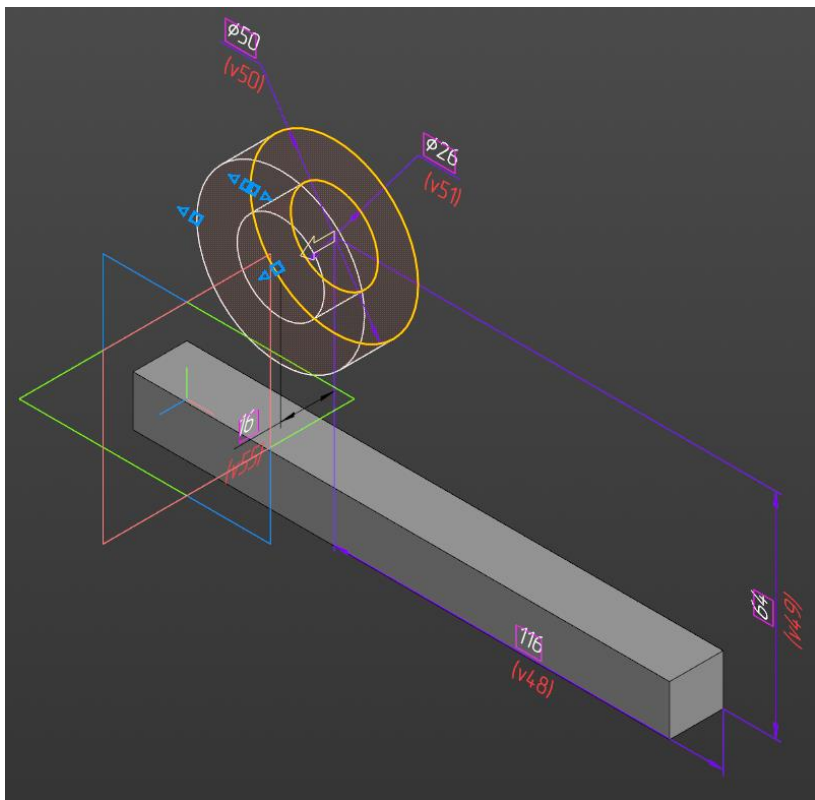


Рисунок 16 – Создание второй окружности

15. Не закрывая эскиз, выполните команду *Элемент выдавливания* на панели инструментов в группе кнопок *Элементы*. В поле *Расстояние* введите значение **16**.



*Рисунок 17 – Выдавливание второго эскиза*

Обратите внимание, что при выполнении операции выдавливания будет сформировано тело – кольцо диаметром **50** с отверстием диаметром **26**.

Создайте объект, а затем завершите текущую команду.

16. Повторите действия по созданию еще одного эскиза на плоскости ZY. Этот эскиз также должен содержать две концентрические окружности со следующим параметрами:

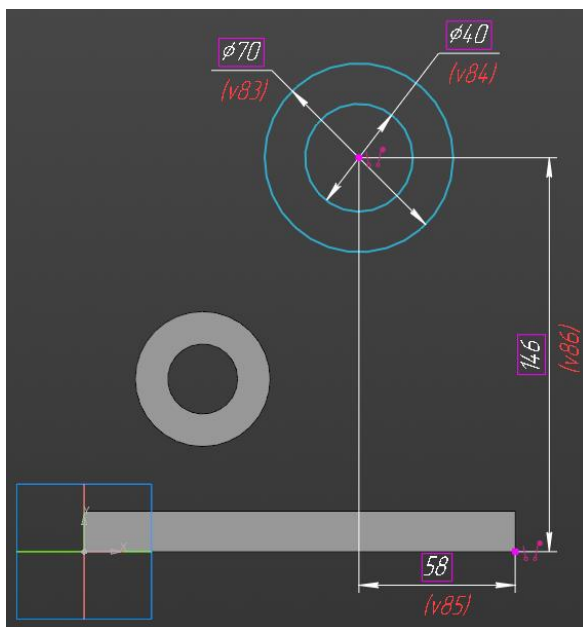


Рисунок 18 – Создание третьего эскиза

17. Не закрывая эскиз, выполните команду *Элемент выдавливания* на панели инструментов в группе кнопок *Элементы*. В поле *Расстояние* также введите значение **16**. Создайте объект, а затем завершите текущую команду.
18. Создайте эскиз на плоскости ZY. Начнем создавать внешний контур оставшейся части детали.
19. Выберите команду *Автолиния* в группе кнопок *Геометрия*.

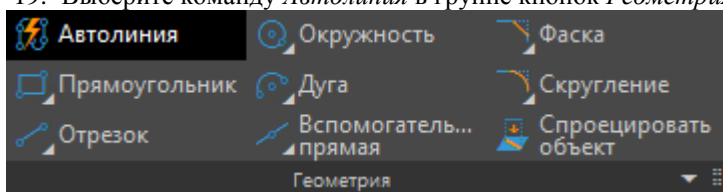


Рисунок 19 – Автолиния

20. Чертим левую часть эскиза:

- автолиния должна начинаться с внешней окружности (диаметра 50);
- далее чертим вертикальный отрезок произвольной длины;

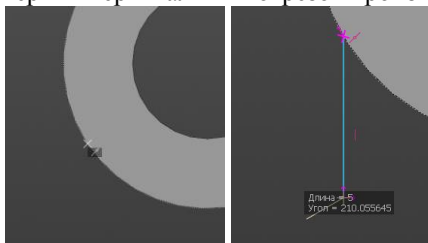


Рисунок 20 – Создание первого отрезка

- на панели параметров (не закрывая команду Автолиния) необходимо переключиться на тип сегмента: дуга;

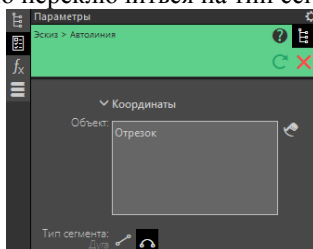


Рисунок 21 – Переключение типа сегмента

- начертить дугу, конечная точка которой лежала бы на верхней отрезке – проекции нижней части планки.

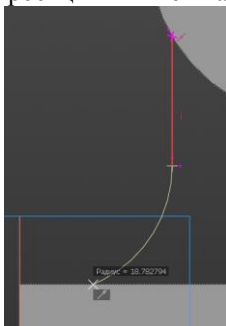
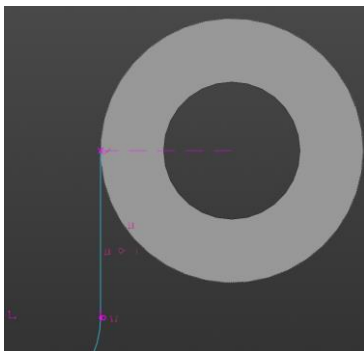


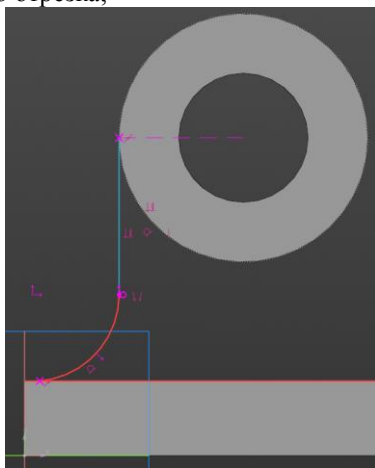
Рисунок 22 – Создание сегмента дуги

- завершите команду *Автолиния*.
21. Зададим следующие ограничения:
- при помощи команды *Выравнивание* в группе кнопок *Ограничения*;



*Рисунок 23 – Выравнивание*

- при помощи ограничения *Касание* задайте касание дуги и верхнего отрезка;



*Рисунок 24 – Касание*

- задайте размер радиуса дуги равным **16**.

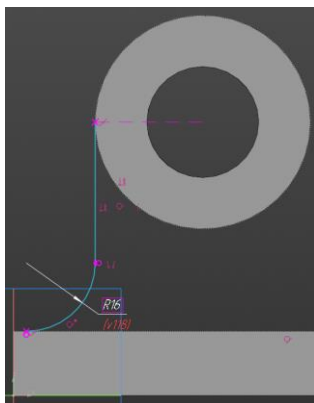


Рисунок 25 – Задание радиуса дуги

Убедитесь, что сейчас эскиз не содержит степеней свободы.

22. Аналогично чертим правую часть эскиза:

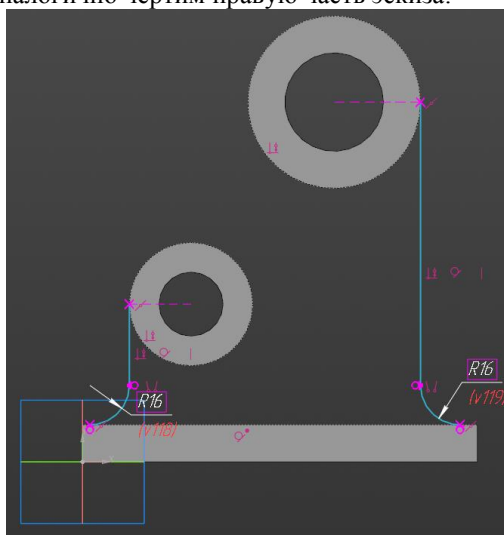


Рисунок 26 – Изображение правого контура

23. Для создания третьей части эскиза можно выбрать один из следующих вариантов:

- Создать окружность, касательную к двум кривым, задать ее радиус, а затем удалить лишнюю часть окружности.
- Создать дугу, крайние точки которой будут лежать на двух окружностях, наложить ограничение касание дуги с каждой из окружностей и задать радиус дуги.

24. Рассмотрим первый способ.

- Выберите команду Окружность.
- Выберите тип команды Окружность, касательная к двум кривым.
- Введите значение радиуса **140** (или диаметра **280**).

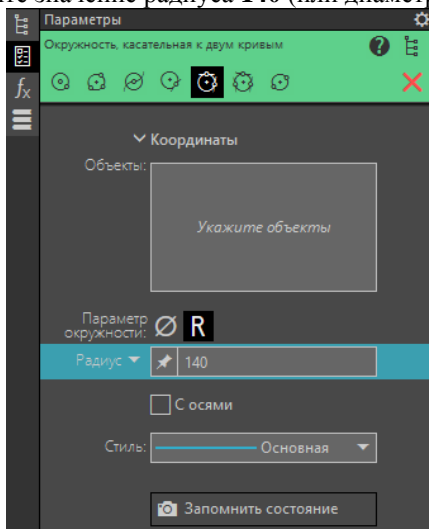


Рисунок 27 – Создание касательной окружности

- Щелкните по внешним окружностям. В результате отобразятся несколько вариантов, удовлетворяющих условиям касания и введенного значения радиуса. Щелкните по нужной окружности.



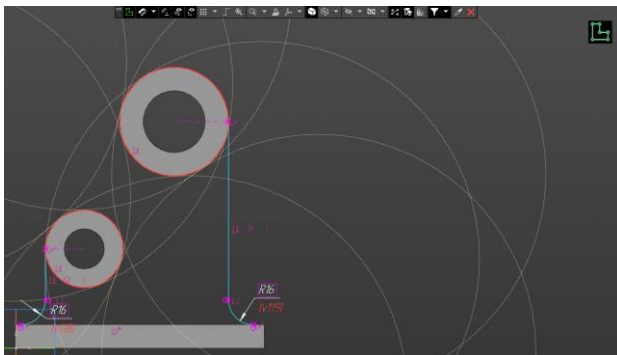


Рисунок 28 – Варианты окружности

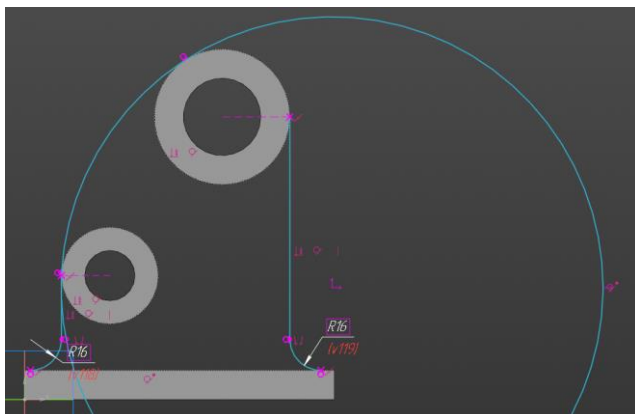


Рисунок 29 – Выбор окружности

25. На панели инструментов в группе кнопок Изменение геометрии выберите команду Усечь кривую.

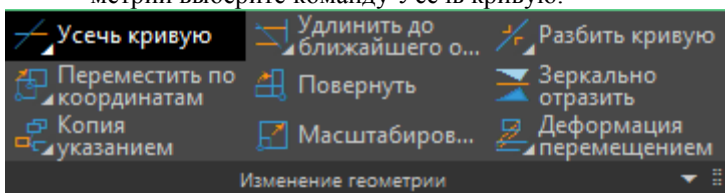


Рисунок 30 – Усечение кривой

В окне параметров выберите опцию Оставлять.

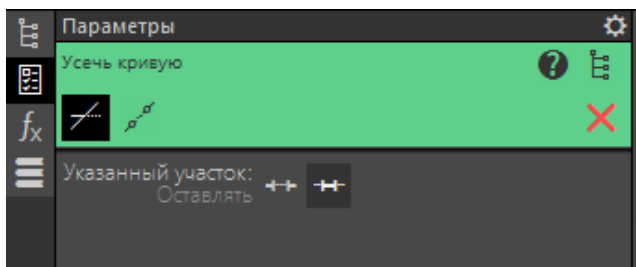


Рисунок 31 – Параметр усечение кривой

Щелкните по дуге, которую необходимо оставить.  
Задайте радиус дуги равный **140**.

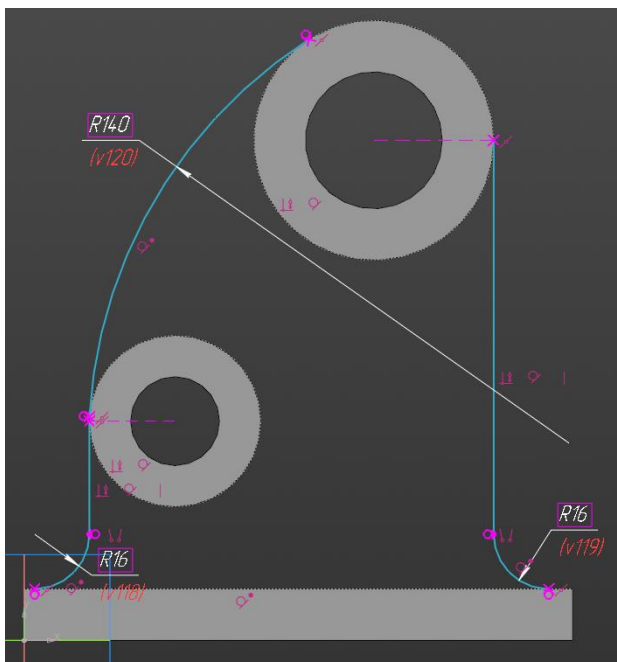
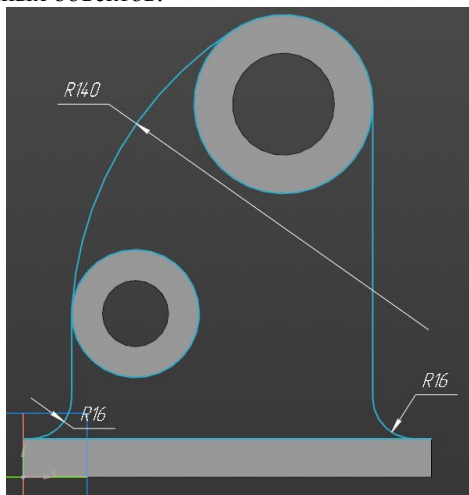


Рисунок 32 –Текущий вид эскиза

26. Для того, чтобы контур эскиза был замкнут, необходимо спроецировать обе внешние окружности и верхний отрезок основания планки.

Выполните команду Спроецировать объект, щелкните по каждому из указанных объектов.



*Рисунок 33 – Итоговый вид эскиза*

27. Далее существуют следующие варианты действий:

- Удалить лишние фрагменты окружностей и отрезка, спроецировать внутренние окружности.
- Выполнить выдавливание, указав в параметрах не эскиз целиком, а область эскиза.

Выберем второй вариант.

28. Не завершая работу с эскизом выполните команду Элемент выдавливания. Сейчас эскиз выдавливается целиком, но как тонкостенный элемент.

Из списка Сечения удалите Эскиз.

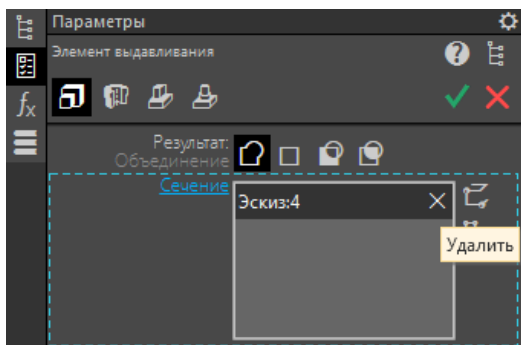


Рисунок 34 – Удаление эскиза из списка сечений

Отключите опцию создания тонкостенного элемента

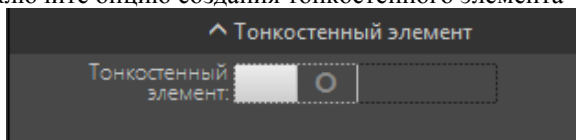


Рисунок 35 – Отмена тонкостенности элемента

Подведите курсор мыши к области выдавливания на модели и нажмите левую кнопку мыши.

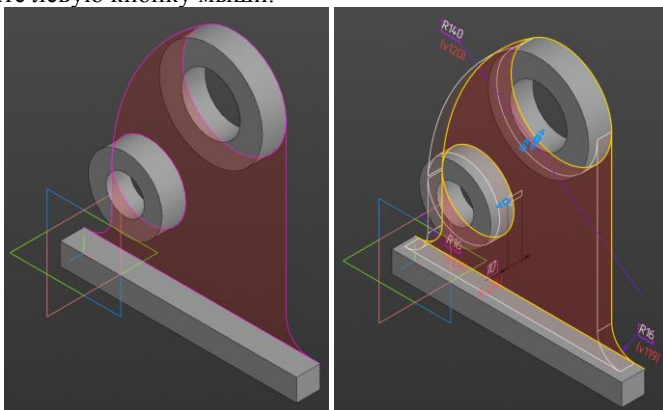
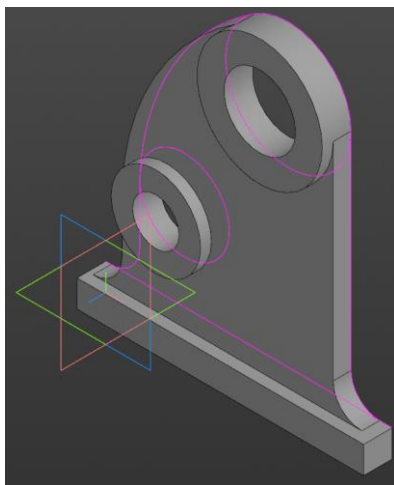


Рисунок 36 – Изометрической изображение выдавливания

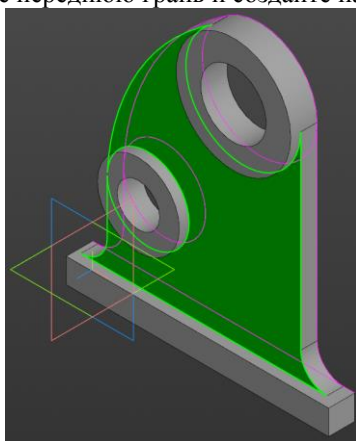
Другие параметры команды изменять не нужно (расстояние выдавливания оставить равным 10).

Создайте объект. Завершите команду.



*Рисунок 37 – Изометрической изображение детали*

29. Построим следующий эскиз, определяющий форму меньшего из двух отверстий сложной формы.  
Выделите переднюю грань и создайте на ней эскиз.



*Рисунок 38 – Создание нового эскиза*

30. Спроецируйте следующие окружность и отрезок:

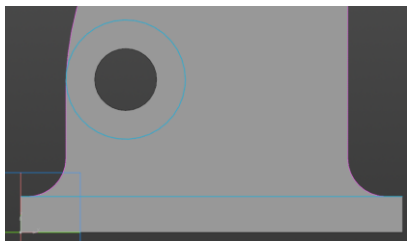


Рисунок 39 – Проецирование отрезка и окружности

31. Начертите вертикальный отрезок от произвольной точки окружности до отрезка. Задайте следующее расстояние равное **16**.

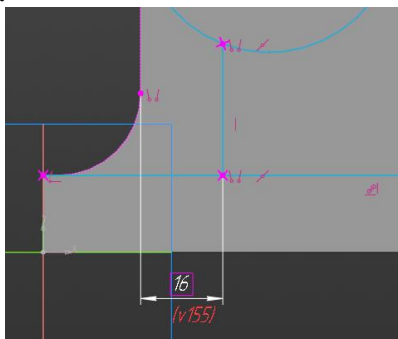


Рисунок 40 – Создание отрезка

32. Создайте наклонный отрезок из центра окружности до отрезка. Задайте ограничение – выравнивание центра правой окружности и правой точки отрезка.

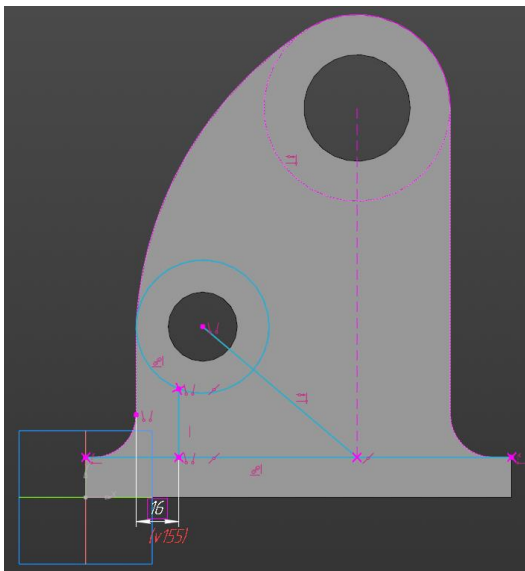
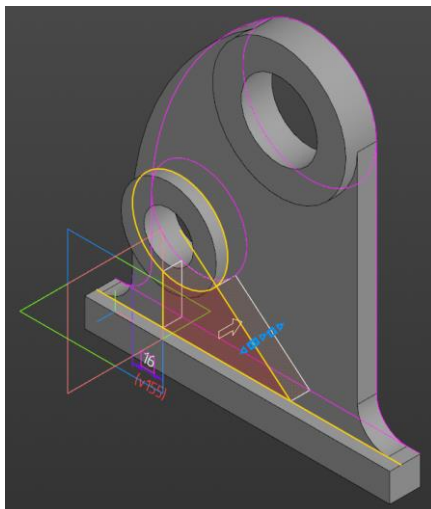


Рисунок 41 – Создание наклонного отрезка

33. Не завершая работу с эскизом выполните команду Вырезать выдавливанием.  
Удалите эскиз из списка сечений. Снимите опцию Тонкостенный элемент. Укажите область для вырезания.  
Задайте способ вырезания Через все.

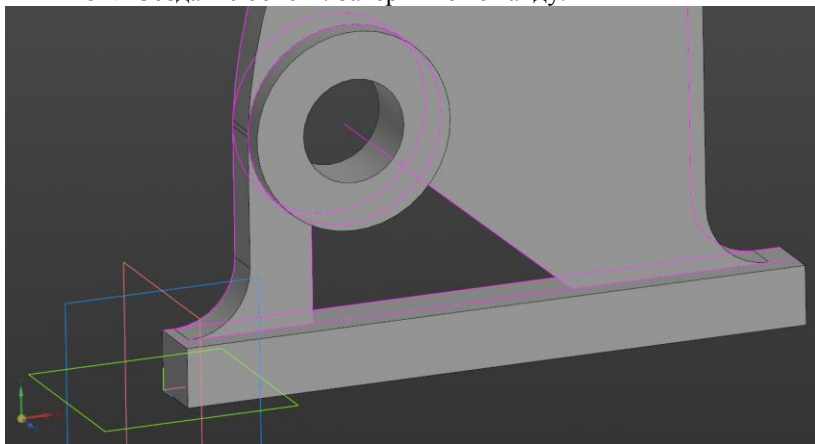


Рисунок 42 – Выбор способа вырезания



*Рисунок 43 – Изображение вырезаемой части*

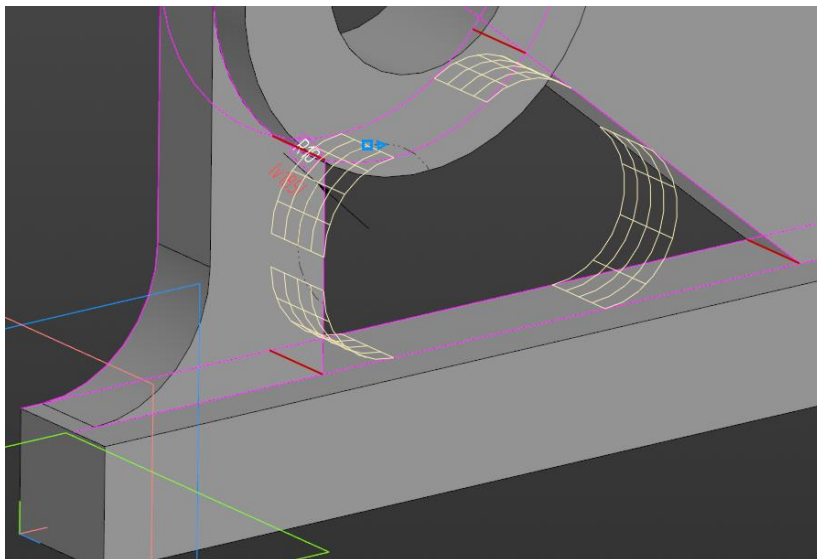
34. Создайте объект. Завершите команду.



*Рисунок 44 – Результат вырезания*

35. На панели инструментов в группе Элементы тела выберите команду Скругление.  
Введите радиус скругления 10.  
Укажите следующие четыре ребра, которые необходимо скруглить.





*Рисунок 45 – Выбор ребер для скругления*

36. Создайте скругление. Завершите команду.
37. Построим следующий эскиз, определяющий форму второго отверстия. Выделите переднюю грань и создайте на ней эскиз.
38. Спроецируйте внешние окружности. Создайте окружность, касательную к данным окружностям, радиусом 26. Удалите лишнюю часть окружности. Задайте радиус при помощи соответствующей команды.

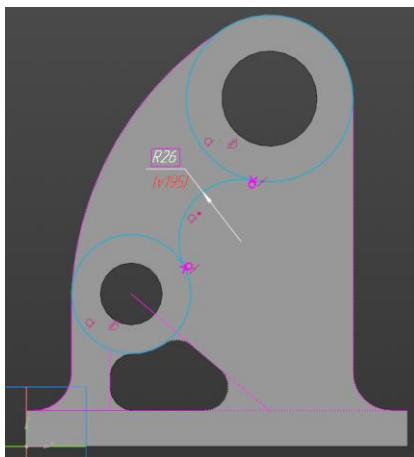


Рисунок 46 – Создание следующего эскиза

39. Начертите вертикальный отрезок от правой окружности до основания. Задайте отступ от правой части, равный 12.

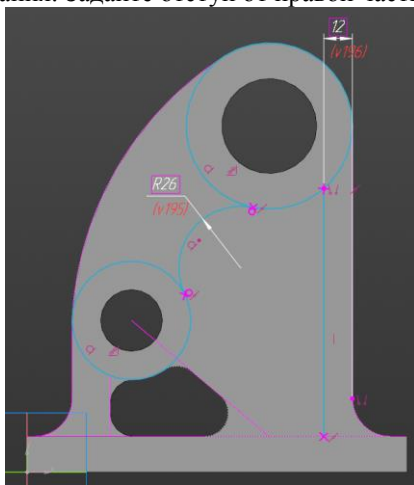
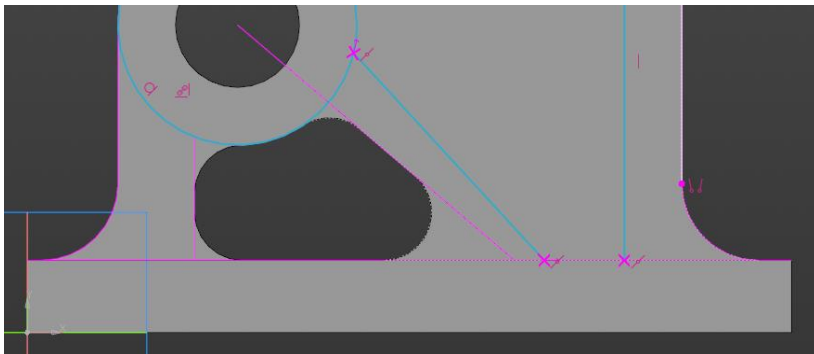


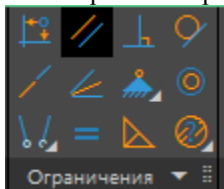
Рисунок 47 – Создание и настройка параметров отрезка

40. Начертите наклонный отрезок от левой окружности до основания.

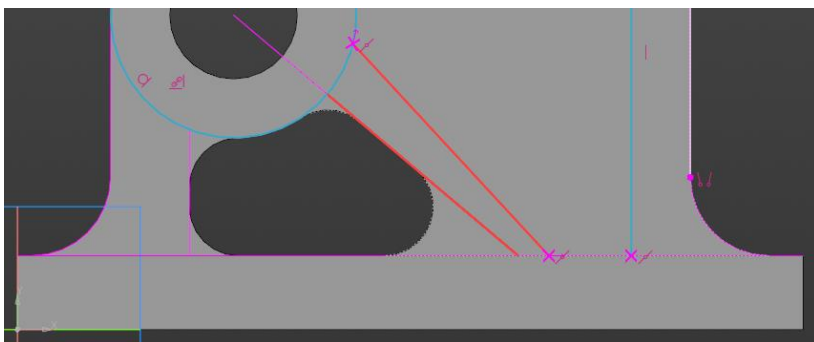


*Рисунок 48 – Добавление наклонного отрезка*

41. Задайте ограничение Параллельность при помощи одноименной команды в группе Ограничения для данного отрезка и наклонного отрезка из предыдущего эскиза:



*Рисунок 49 – Ограничение параллельности*



*Рисунок 50 – Выбор объектов параллельности*

42. Задайте расстояние между данными отрезками, равное **12**.

На панели геометрии выполните команду Скругление. Введите радиус скругления 10.

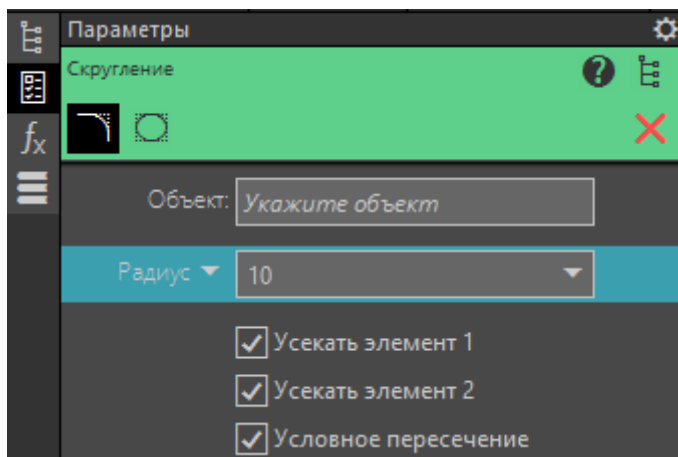


Рисунок 51 – Усечение отрезков

43. Выберите два скругляемых отрезка и выполните скругление.



Рисунок 52 – Выбор усекаемых отрезков

Задайте радиус скругления равный **10**.

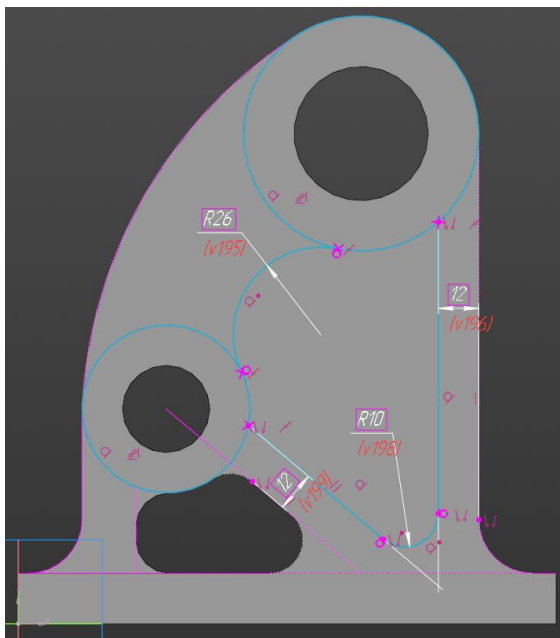
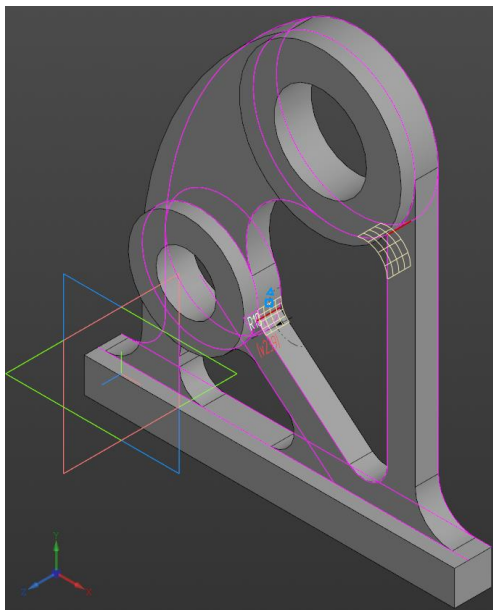


Рисунок 53 – Итоговый вид эскиза

44. Скругление в двух оставшихся местах проще выполнить при помощи скругления ребер после выполнения операции вырезания.
45. Не завершая работу с эскизом выполните команду Вырезать выдавливанием. Удалите эскиз из списка сечений. Снимите опцию Тонкостенный элемент. Укажите область для вырезания. Задайте способ вырезания Через все.
46. Выполните команду Скругление. Укажите следующие два ребра. Создайте скругление. Завершите команду.



*Рисунок 54 – Итоговая модель*

### ***Контрольные вопросы***

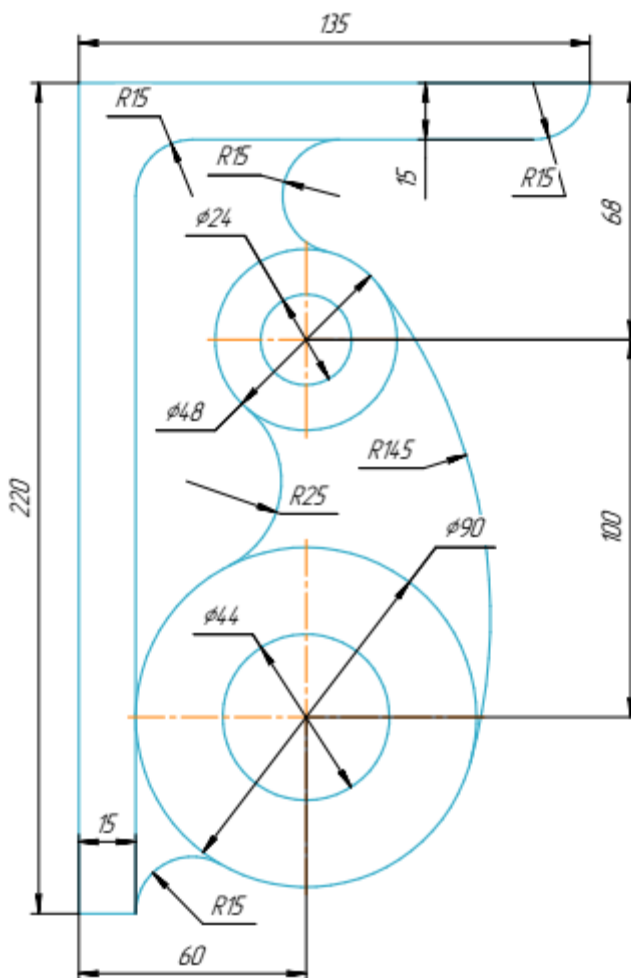
1. Варианты создания скругленных поверхностей.
2. Команда усечения кривых.
3. Выдавливание/вырезание области эскиза.

### ***Задание***

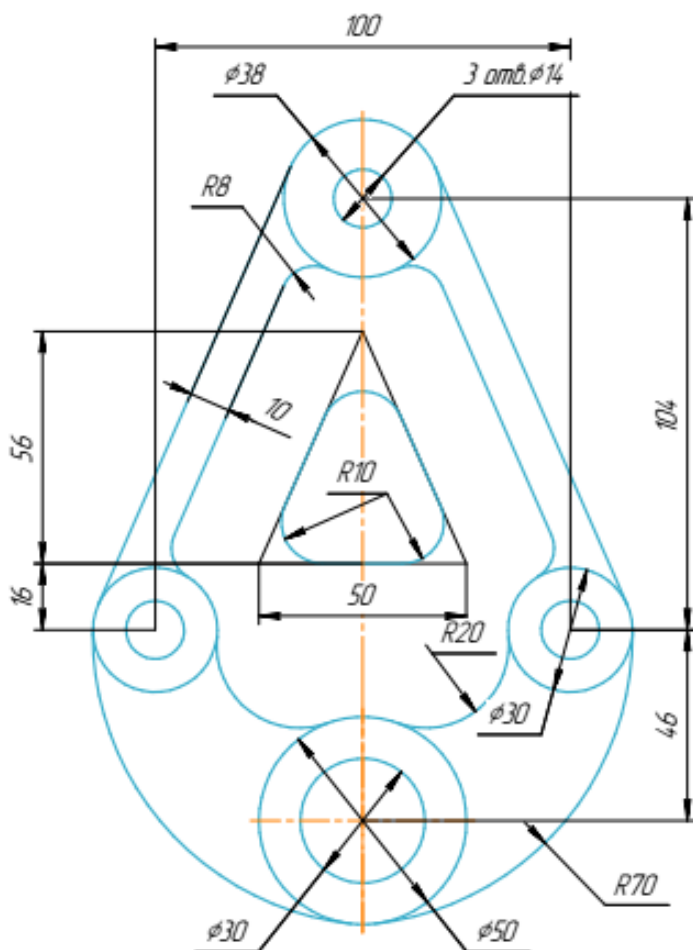
1. Изучите приемы создания трехмерной модели детали с использованием скруглений.
2. Создайте трехмерную модель в соответствии с вариантами заданий.

## 2. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

### Вариант 1

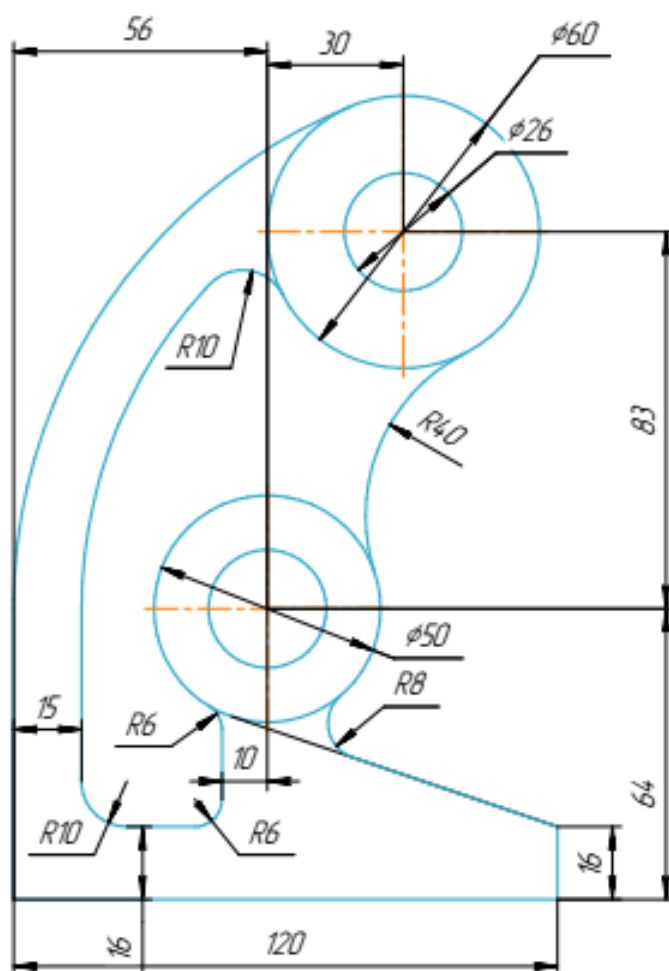


Вариант 2

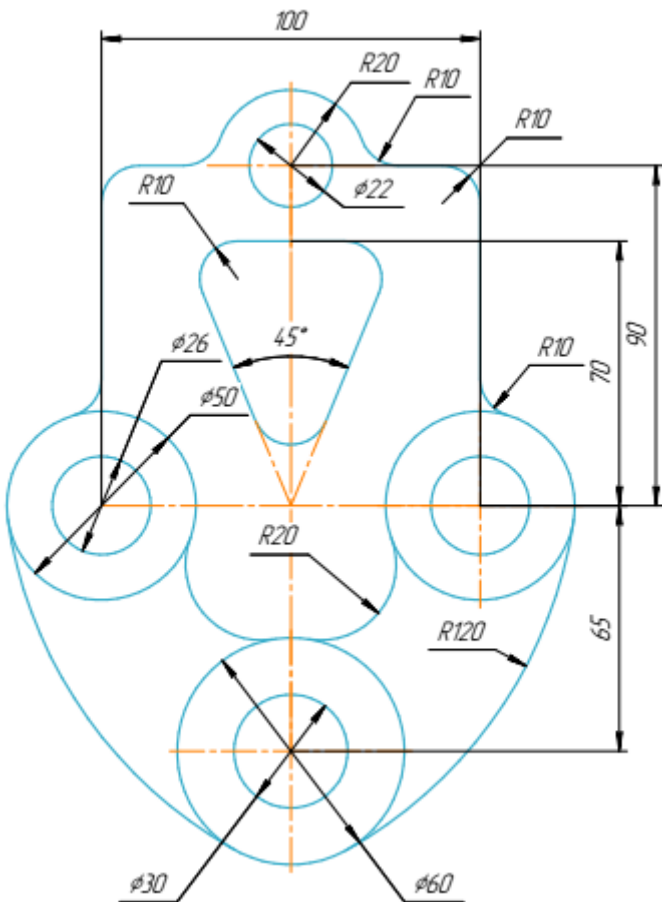




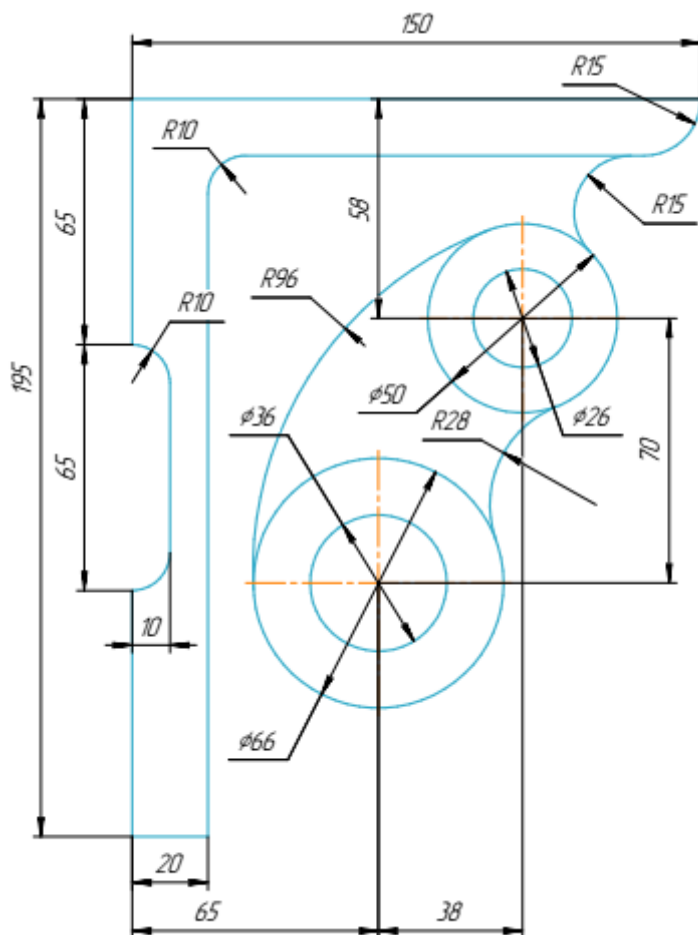
Вариант 3



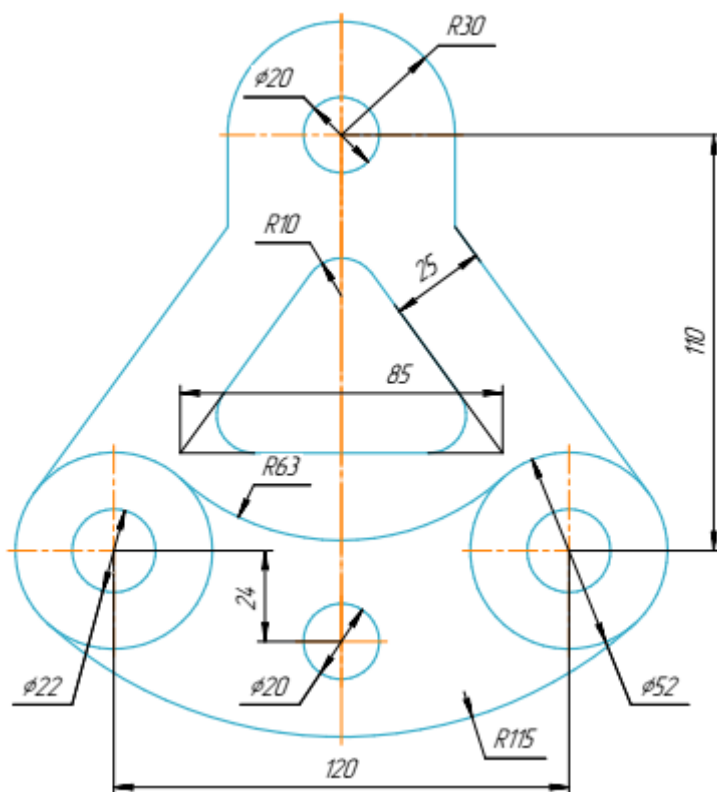
### Вариант 4



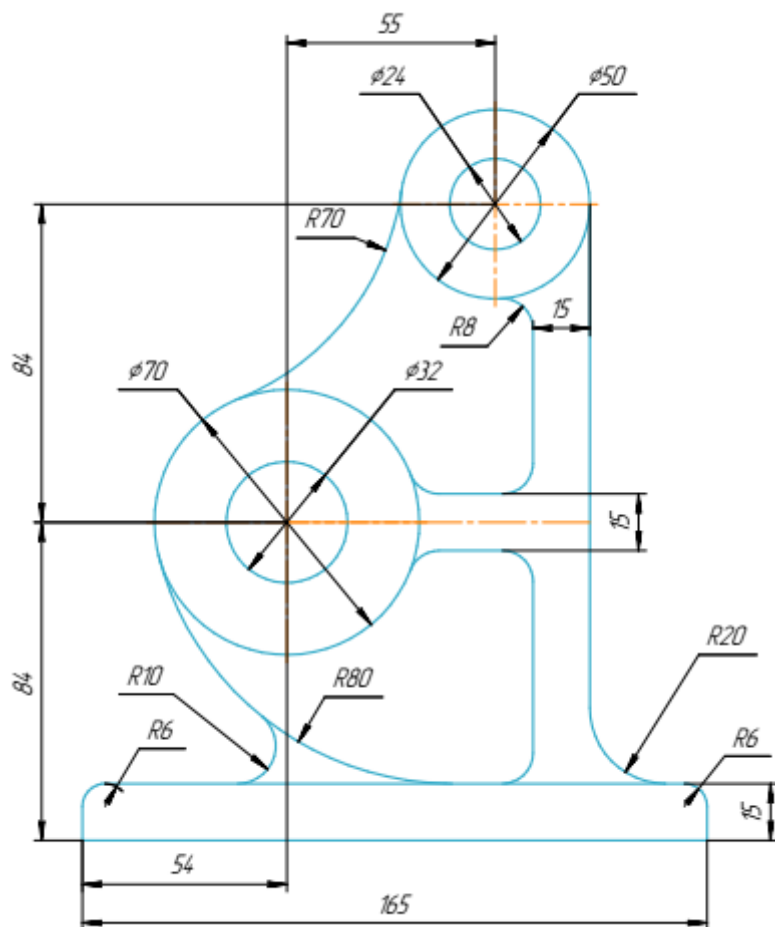
Вариант 5



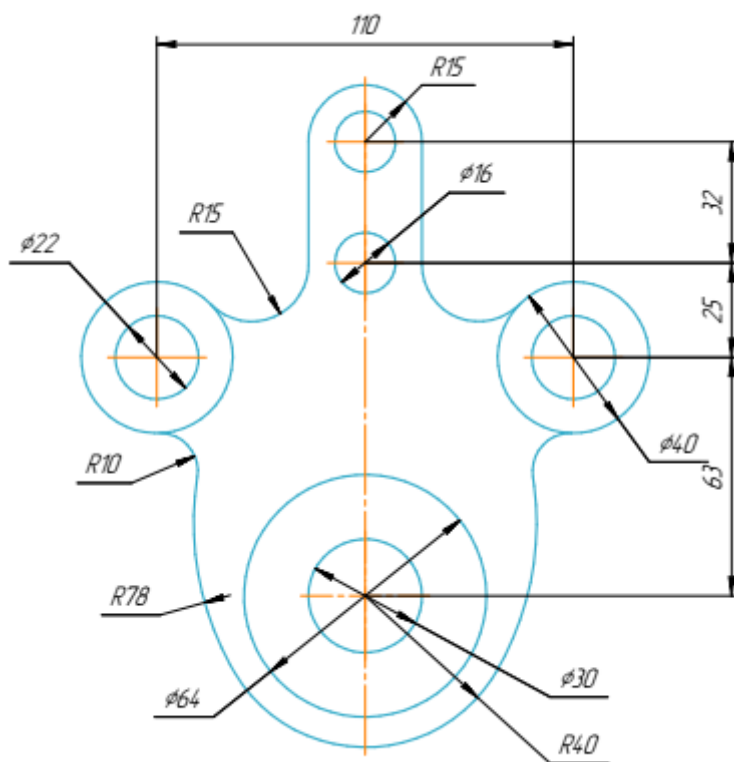
Вариант 6



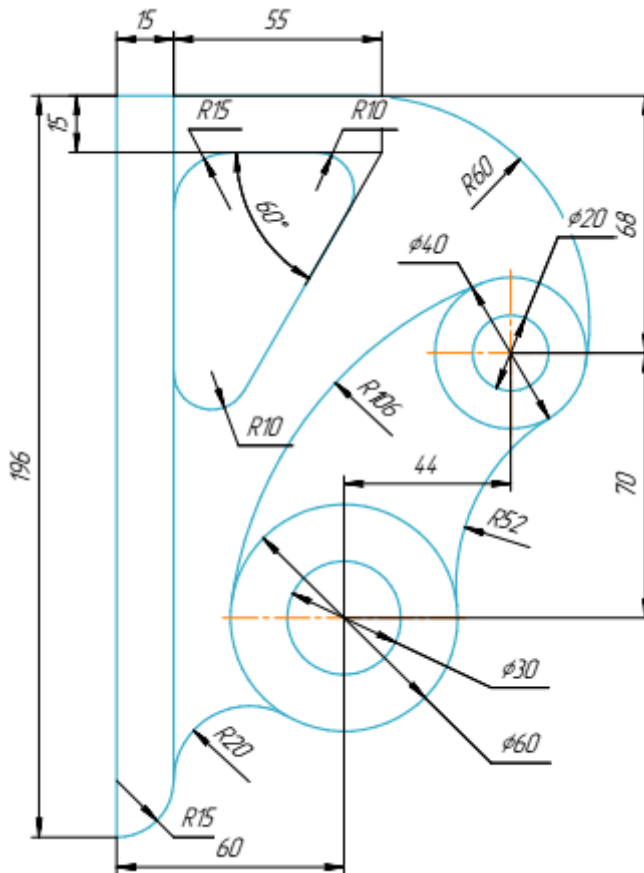
Вариант 7



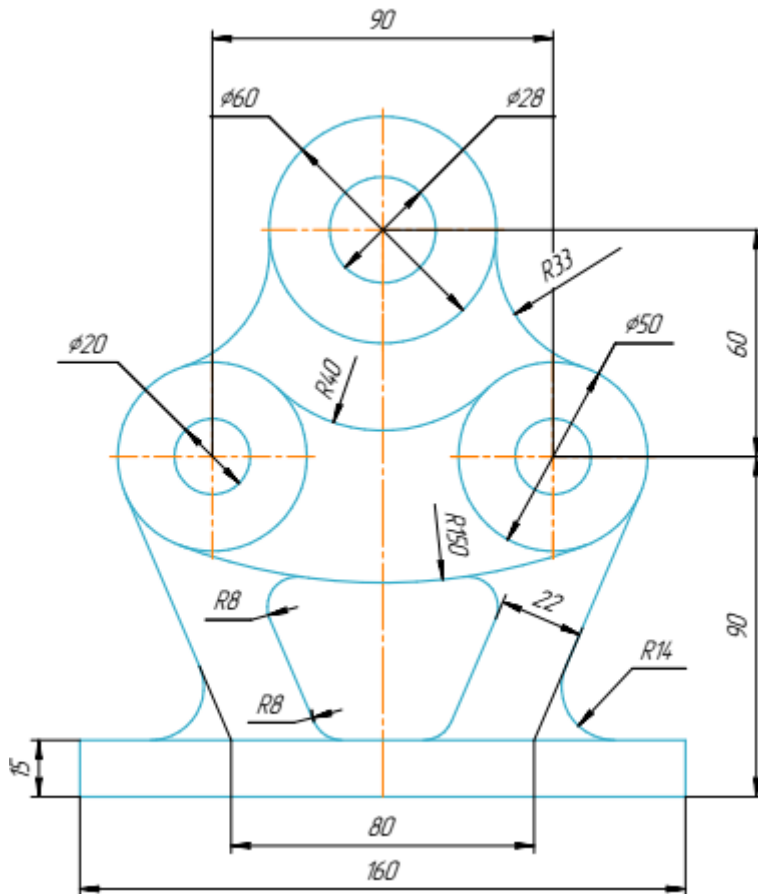
Вариант 8



### ***Вариант 9***

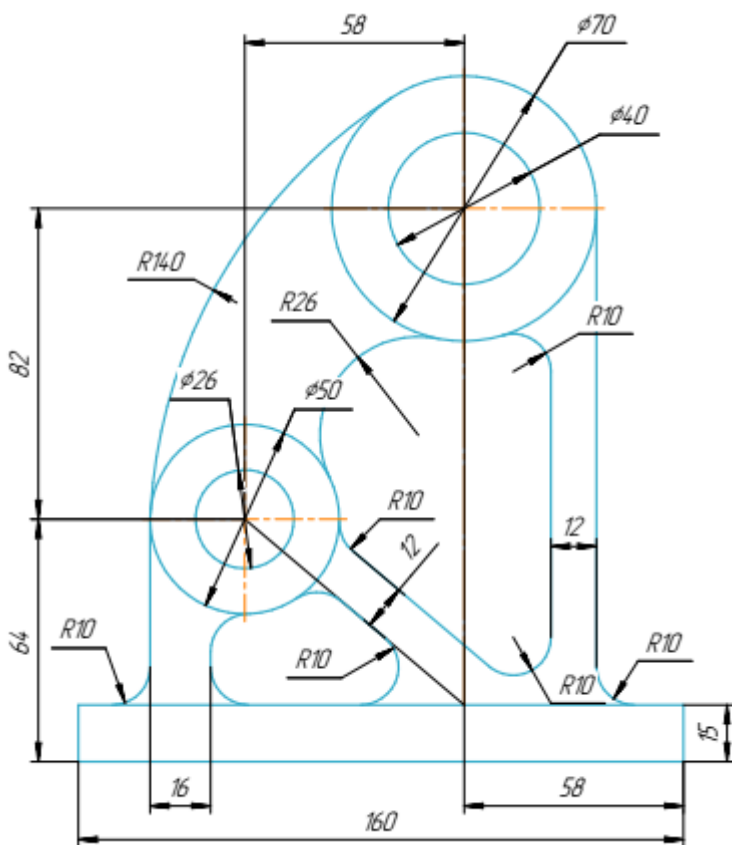


Вариант 10

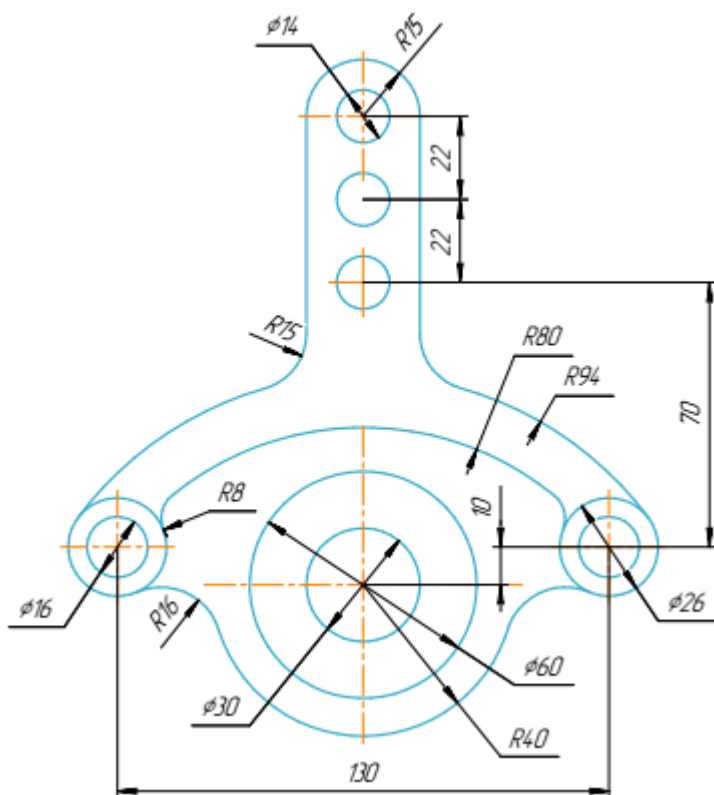




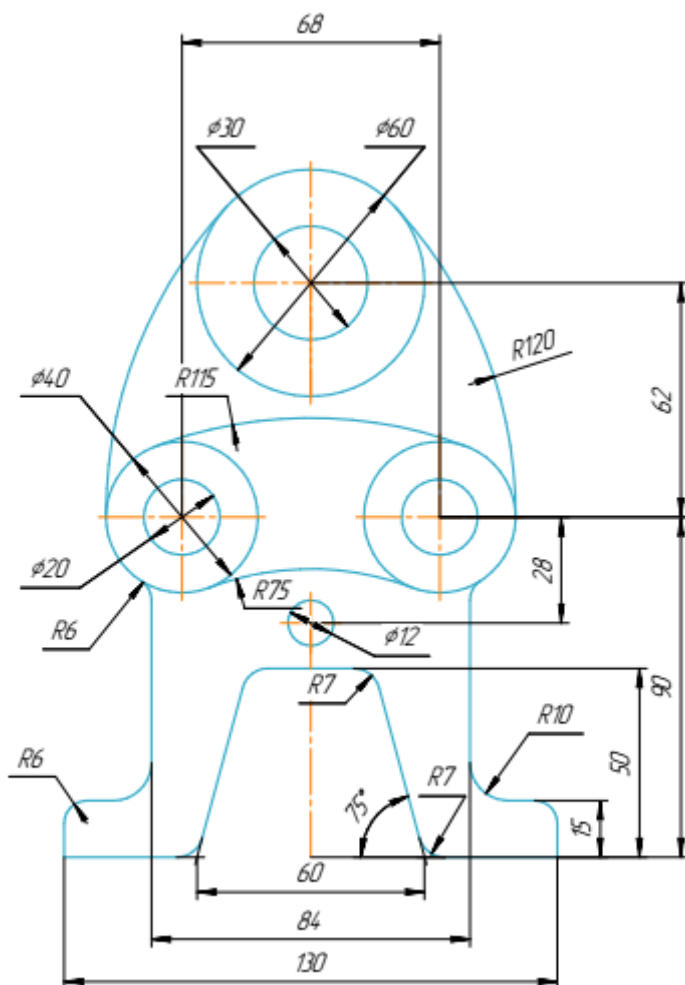
Вариант 11



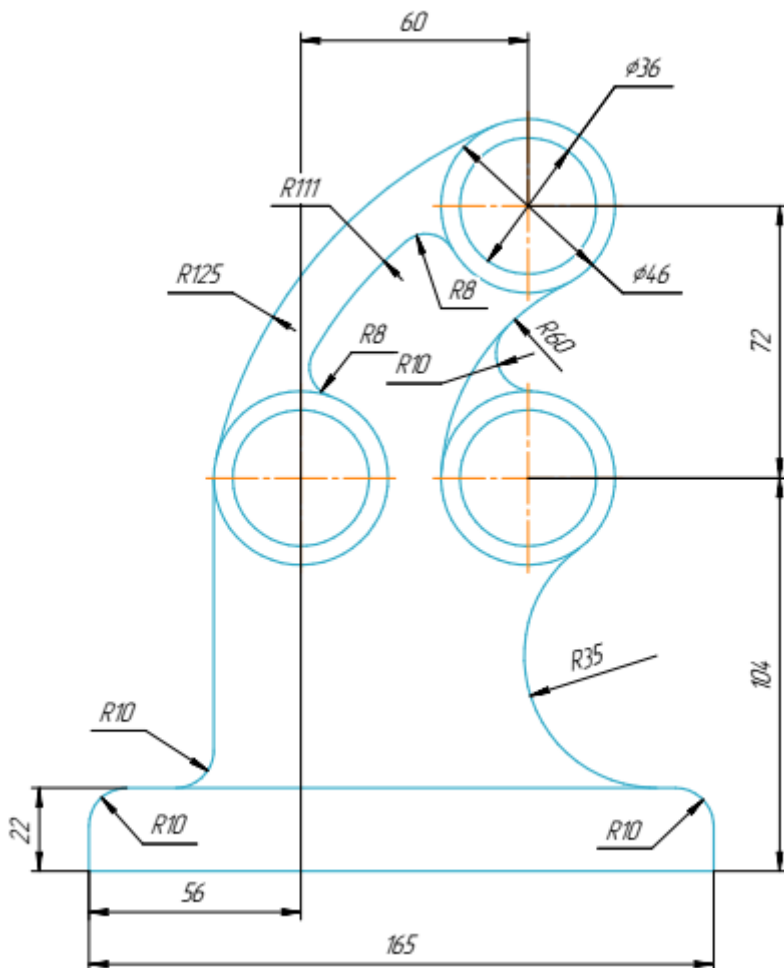
Вариант 12



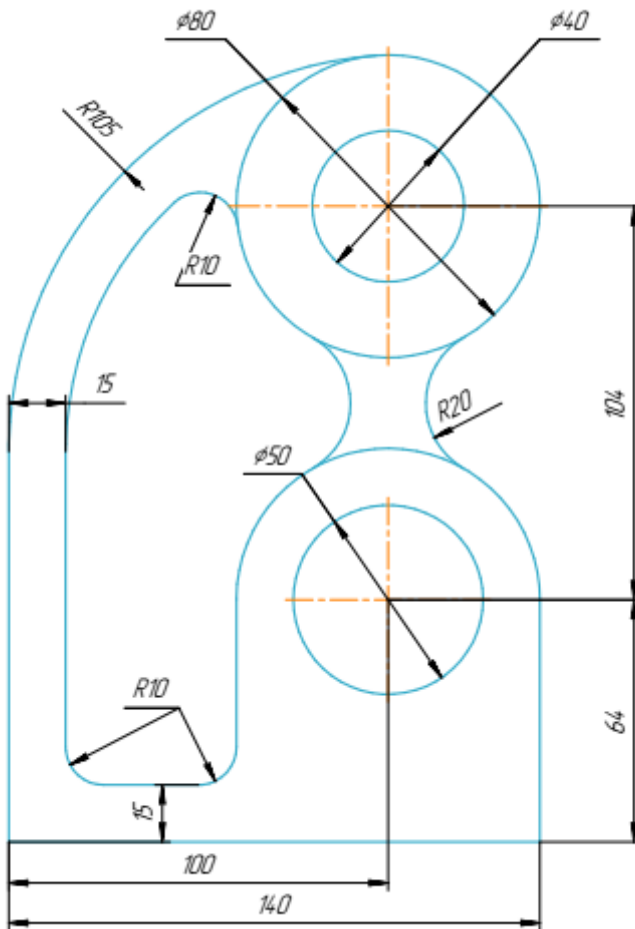
Вариант 13



Вариант 14



Вариант 15



## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ .....</b> | <b>3</b>  |
| <b>2. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ.....</b>            | <b>31</b> |