



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ
МЕГАПОЛИС

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ



Инженерный класс

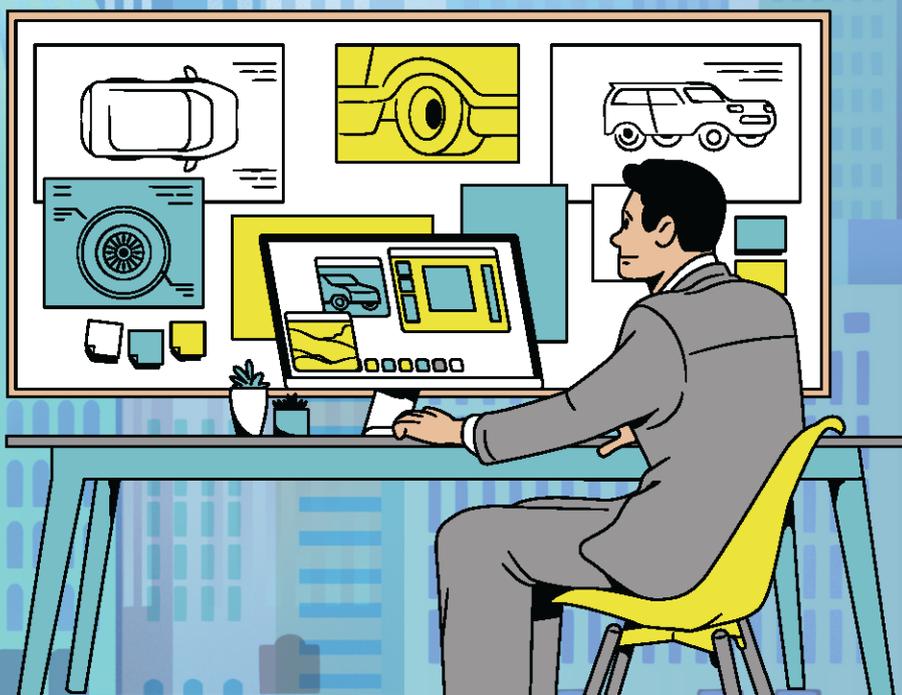
В МОСКОВСКОЙ ШКОЛЕ

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ
НАПРАВЛЕНИЕ И
КУРЧАТОВСКИЕ КЛАССЫ

ПРАКТИЧЕСКИЙ ЭТАП



МОСКВА
2025





ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ
МЕГАПОЛИС

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ РАЗРАБОТАНЫ:



Алымова Ольга Владимировна, старший преподаватель
кафедры Моделирования и проектирования энергетических установок

Чახеев Евгений Яковлевич, старший преподаватель
кафедры Моделирования и проектирования энергетических установок

Кондрат Андрей Андреевич, ассистент
кафедры Вычислительных машин, систем и сетей

Никитин Иван Алексеевич, ведущий инженер
научно-исследовательской лаборатории «Паровых и газовых турбин»

МОСКВА
2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Условие демонстрационного варианта 1	5
Пример решения демонстрационного варианта 1	
Задание №1	9
Задание №2	30
Задание №3	32
Условие демонстрационного варианта 2	44
Пример решения демонстрационного варианта 2	
Задание №1	47
Задание №2	69
Задание №3	71
Условие демонстрационного варианта 3	74
Пример решения демонстрационного варианта 3	
Задание №1	77
Задание №2	94
Задание №3	96
Часто встречающиеся ошибки и рекомендации	101

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации по использованию демонстрационных материалов и проведению практического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» (далее – Конкурс) предназначены для участников Конкурса и учителей, ведущих профильную подготовку учащихся предпрофессиональных (инженерных) классов, с целью разъяснения хода решения заданий трёх демонстрационных вариантов кейса №2 по элективному курсу «Технологии современного производства», возможных трудностей при подготовке к Конкурсу, типичных ошибок, методики оценки.

Каждый вариант кейса состоит из трёх заданий. Для успешного выполнения задания №1 необходимо иметь представление о расположении видов на чертеже, что поможет правильно понять форму детали по двум представленным видам.

Основные виды – это виды, которые получаются при проецировании вдоль координатных осей на перпендикулярные к ним плоскости проекций.

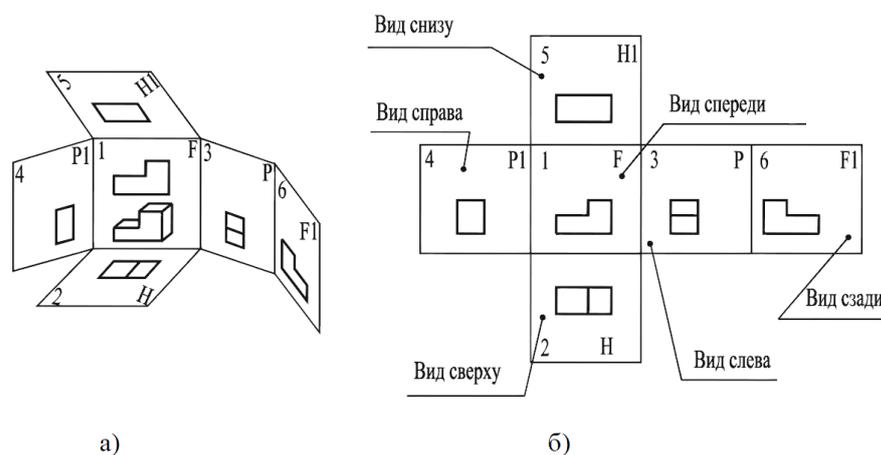


Рис. 1

На рис. 1а показан пространственный объект и плоскости проекций с видами, а на рис. 1б – расположение видов на плоскости чертежа в соответствии с ГОСТ 2.305–2008.

Основные плоскости проекций – фронтальная (1), горизонтальная (2), профильная (3) и три им параллельные (границы куба).

ГОСТ 2.305–2008 устанавливает следующие названия видов: 1) вид спереди; 2) вид сверху; 3) вид слева; 4) вид справа; 5) вид снизу; 6) вид сзади.

Во время выполнения заданий кейса №2 разрешается использовать системы автоматизированного проектирования (САПР) КОМПАС-3D и T-FLEX CAD (любые версии), слайсер Ultimaker Cura (любые версии).

В данных методических рекомендациях разбирается решение заданий кейса, включая основные приемы трёхмерного моделирования деталей и сборочных единиц, в системе КОМПАС-3D. По [ссылке](#) можно скачать детальное руководство пользователя по работе в данной САПР.

Для выполнения работы в системе автоматизированного проектирования T-FLEX CAD можно воспользоваться [учебным пособием](#).

Обобщённый план конкурсных материалов для проведения практического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в номинации «Инженерный класс» для направлений «Инженерно-техническое» и «Курчатовские классы» представлен в Таблице 1. Максимальный балл за правильное выполнение работы – 60 баллов.

Таблица 1. Обобщённый план конкурсных материалов

№ задания	Уровень сложности	Кодификатор	Контролируемые требования к проверяемым умениям	Балл за правильное выполнение
1.	Углубленный	3D-моделирование	Создание трёхмерной модели детали в программе для трёхмерного проектирования (САПР) по чертежу	35
2.	Базовый	3D-моделирование	Назначение материала и определение площади и объёма созданной модели детали средствами САПР	15
3.	Базовый	3D-моделирование, 3D-печать	Создание трёхмерной сборки из отдельных деталей Импортирование созданной модели детали в формат, подходящий для 3D-печати. Задание параметров печати на 3D-принтере Проведение статического расчёта прочности детали средствами САПР	10

УСЛОВИЕ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ВАРИАНТА 1

1. Постройте 3D-модель по заданному чертежу (рис. 2). Сохраните полученную модель детали в формате выбранной САПР: *.m3d для КОМПАС-3D или *.grs, *.grb для T-FLEX CAD.

2. Назначьте из библиотеки материалов для построенной модели детали материал *Сталь 10 ГОСТ 1050-2013* и определите площадь и объём созданной модели детали при помощи команд используемой САПР. Необходимо предоставить снимок экрана (скриншот) с требуемыми параметрами.

3. Создайте трёхмерную сборку по чертежу (рис. 3) и спецификации (рис. 4). Все требуемые для сборки детали, кроме *корпуса*, готовы и предоставляются участнику в формате *.step.

Критерии снижения оценки за выполнение заданий

Критерий	Количество снижаемых баллов
Ошибка в размере трёхмерной модели детали или отсутствие какого-либо элемента (ребро жёсткости, отверстие и т.д.)	-3 балла за каждую ошибку
Неверно назначен материал, указанный в задании	-5 баллов
Наличие пересечений в сборке	-2 балла за каждый случай пересечения
Несоответствие трёхмерной сборки сборочному чертежу (положение гаек и болтов)	-2 балла
Предоставление на проверку файлов в иных форматах, не указанных в задании	-10 баллов

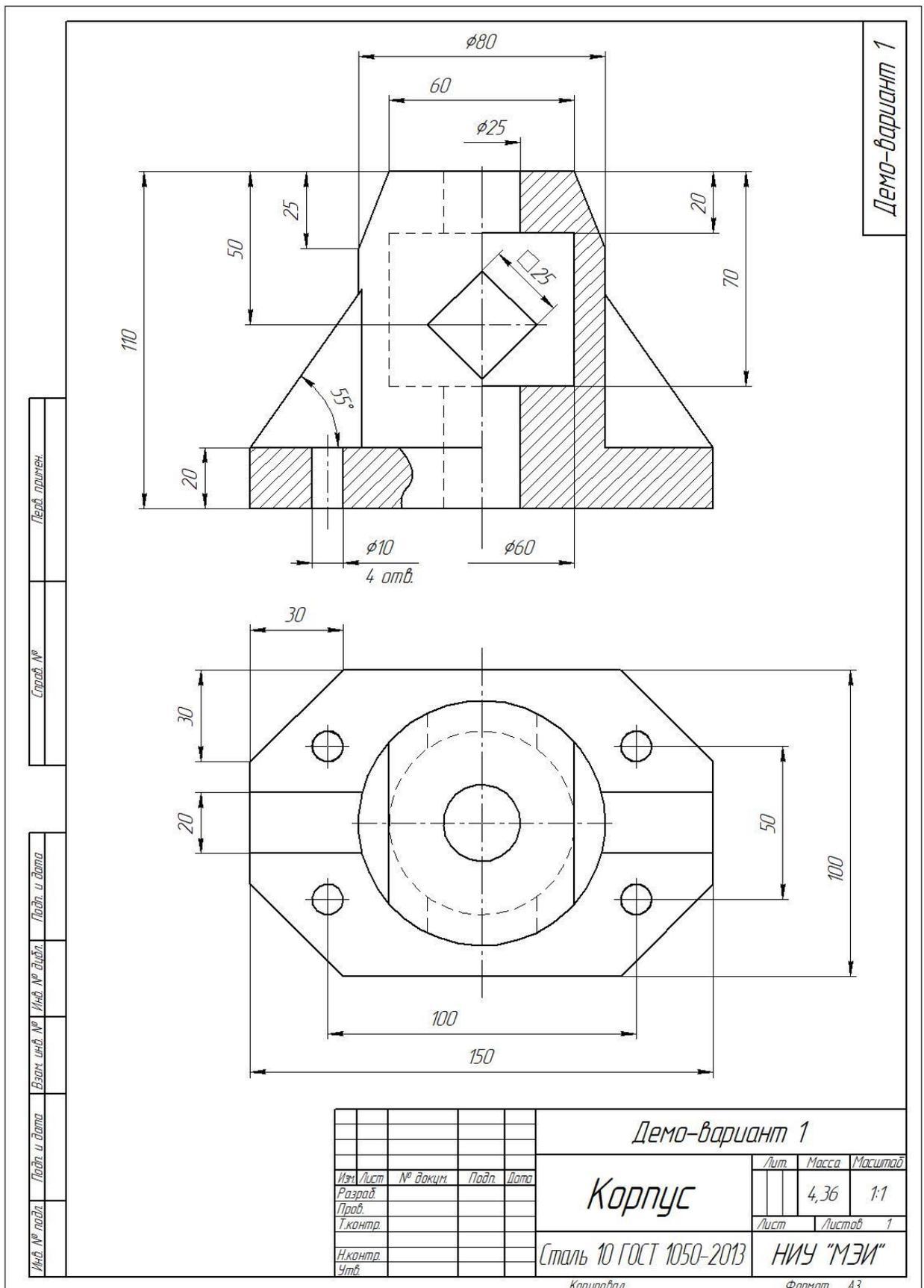


Рис. 2. Чертёж для создания 3D-модели

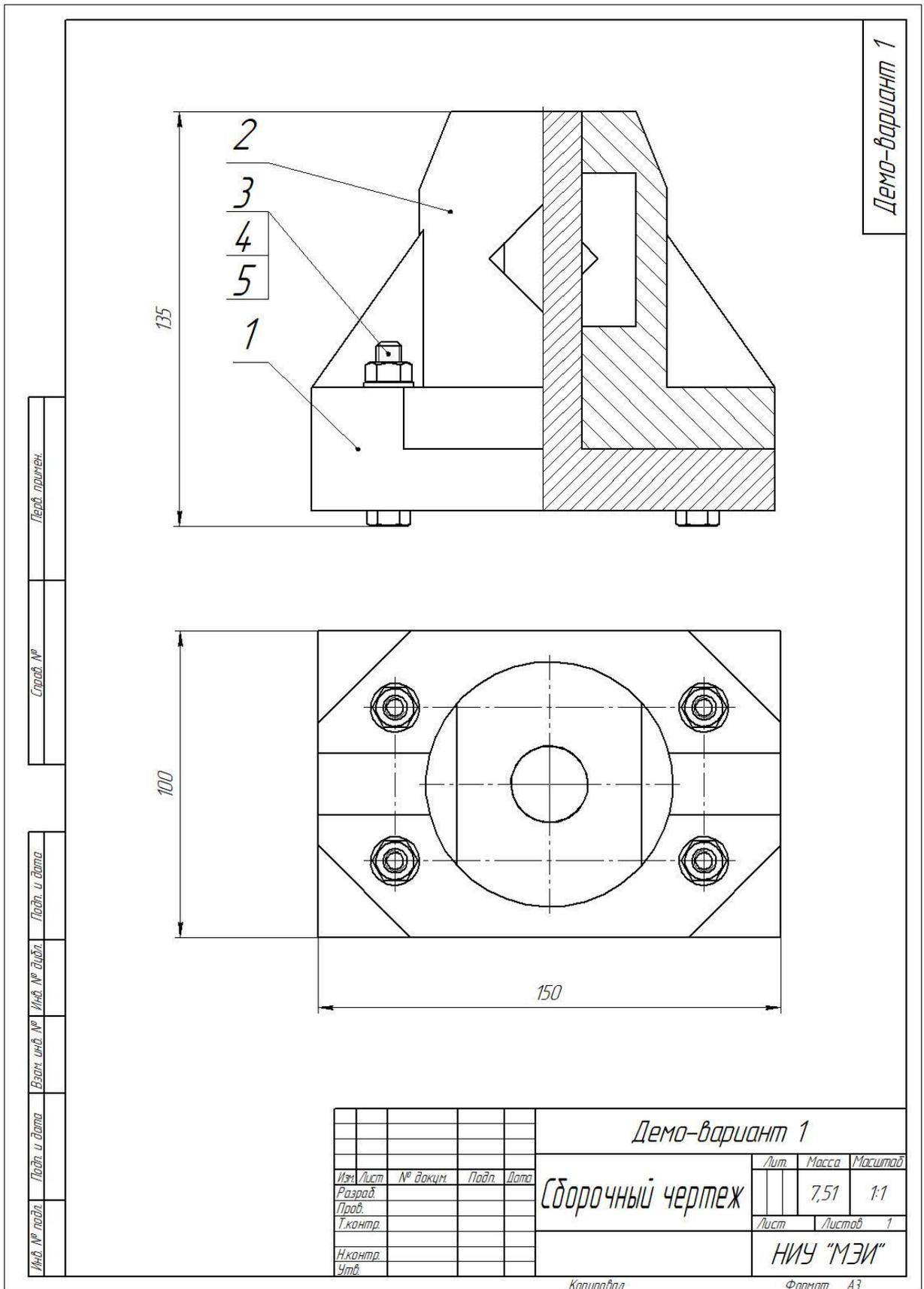


Рис. 3. Сборочный чертёж

		Перв. примен.			Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		Формат	Зона	Поз.				
Справ. №		A3				Документация		
						Сборочный чертеж		
						Детали		
		A3	1			Основание	1	
			2			Корпус	1	
Подп. и дата						Стандартные изделия		
			3			Болт М8х55 ГОСТ 15591-70	4	
			4			Гайка М8х1-6Н ГОСТ 5915-70	4	
			5			Шайба С.8 ГОСТ 11371-78	4	
Инв. № подл.		Изм.			Демо-вариант 1			
		Лист	№ докум.	Подп.				
Инв. № подл.		Разраб.			Спецификация			
		Лист	№ докум.	Подп.				
Инв. № подл.		Пров.			НИУ "МЭИ"			
		Лист	№ докум.	Подп.				
Инв. № подл.		Н.контр.			Копировал			
		Лист	№ докум.	Подп.				
Инв. № подл.		Утв.			Формат А4			
		Лист	№ докум.	Подп.				

Рис. 4. Спецификация

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЯ №1

1. В САПР КОМПАС-3D создаём документ «Деталь» (рис. 5).

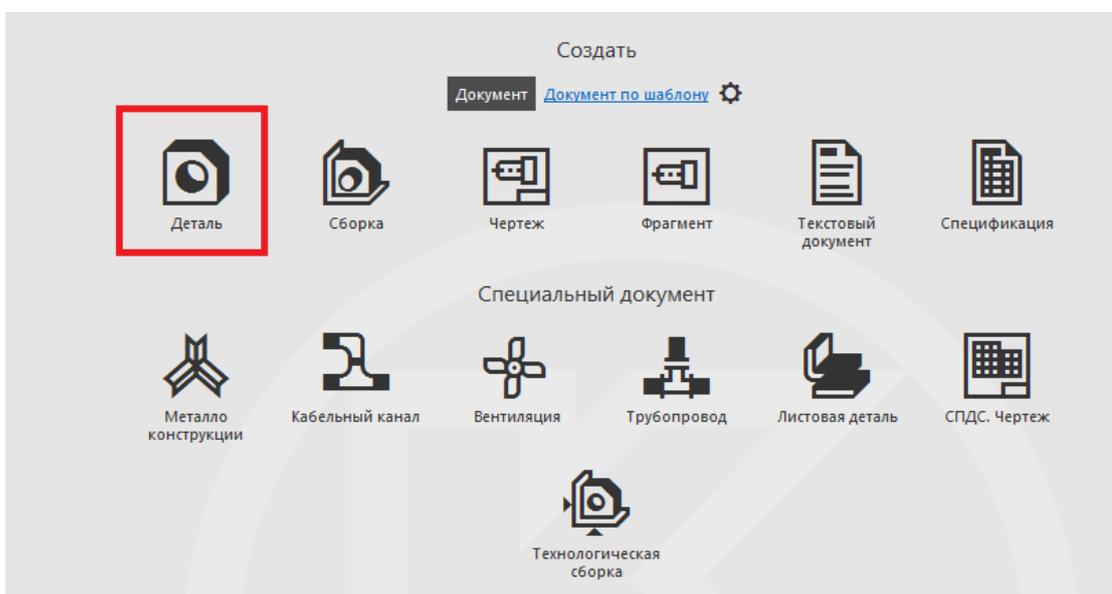


Рис. 5

При создании трёхмерной модели детали придерживаемся следующего принципа: сначала добавляем материал, затем удаляем (выполняем различные отверстия).

2. Выбираем плоскость XY, создаём эскиз (рис. 6).

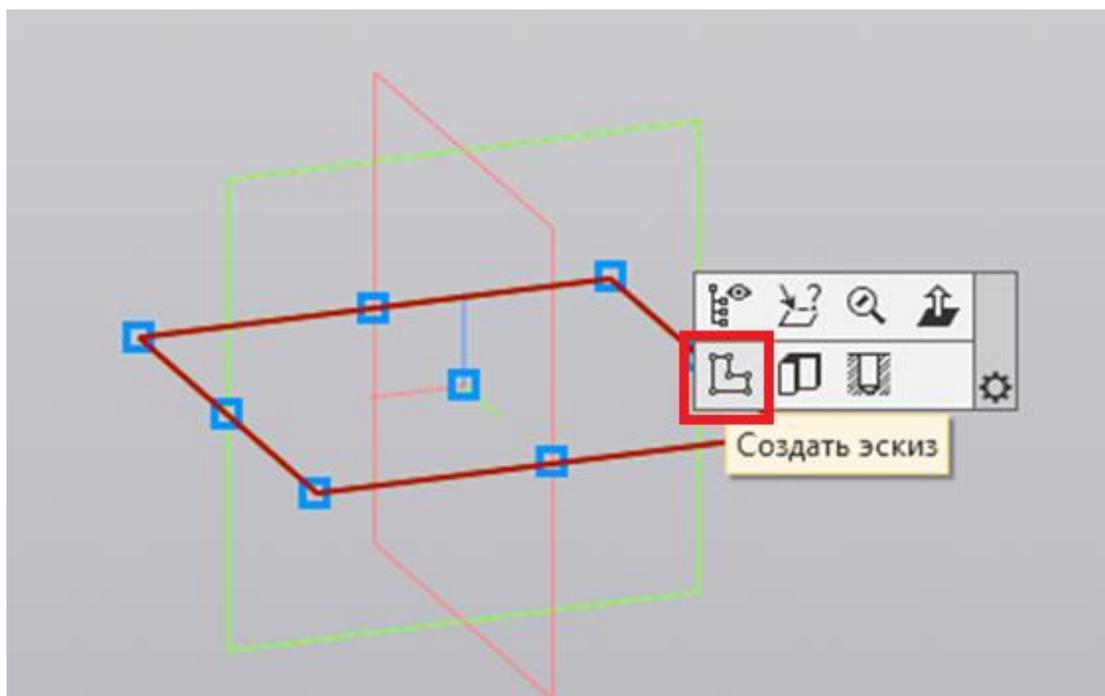


Рис. 6

3. Создаём эскиз основания детали при помощи команды «Прямоугольник по центру и вершине». Начало координат находится в точке пересечения диагоналей (рис. 7).

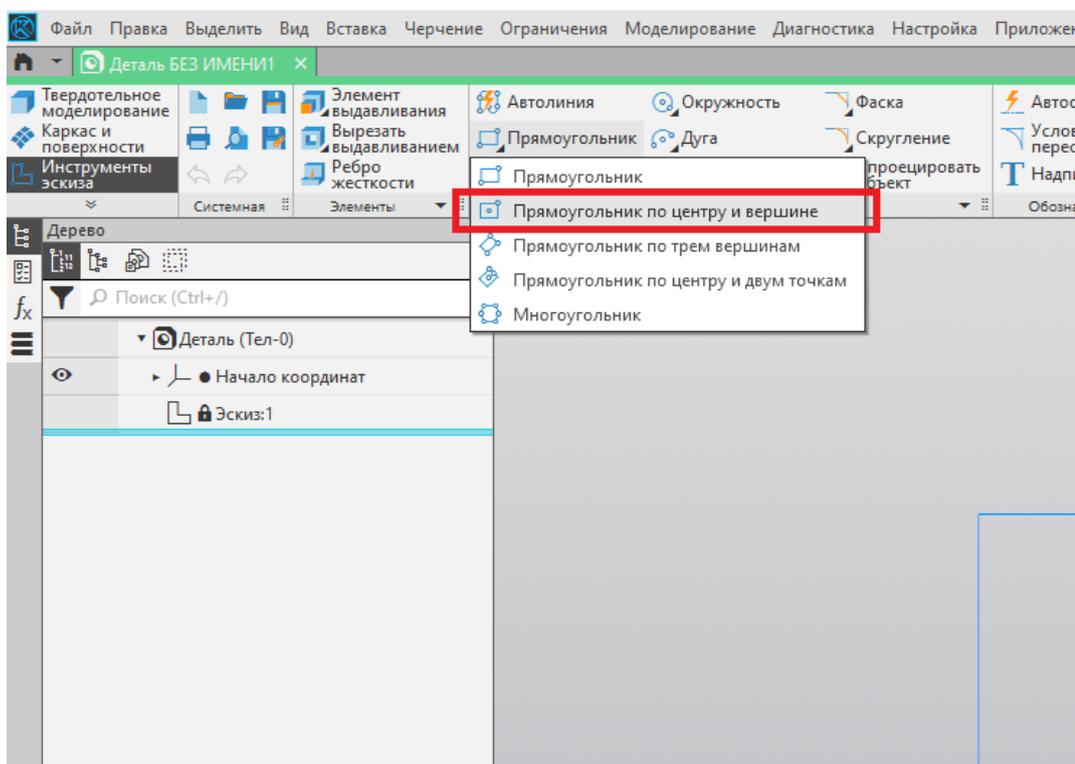


Рис. 7

4. Проставляем размеры основания и при помощи команды «Фаска» отсекаем углы прямоугольника (рис. 8).

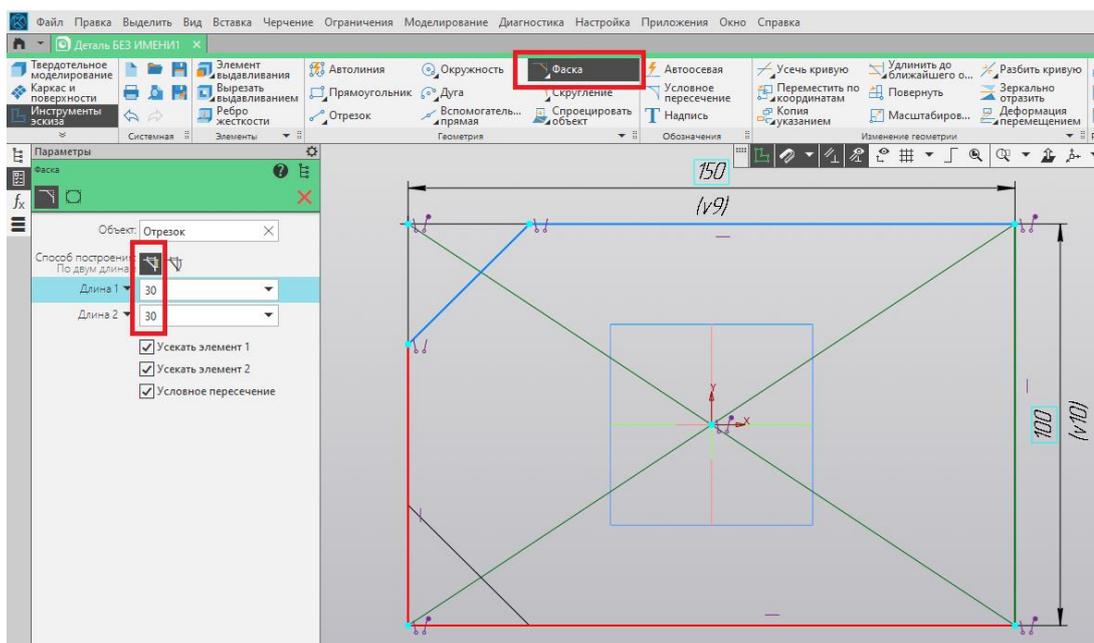


Рис. 8

5. Создаём окружность диаметром 10 мм при помощи команды «Окружность». При помощи команды «Отрезок» добавляем две осевые линии, идущие из начала координат (рис. 9).

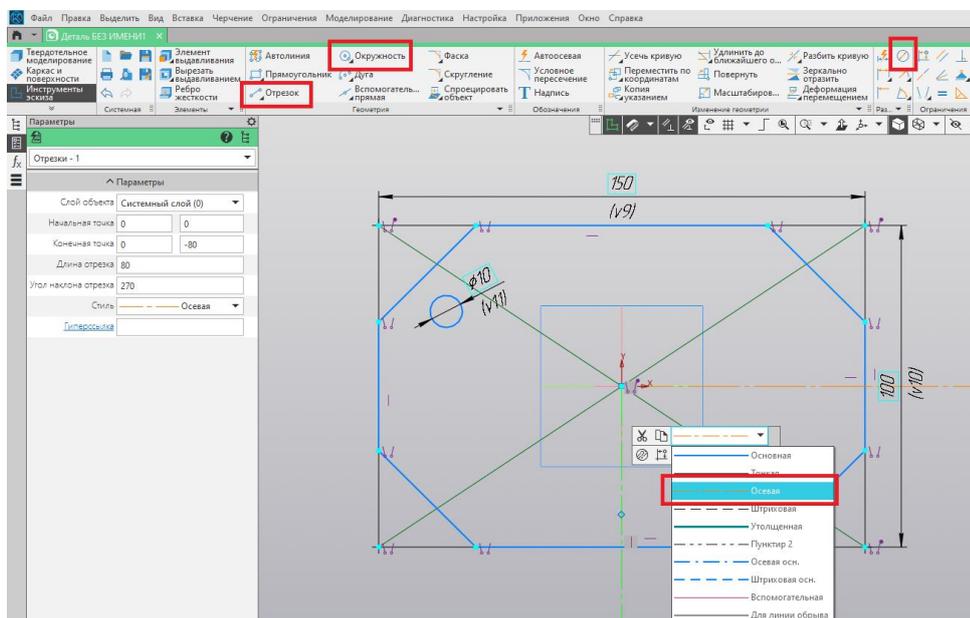


Рис. 9

6. Симметрично отображаем окружности относительно осевых линий при помощи команды «Зеркально отразить». Для этого нажимаем пиктограмму «Зеркально отразить», затем нажатием левой клавиши мыши выбираем окружность, подтверждаем выбор зелёной галочкой и щёлкаем на ось, относительно которой выполняем отражение (рис. 10).

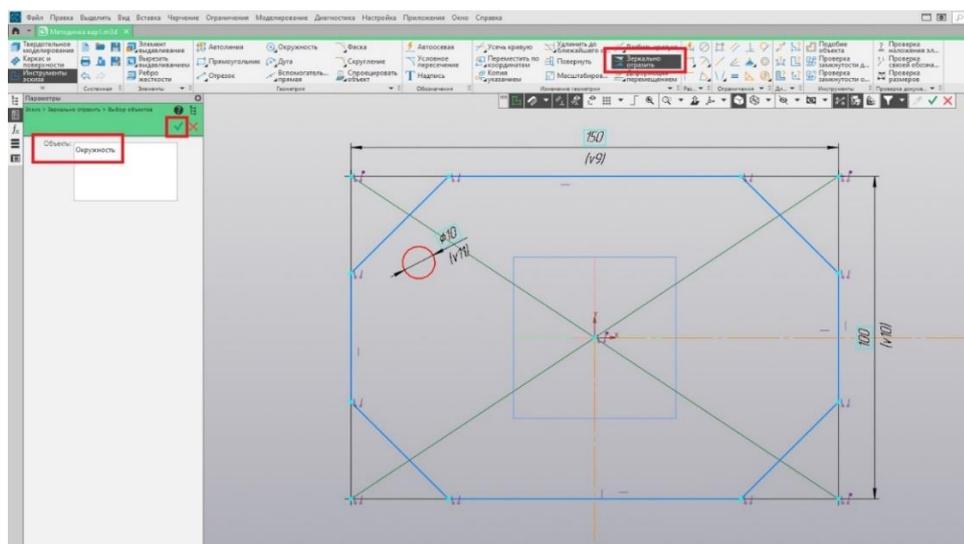


Рис. 10

7. Повторяем те же действия уже для двух окружностей.
8. Далее при помощи команды «Автора размер» проставляем размеры между центрами окружностей (рис. 11).

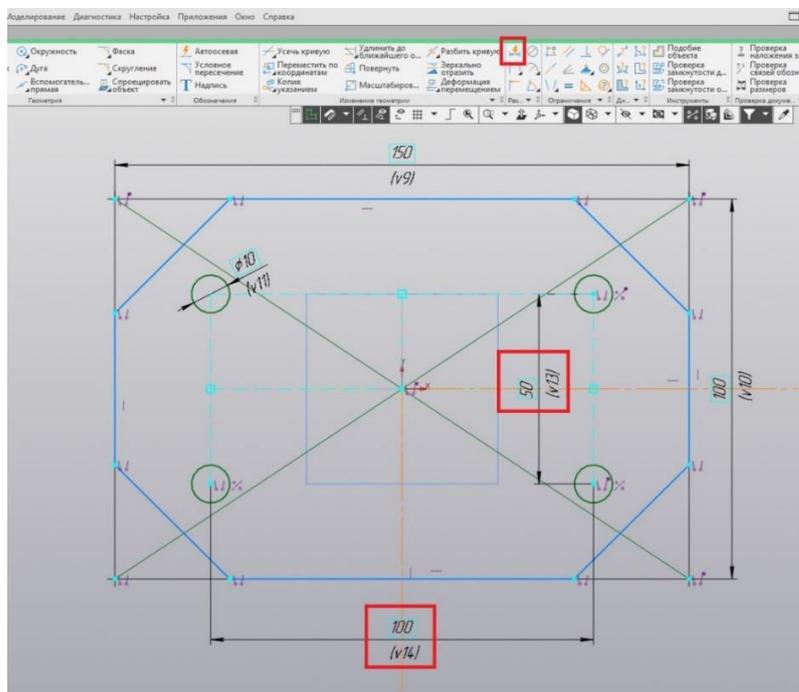


Рис. 11

9. Завершаем построение эскиза нажатием на пиктограмму «Создать эскиз» (рис. 12).

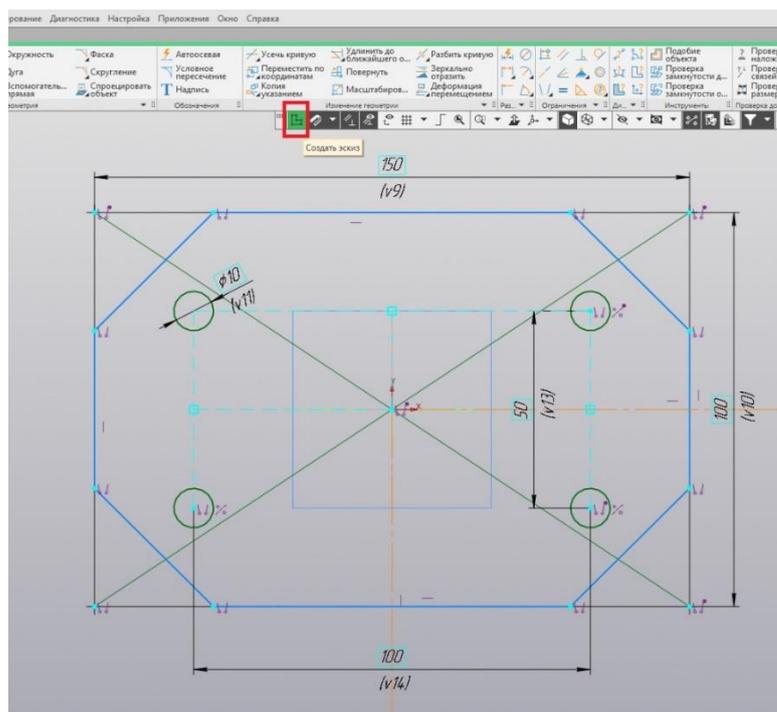


Рис. 12

10. Выдавливаем контур основания на высоту 20 мм при помощи команды «Элемент выдавливания». Завершаем выполнение команды нажатием на зелёную галочку (рис. 13).

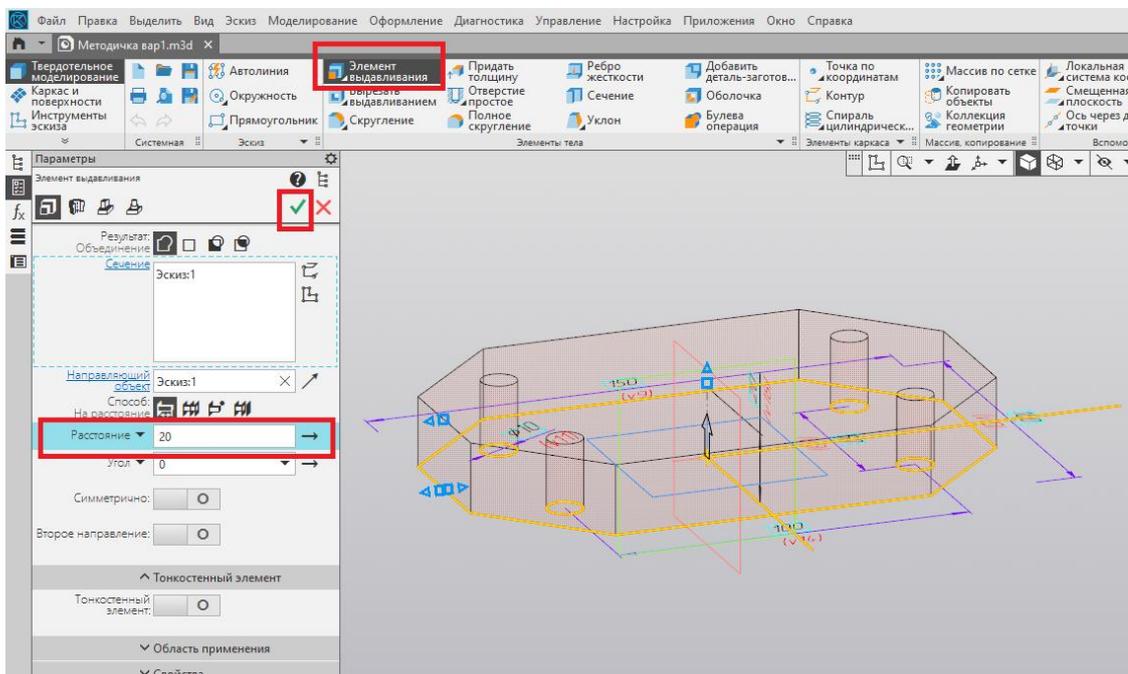


Рис. 13

11. На верхней плоскости основания создаём ещё один эскиз (рис. 14).

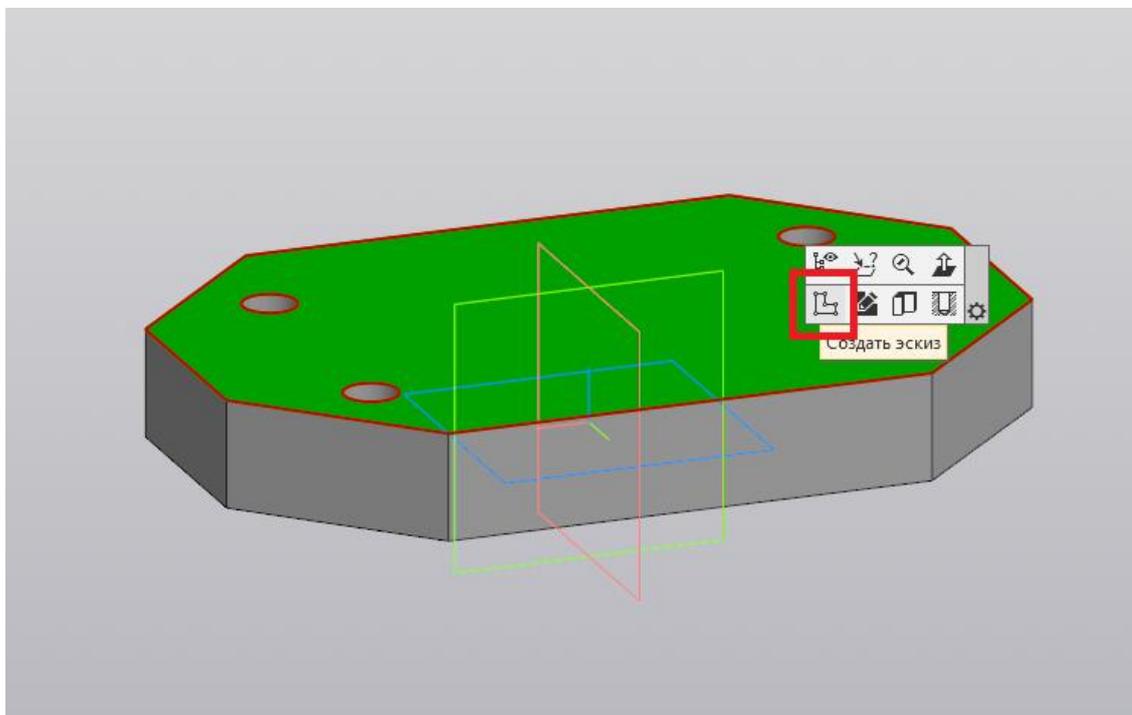


Рис. 14

12. Из начала координат строим окружность диаметром 80 мм при помощи команды «Окружность» (рис. 15).

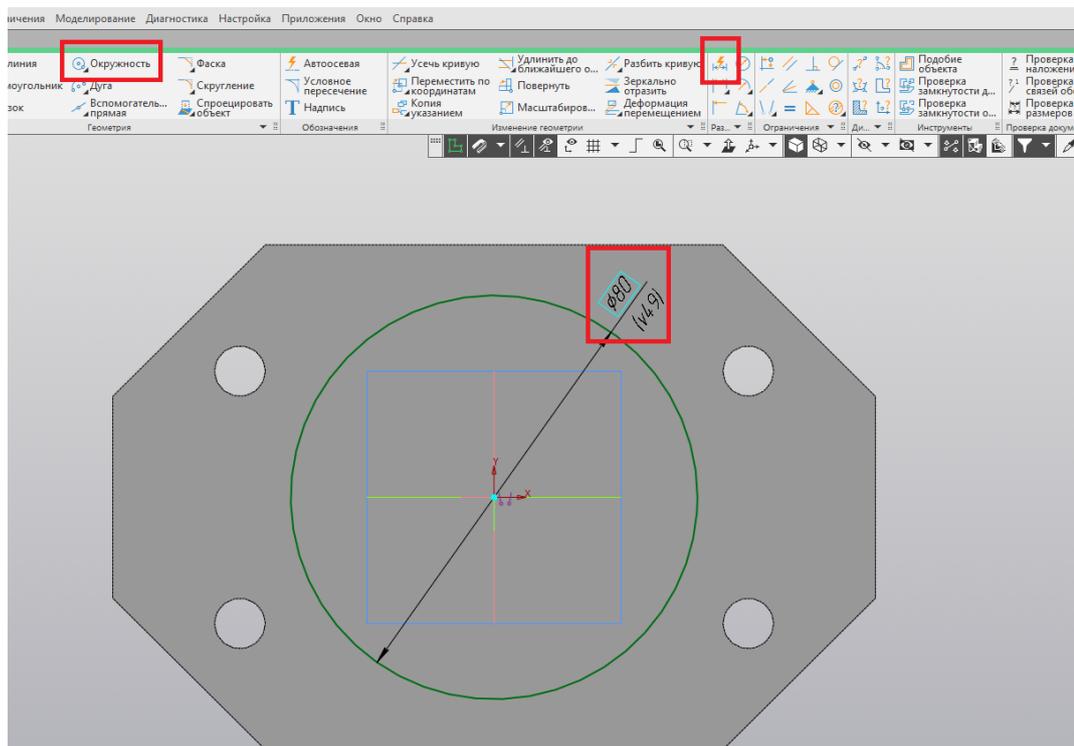


Рис. 15

13. Завершаем построение эскиза нажатием на пиктограмму «Создать эскиз» (рис. 16).

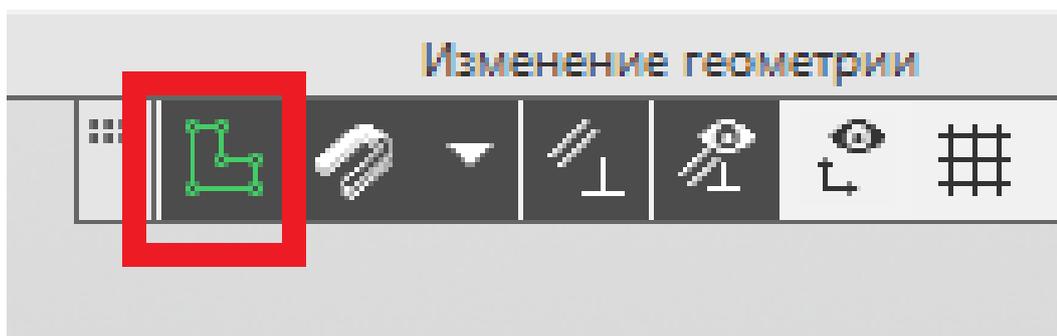


Рис. 16

14. При помощи команды «Элемент выдавливания» выдавливаем эскиз с окружностью на высоту 90 мм. Завершаем выполнение команды нажатием на зелёную галочку (рис. 17).

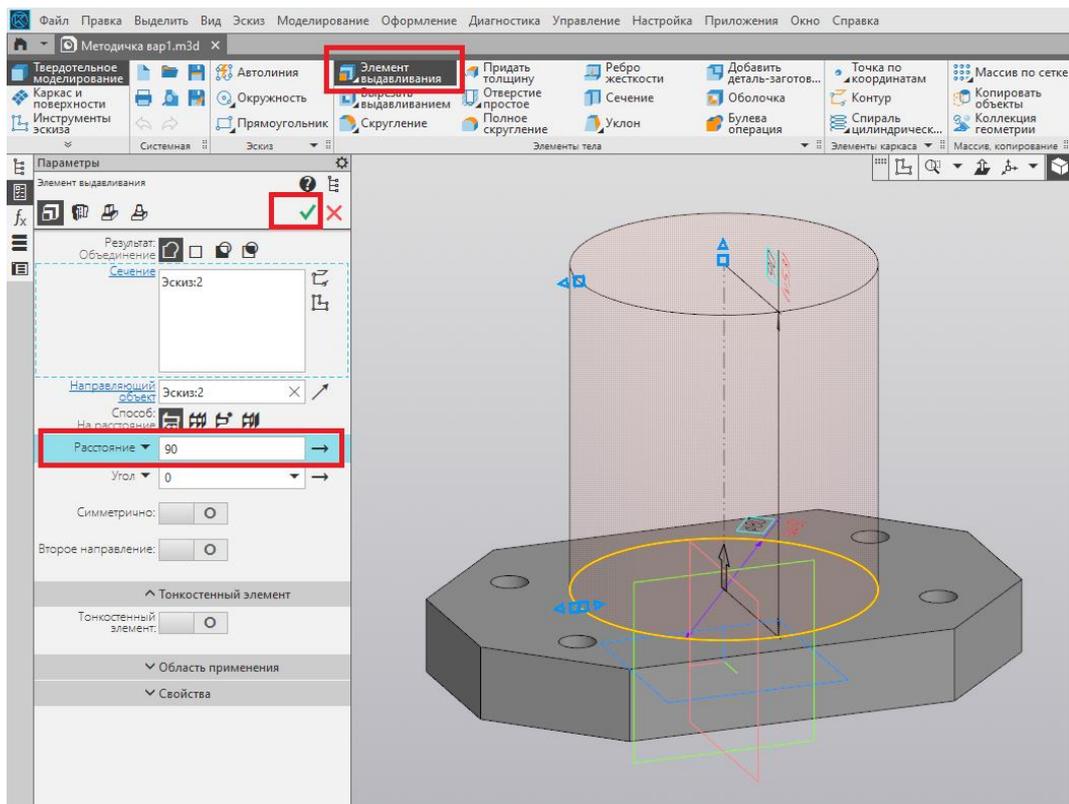


Рис. 17

15. В плоскости ZX создаём новый эскиз (рис. 18).

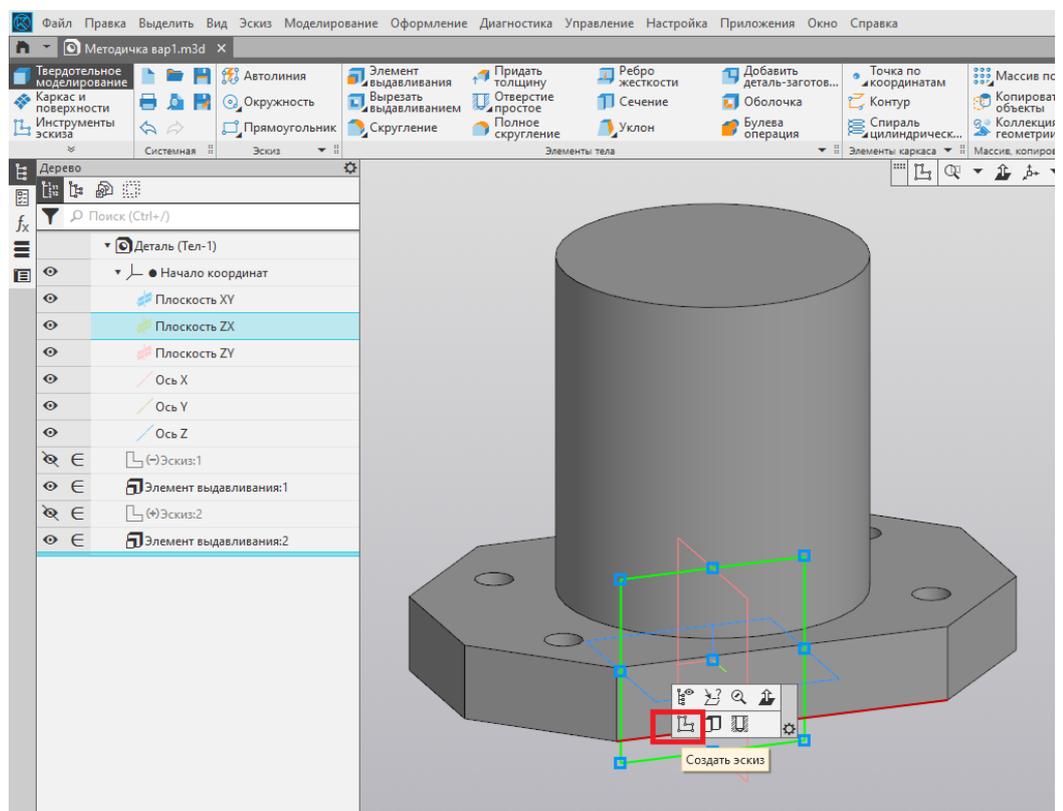


Рис. 18

16. При помощи команды «Отрезок» строим контур для ребра жёсткости. Задаём угол наклона относительно горизонта, равный 55 градусов (рис. 19).

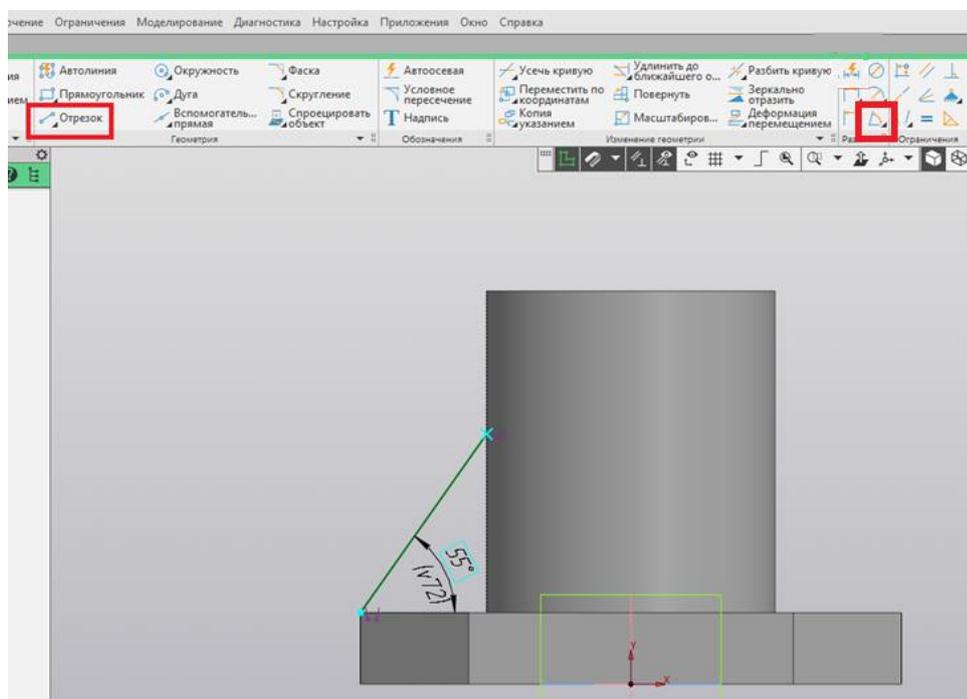


Рис. 19

17. Завершаем построение эскиза нажатием на пиктограмму «Создать эскиз» (рис. 20).

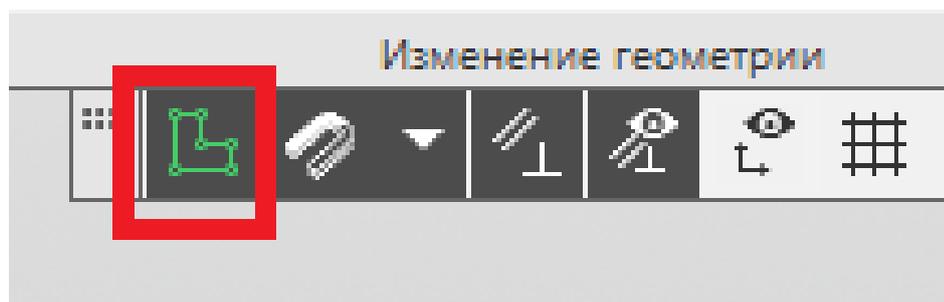


Рис. 20

18. При помощи команды «Ребро жёсткости» выполняем построение ребра жёсткости толщиной 20 мм. Завершаем выполнение команды нажатием на зелёную галочку (рис. 21).

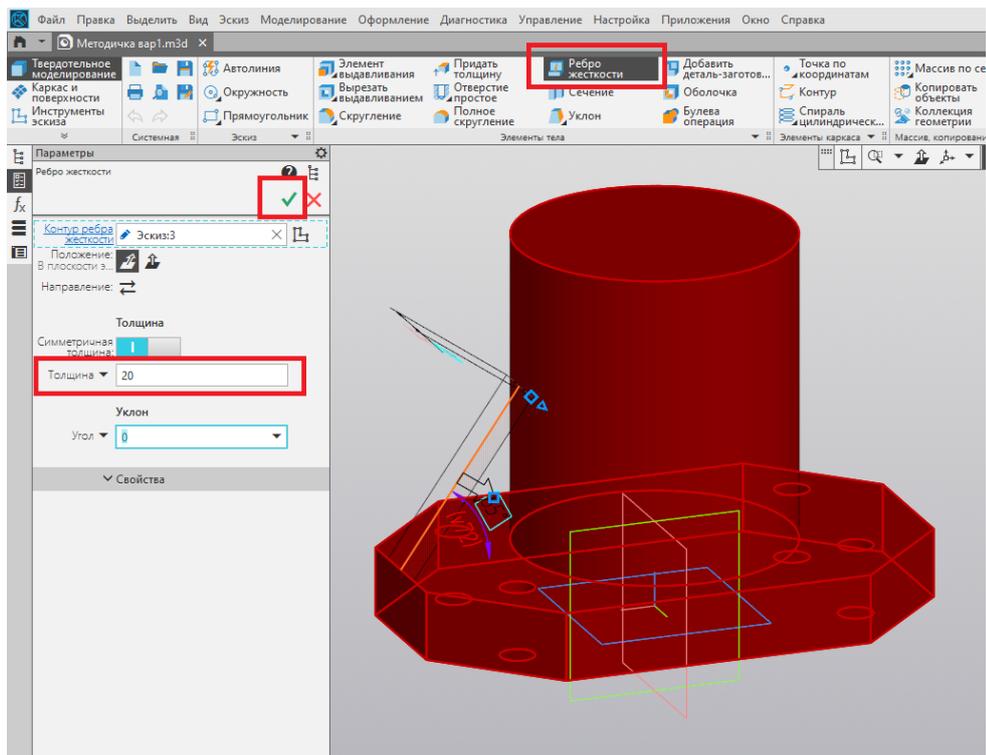


Рис. 21

19. При помощи команды «Зеркальный массив» отражаем ребро жёсткости относительно плоскости ZY. Завершаем выполнение команды нажатием на зелёную галочку (рис. 22).

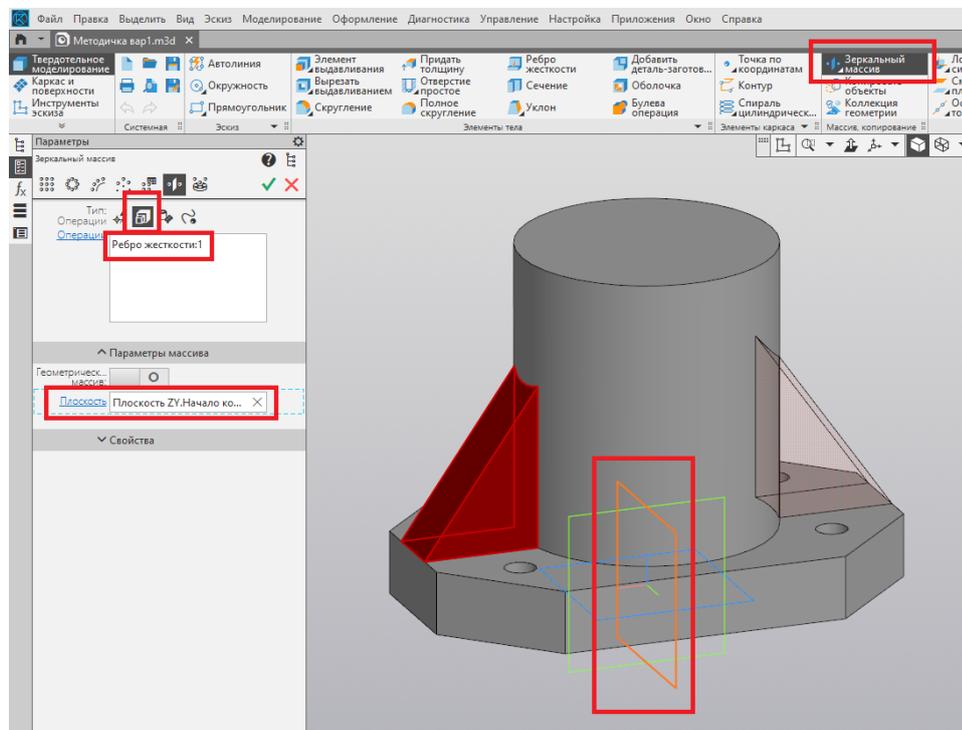


Рис. 22

20. В верхней части цилиндра создаём новый эскиз (рис. 23).

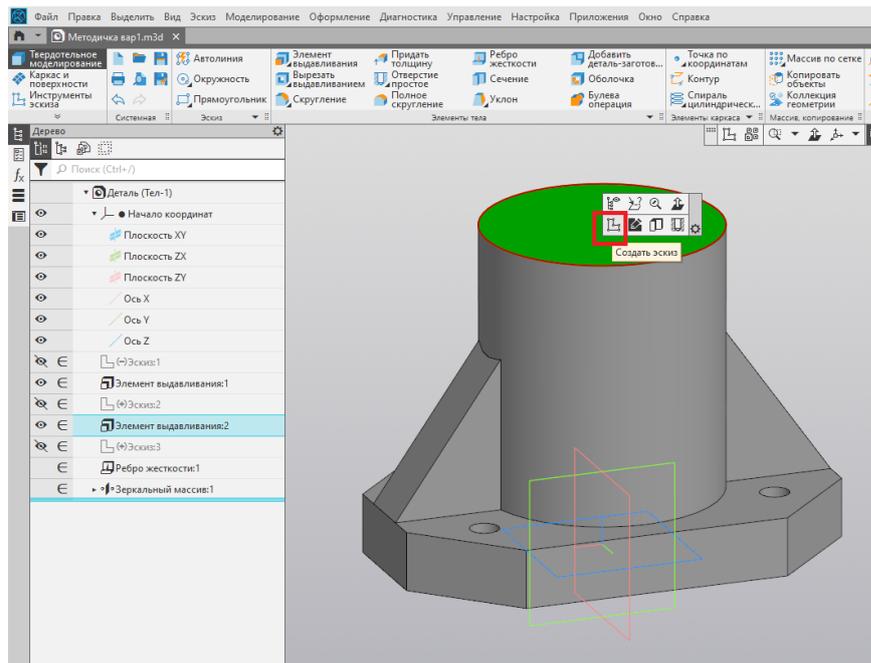


Рис. 23

21. Из начала координат строим окружность при помощи команды «Окружность». С помощью команды «Диаметр» задаём диаметр, равный 25 мм (рис. 24).

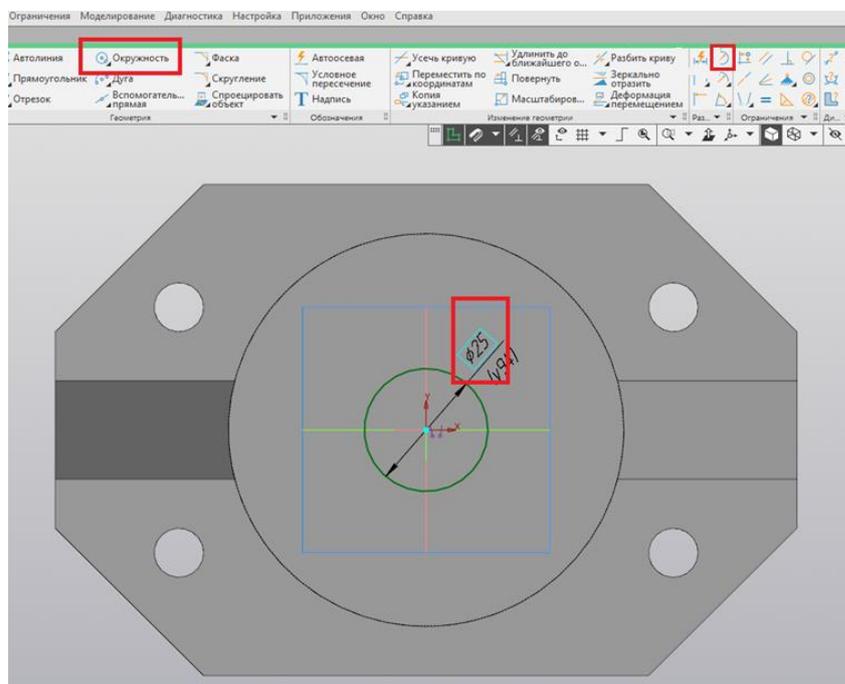


Рис. 24

22. Завершаем построение эскиза нажатием на пиктограмму «Создать эскиз» (рис. 25).

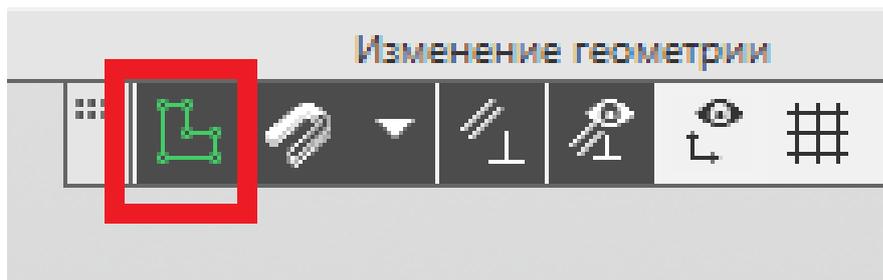


Рис. 25

23. При помощи команды «Вырезать выдавливанием» выполняем сквозное цилиндрическое отверстие (рис. 26).

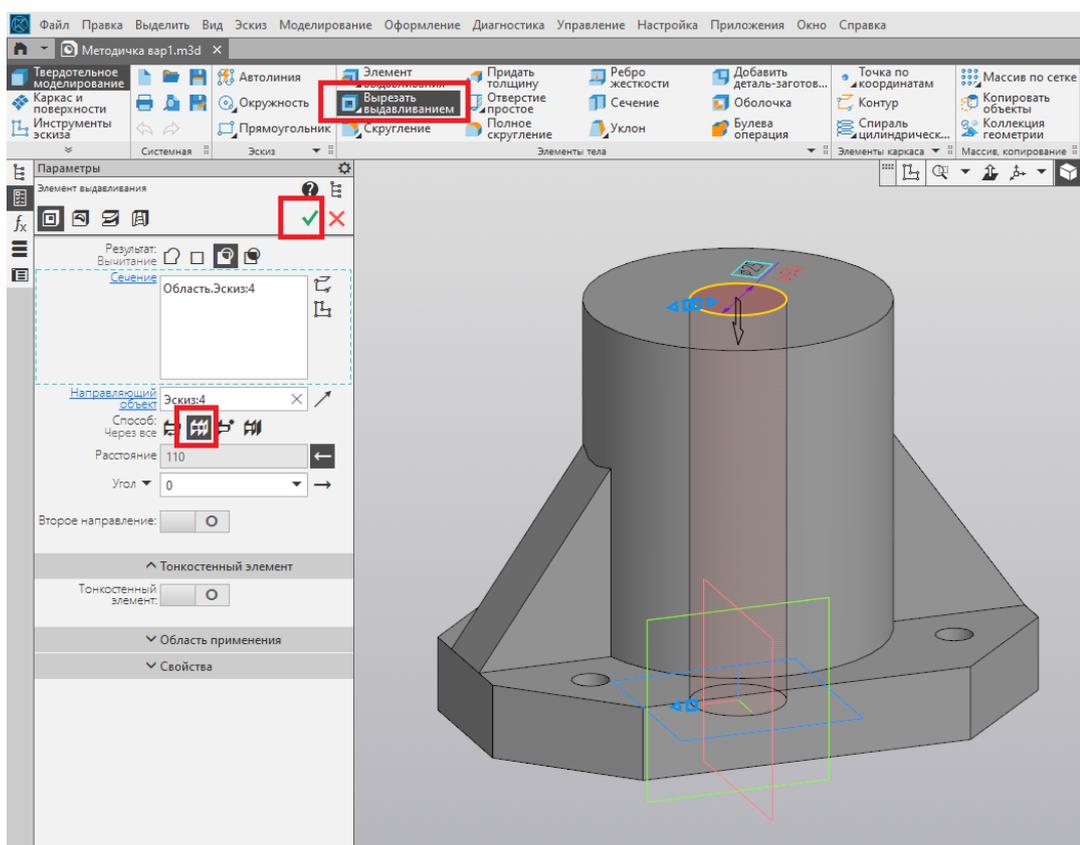


Рис. 26

24. При помощи команды «Смещенная плоскость» добавляем плоскость на 20 мм ниже верхнего основания детали (рис. 27).

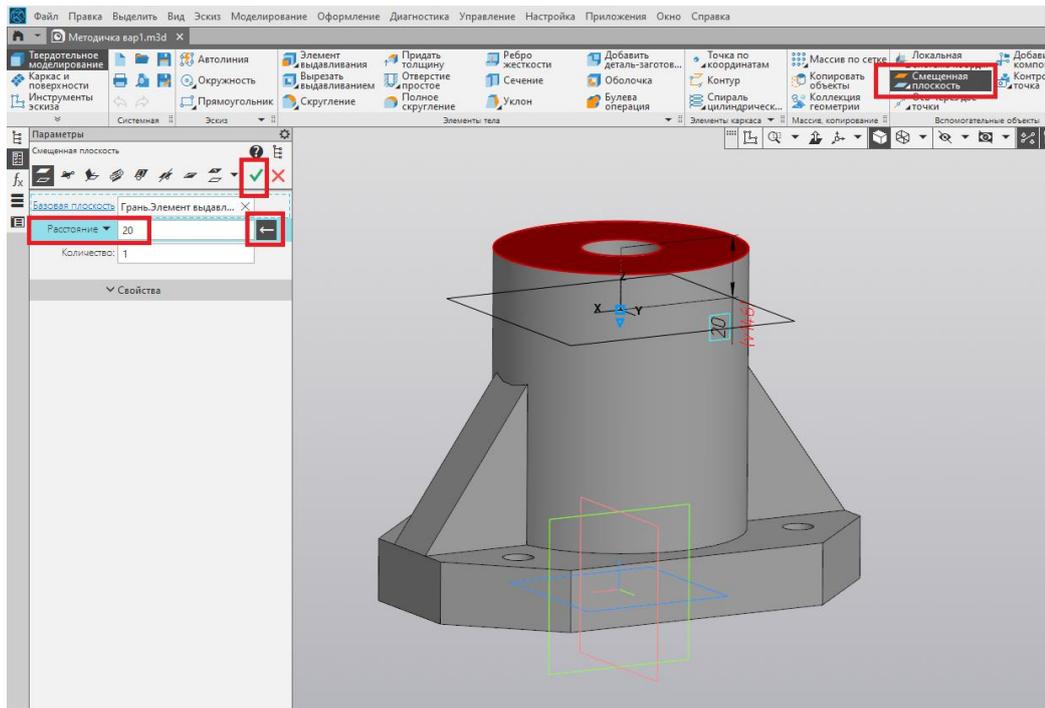


Рис. 27

25. В новой плоскости создаём эскиз (рис. 28).

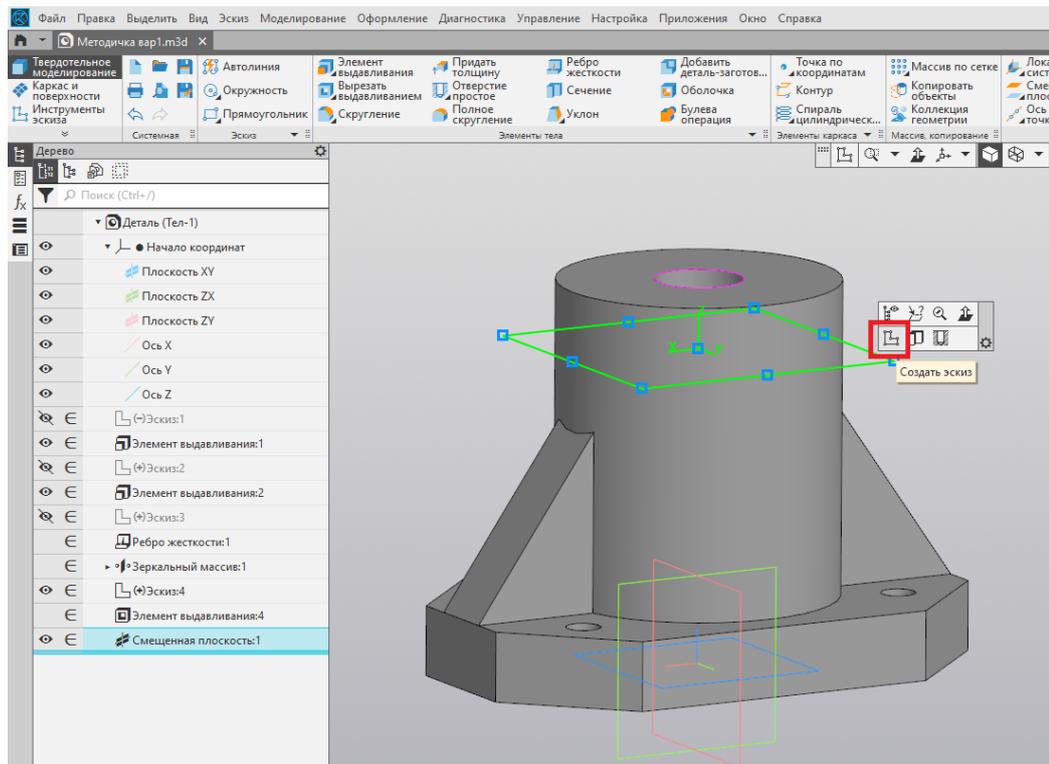


Рис. 28

26. Из начала координат строим окружность диаметром 60 мм (рис. 29).

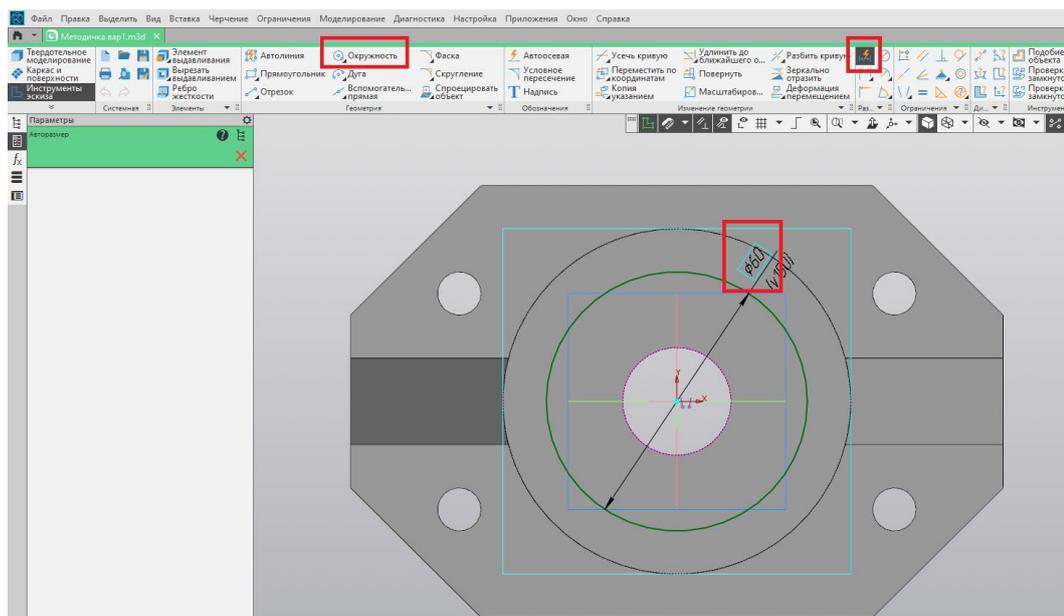


Рис. 29

27. При помощи команды «Вырезать выдавливанием» вырезаем цилиндрическое отверстие на расстояние 50 мм вниз (рис. 30).

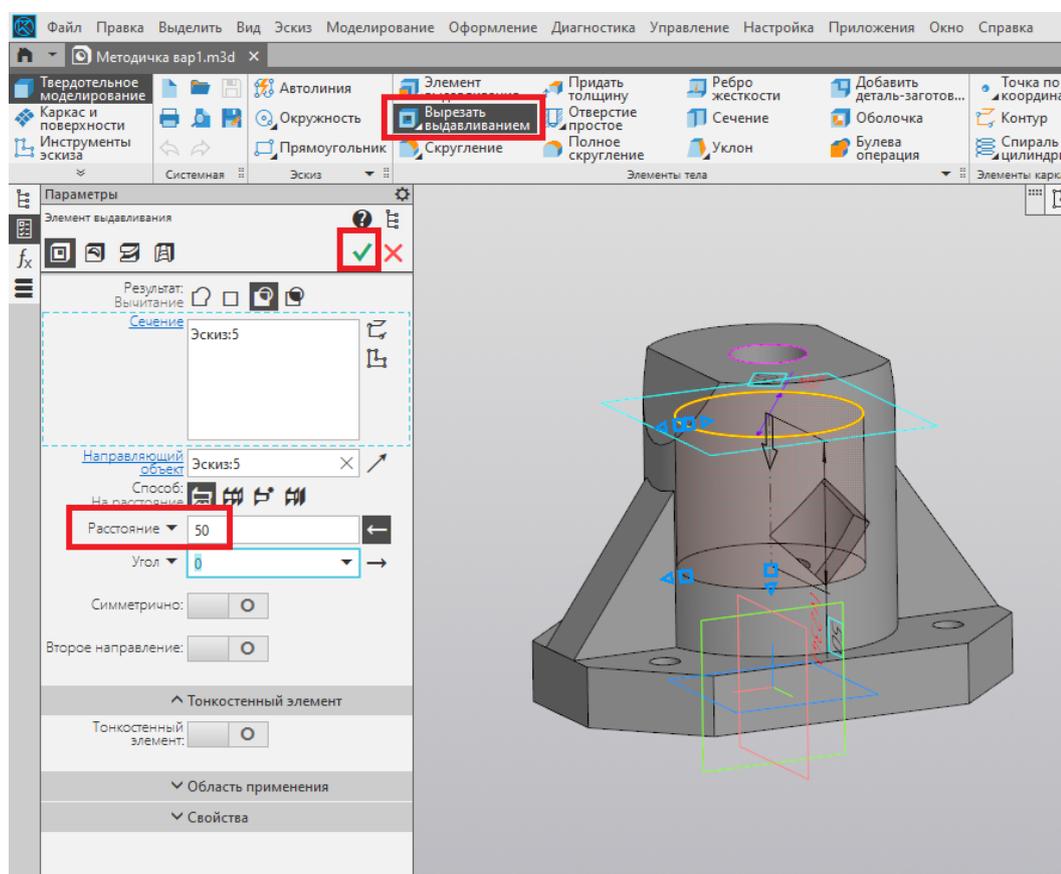


Рис. 30

28. Для того, чтобы увидеть внутреннее строение детали, используем пиктограмму «Отобразить сечение модели» (рис. 31).

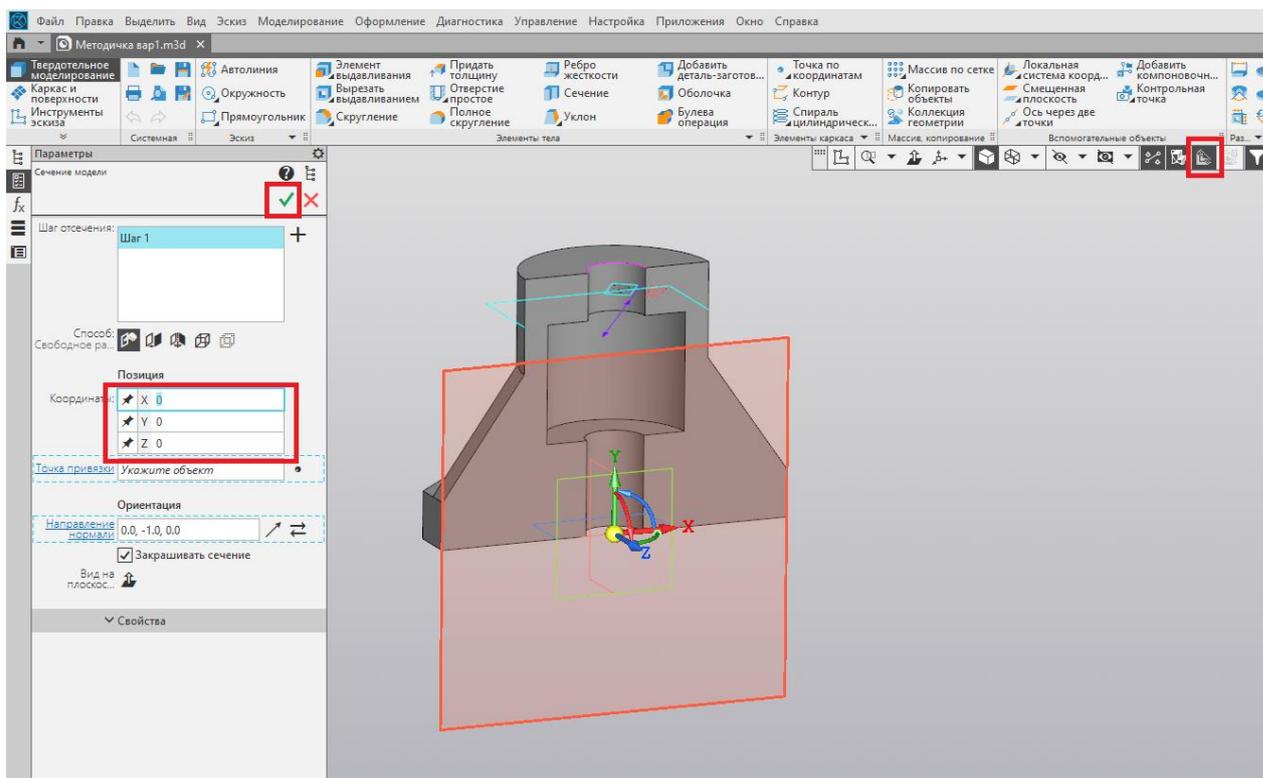


Рис. 31

29. При повторном нажатии данной пиктограммы сечение исчезает (рис. 32).

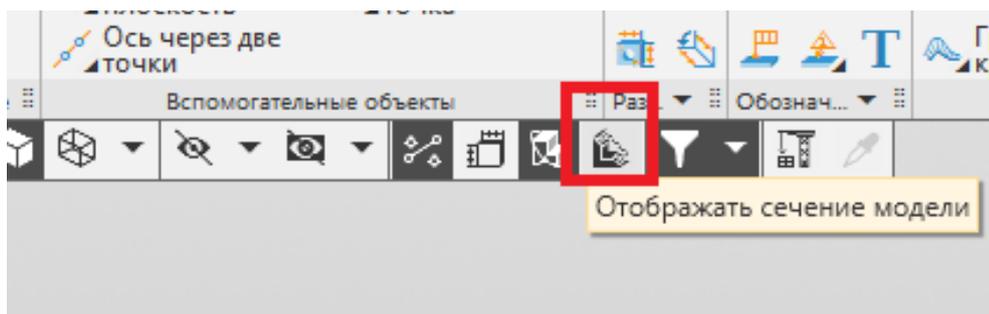


Рис. 32

30. Создаём новый эскиз в плоскости ZX (рис. 33).

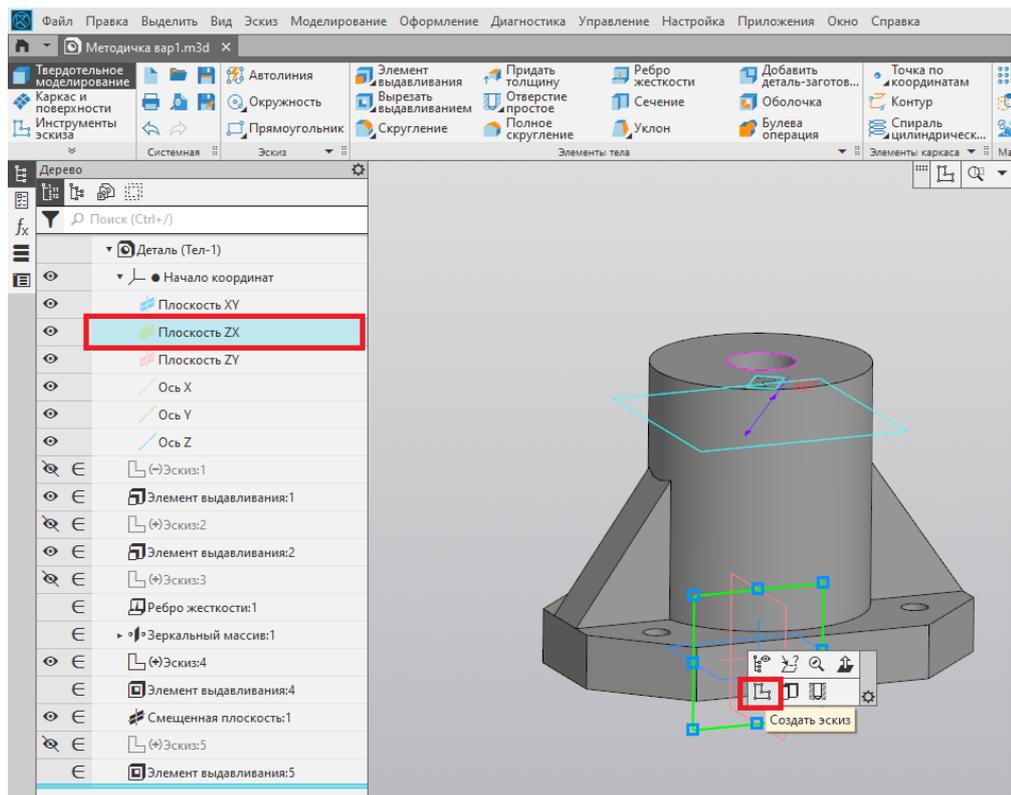


Рис. 33

31. При помощи команды «Отрезок» из начала координат проводим вертикальную осевую линию и строим контур треугольника, привязанного к очерку цилиндра (рис. 34).

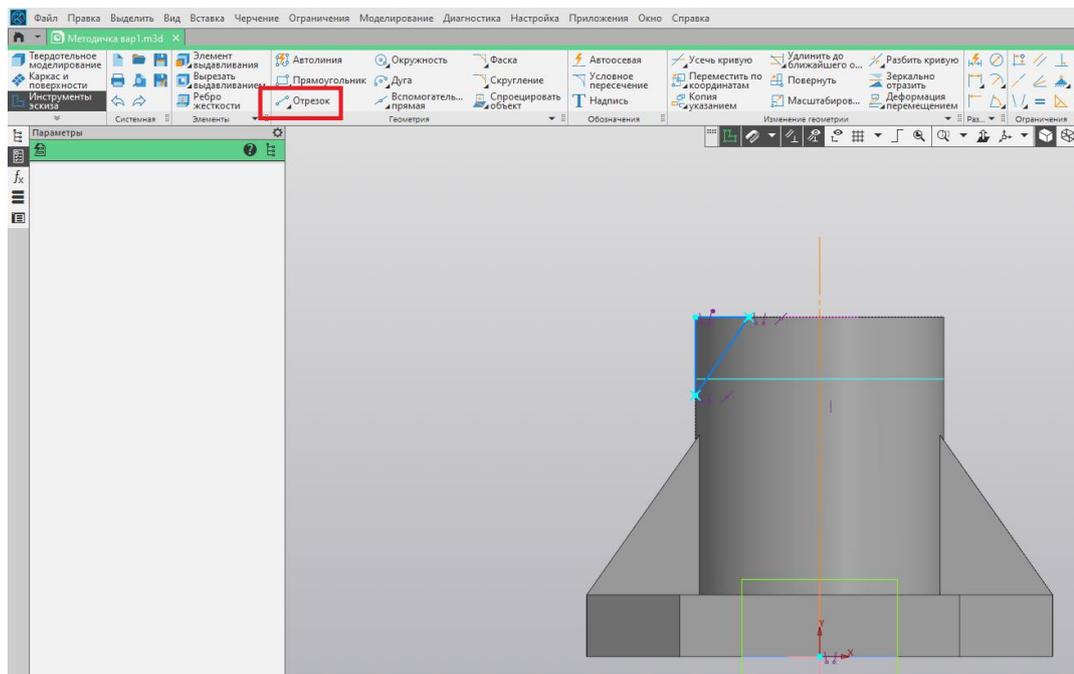


Рис. 34

32. При помощи команды «Зеркально отразить» отражаем треугольник относительно осевой линии (рис. 35).

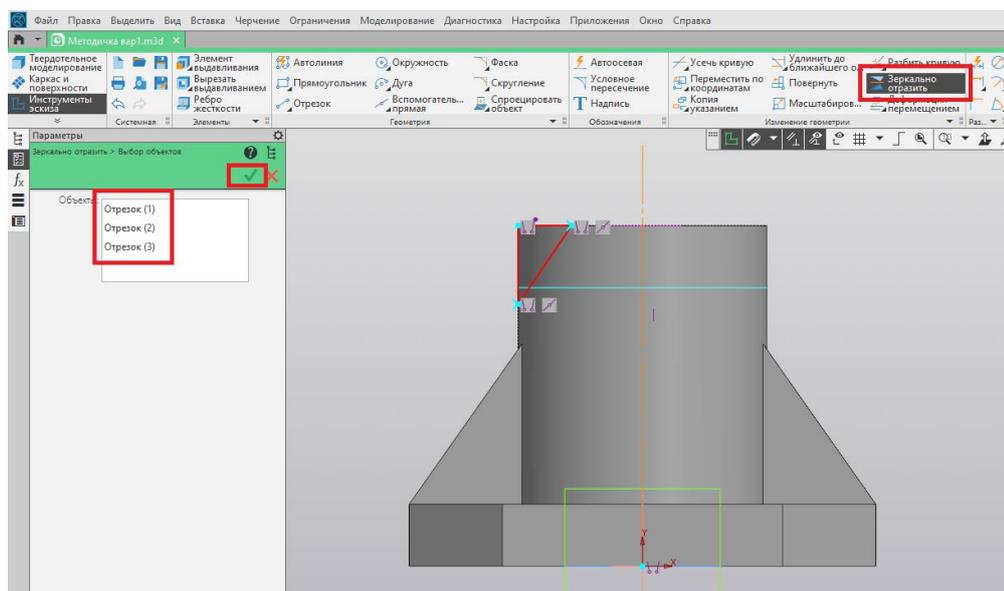


Рис. 35

33. При помощи команды «Авторазмер» проставляем заданные размеры (рис. 36).

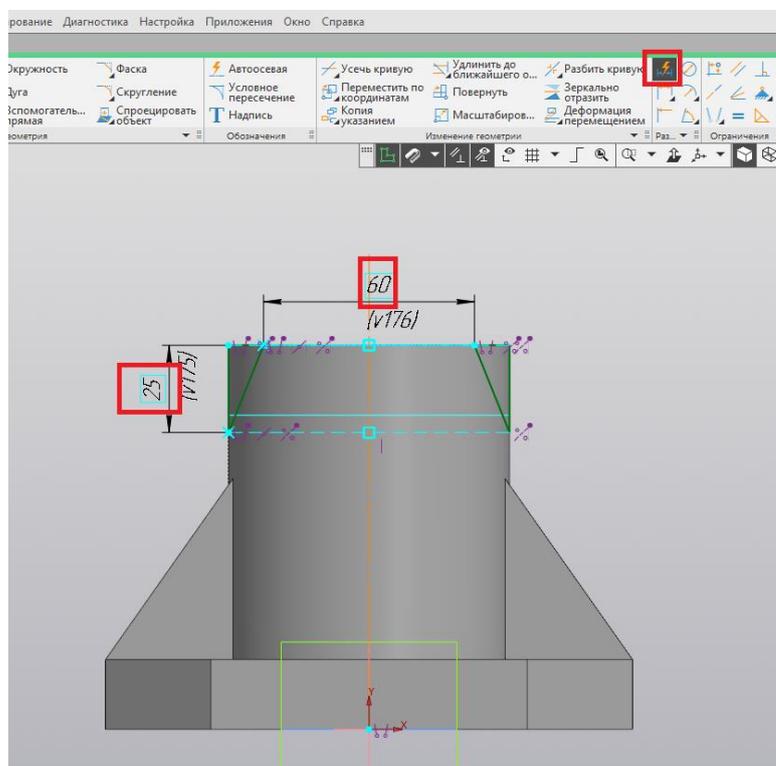


Рис. 36

34. Завершаем построение эскиза нажатием на пиктограмму «Создать эскиз» (рис. 37).

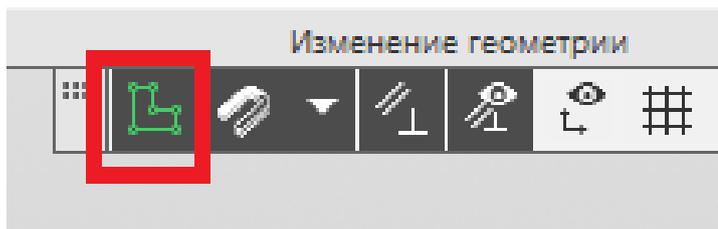


Рис. 37

35. При помощи команды «Вырезать выдавливанием» (способ «Через все») отсекаем боковые части цилиндра (рис. 38).

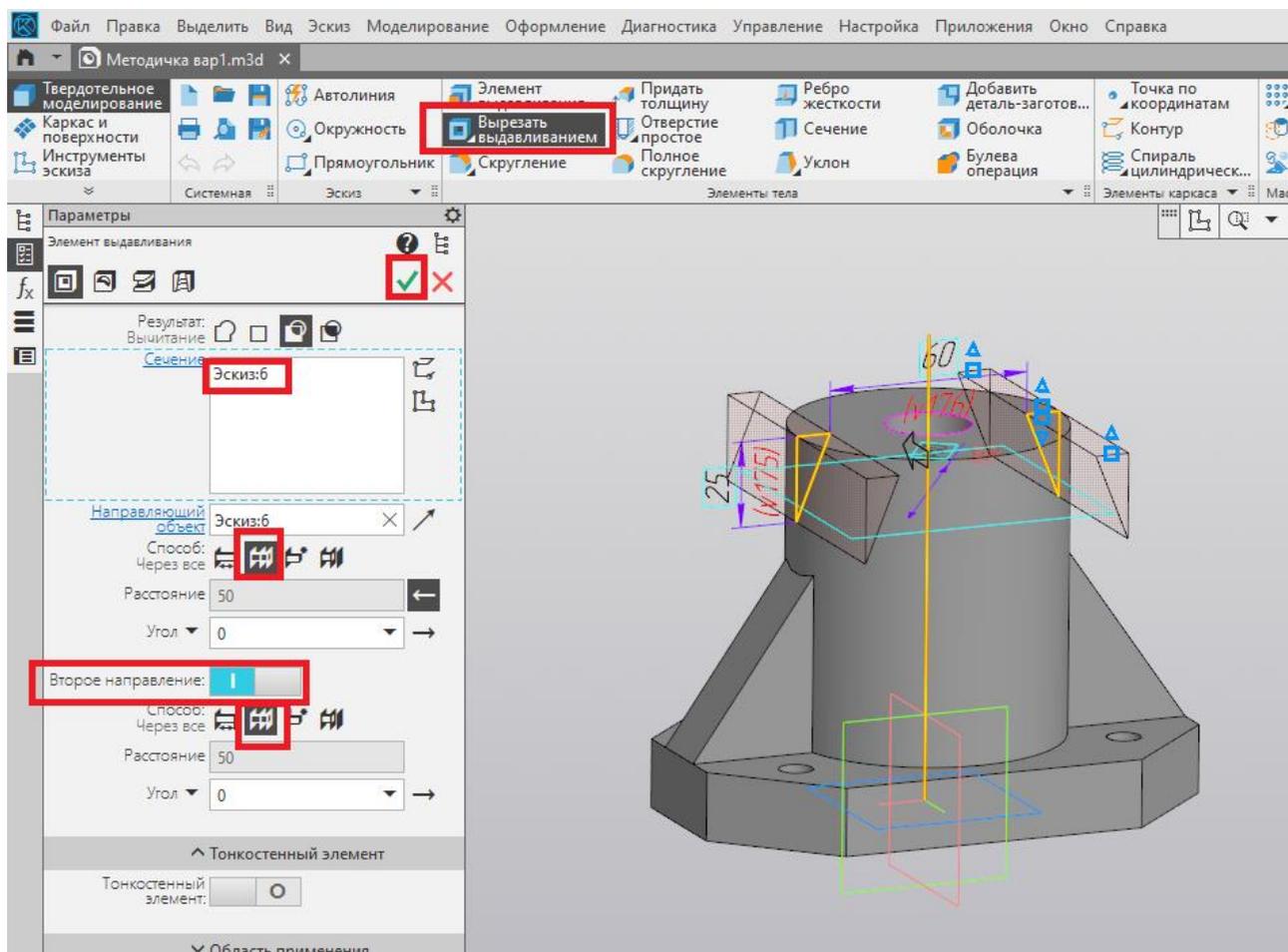


Рис. 38

36. Создаём новый эскиз в плоскости ZX (рис. 39).

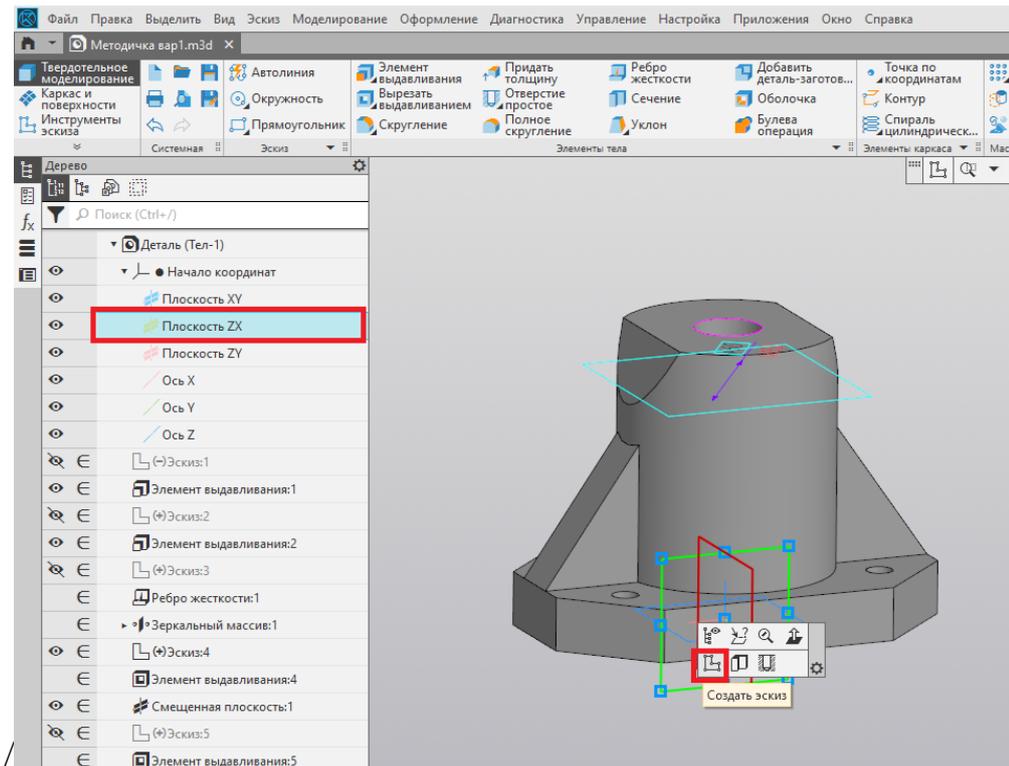


Рис. 39

37. Из начала координат проводим вертикальную осевую линию (рис. 40).

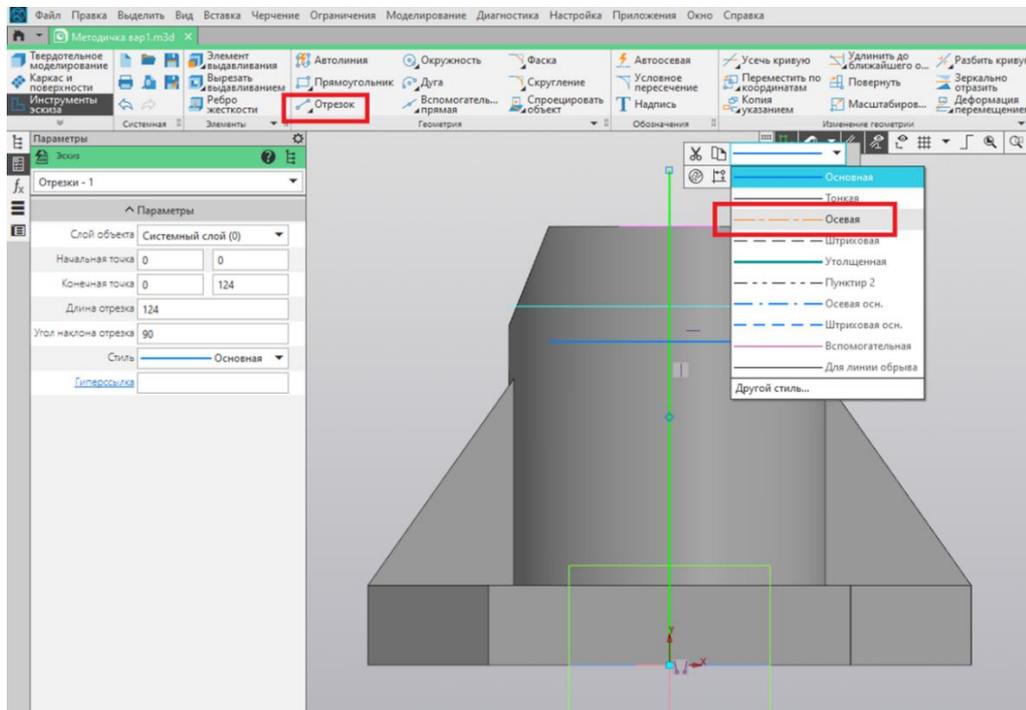


Рис. 40

38. Далее проводим горизонтальную вспомогательную линию (рис. 41).

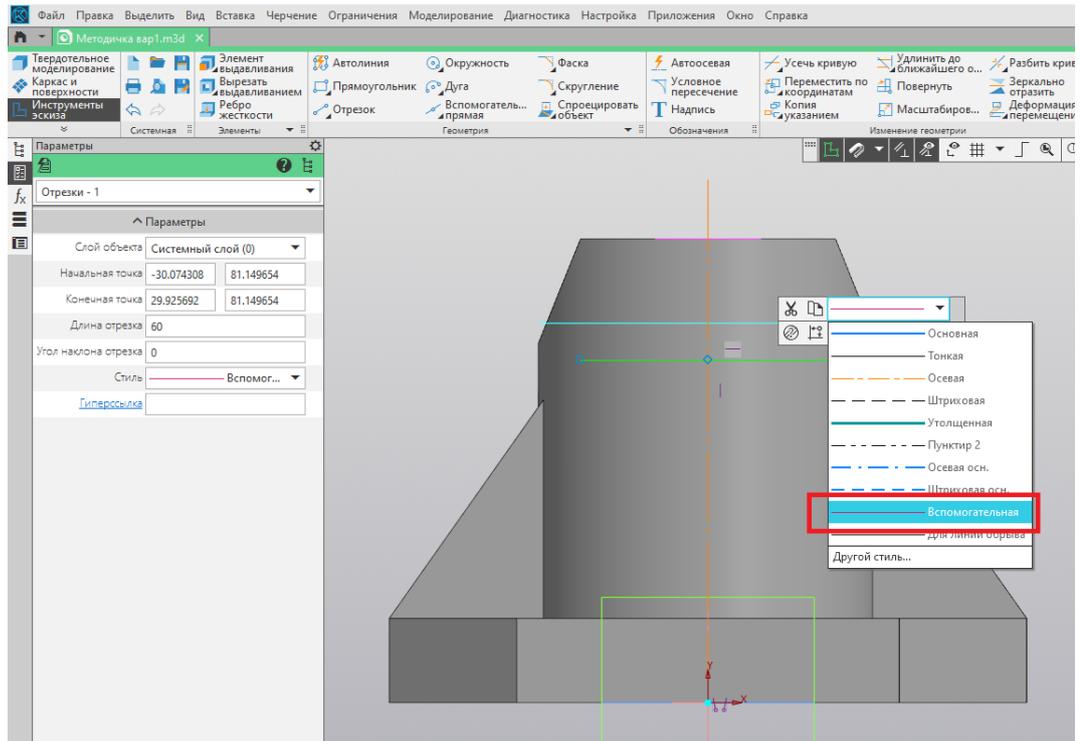


Рис. 41

39. При помощи команды «Многоугольник» создаём квадрат с углом поворота 45 градусов (рис. 42).

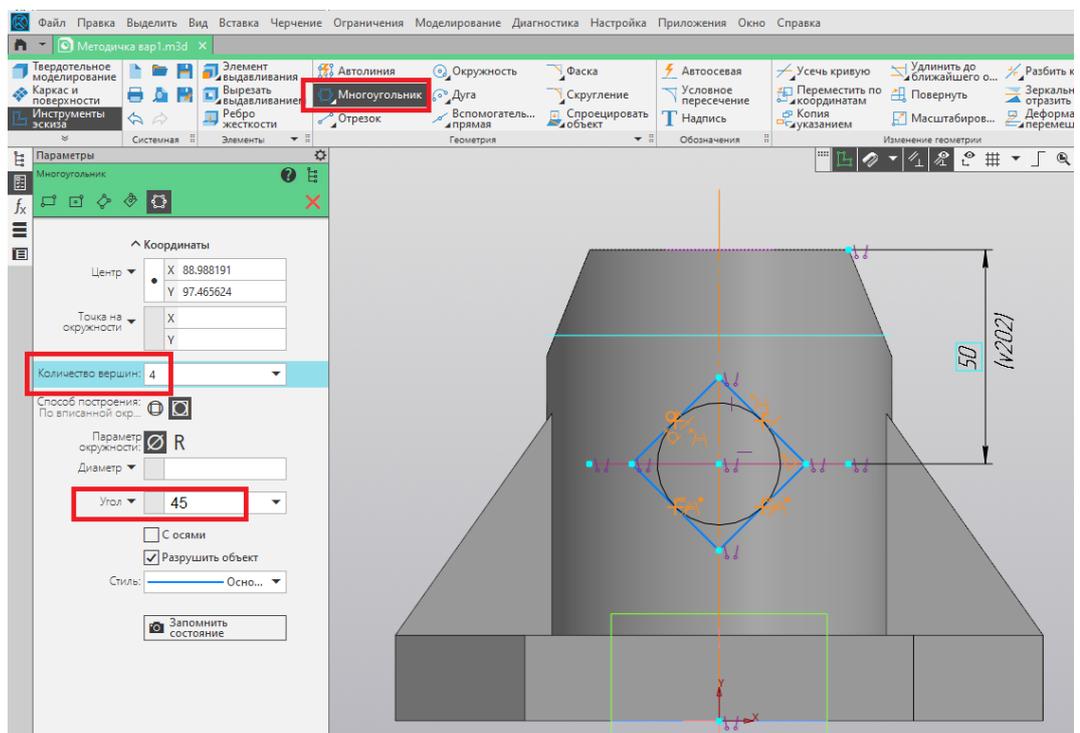


Рис. 42

40. Через команду «Авторазмер» устанавливаем длину стороны квадрата, равной 25 мм. Задаём расстояние от верхней части цилиндра до точки пересечения диагоналей квадрата, равное 50 мм (рис. 43).

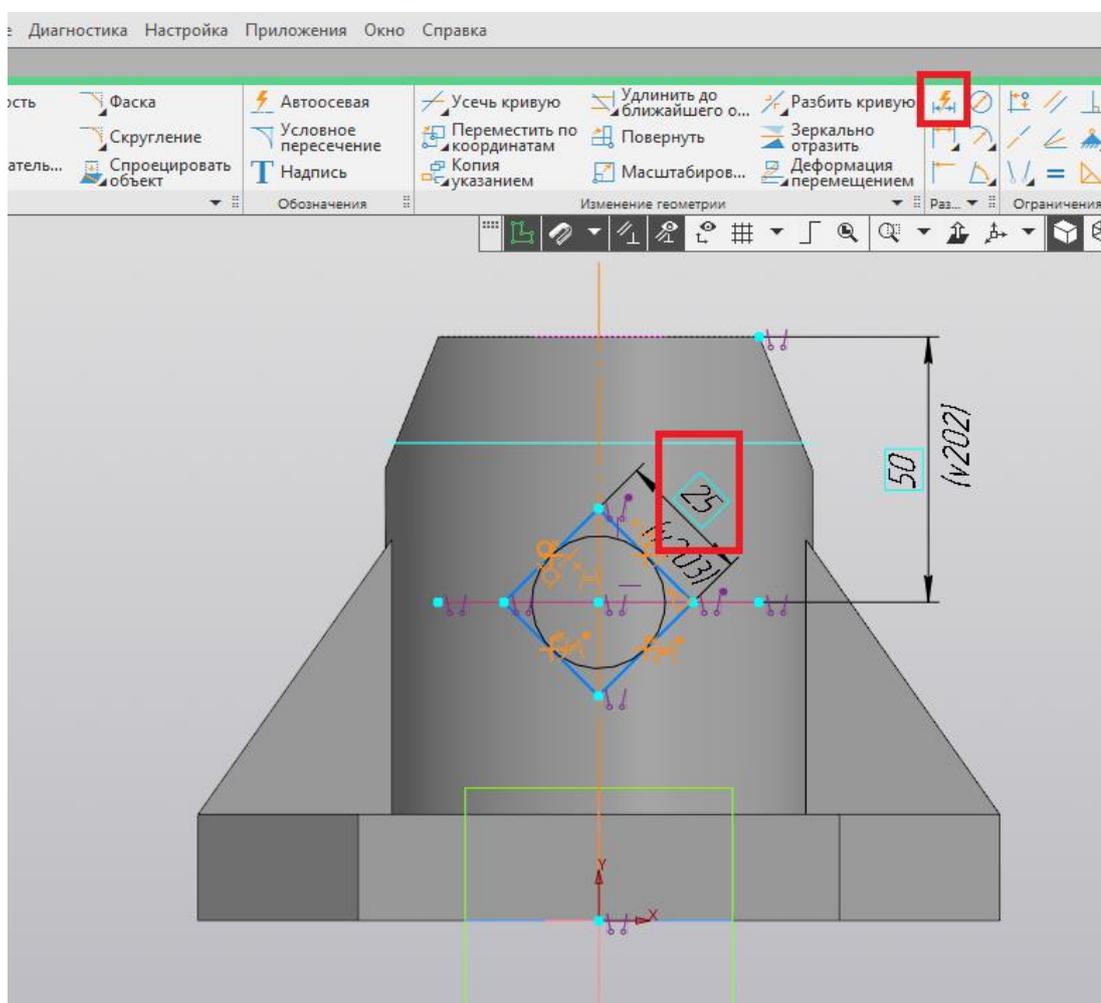


Рис. 43

41. Завершаем построение эскиза нажатием на пиктограмму «Создать эскиз» (рис. 44).

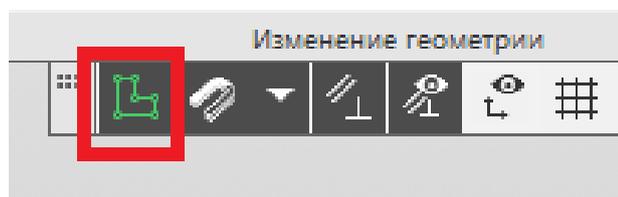


Рис. 44

42. При помощи команды «Вырезать выдавливанием» выполняем из полученного эскиза сквозное призматическое отверстие (рис. 45).

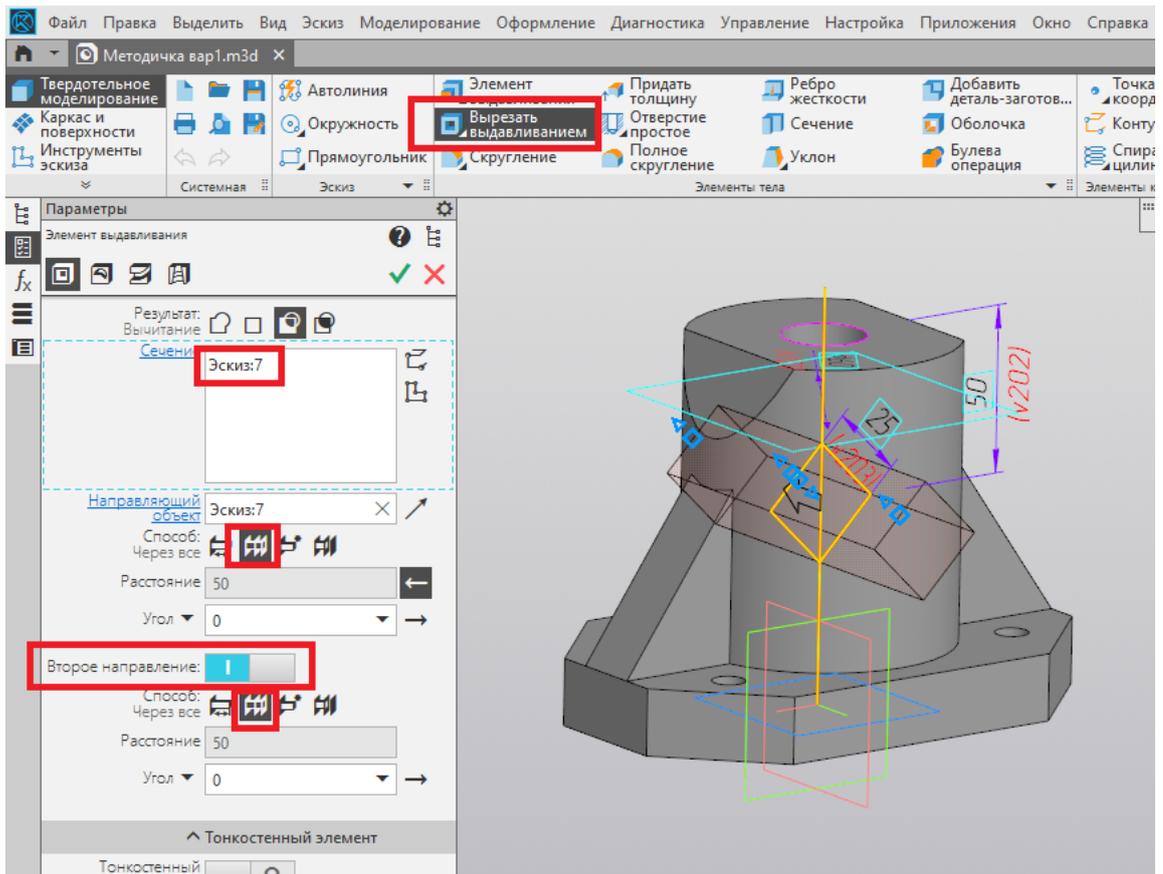


Рис. 45

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЯ №2

1. Для задания материала нажимаем правой кнопкой мыши в дереве построений на позицию «Деталь» и заходим в свойства модели (рис. 46).

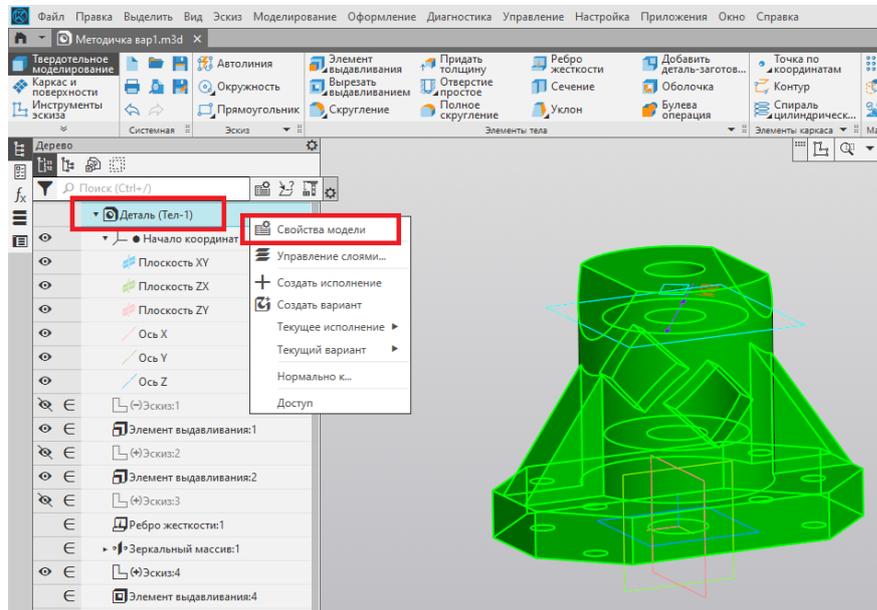


Рис. 46

2. Из библиотеки материалов выбираем необходимый материал (рис. 47).

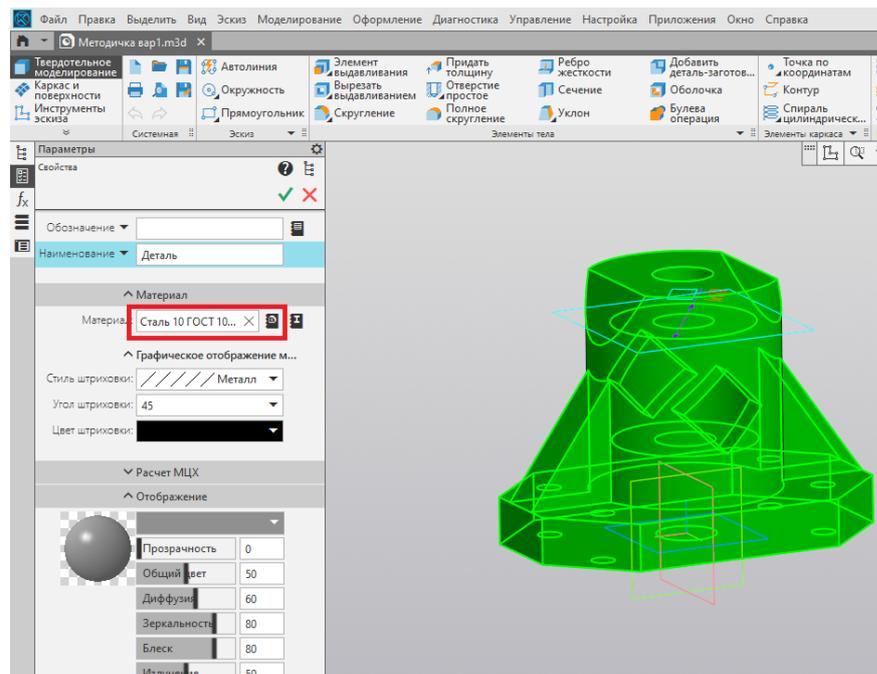


Рис. 47

3. Завершаем выполнение команды нажатием на зелёную галочку (рис. 47).

4. Площадь и объём модели детали получаем при использовании команды «МЦХ модели» (рис. 48).

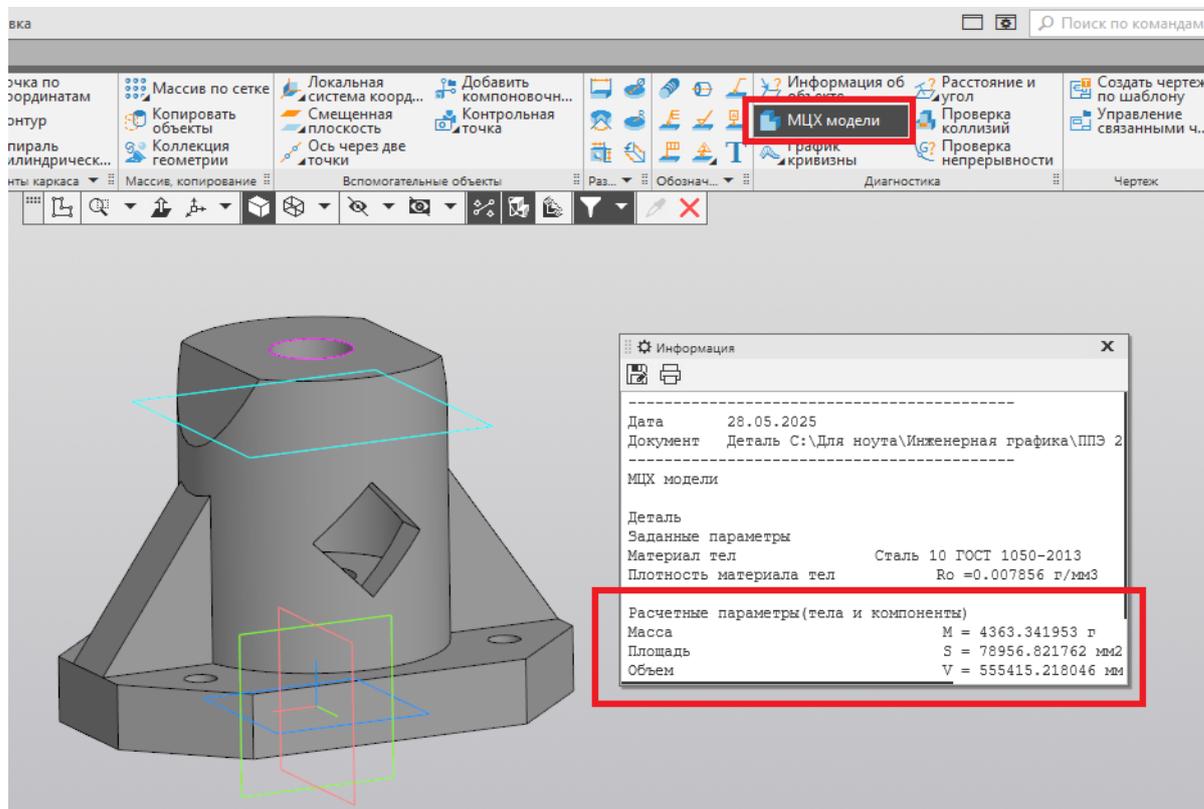


Рис. 48

5. Сохраняем файл с полученной моделью детали *Корпус* в формате *.m3d.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЯ №3

1. В САПР КОМПАС-3D создаём документ «Сборка» (рис. 49).

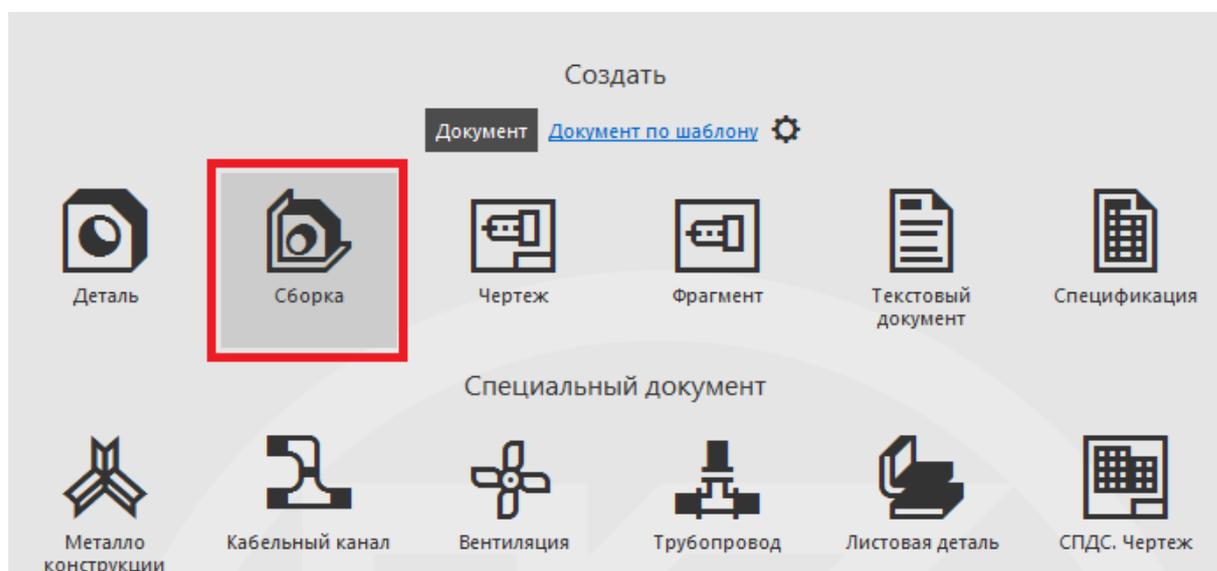


Рис. 49

2. Выбираем команду «Добавить компонент из файла» (рис. 50).

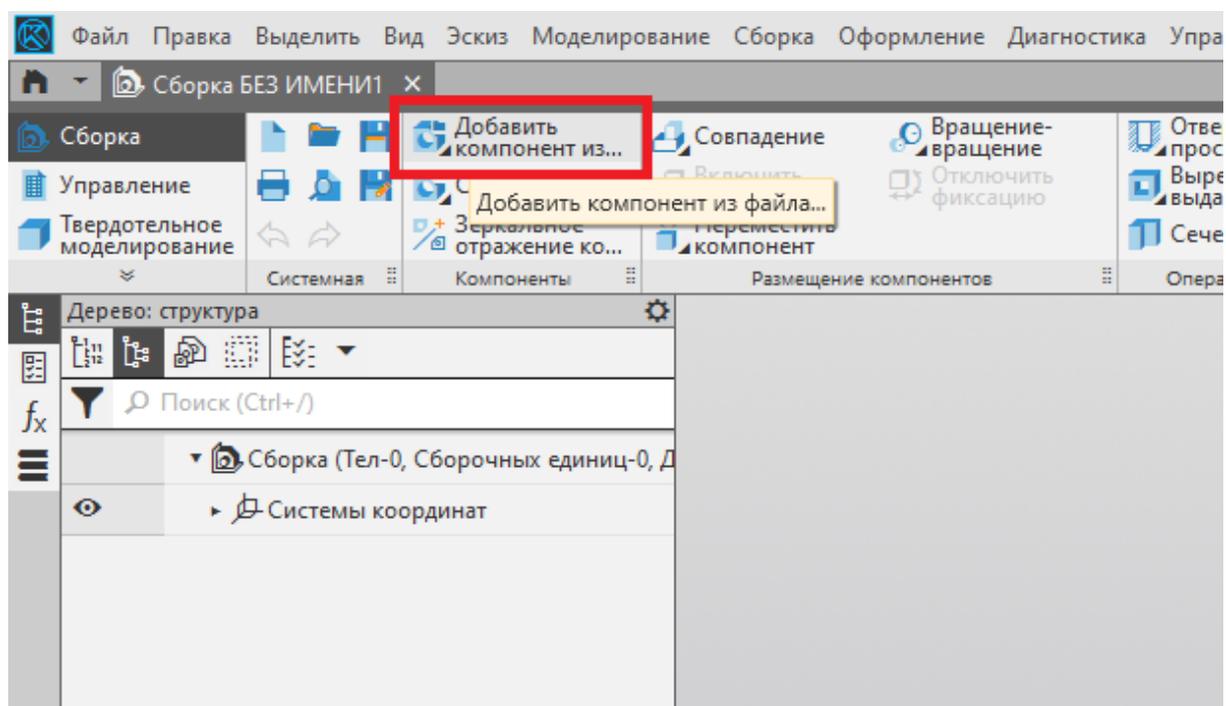


Рис. 50

3. Добавление элементов сборки начинаем с основания. Для этого в типе файлов выбираем формат STEP и выбираем файл *Основание* (рис. 51).

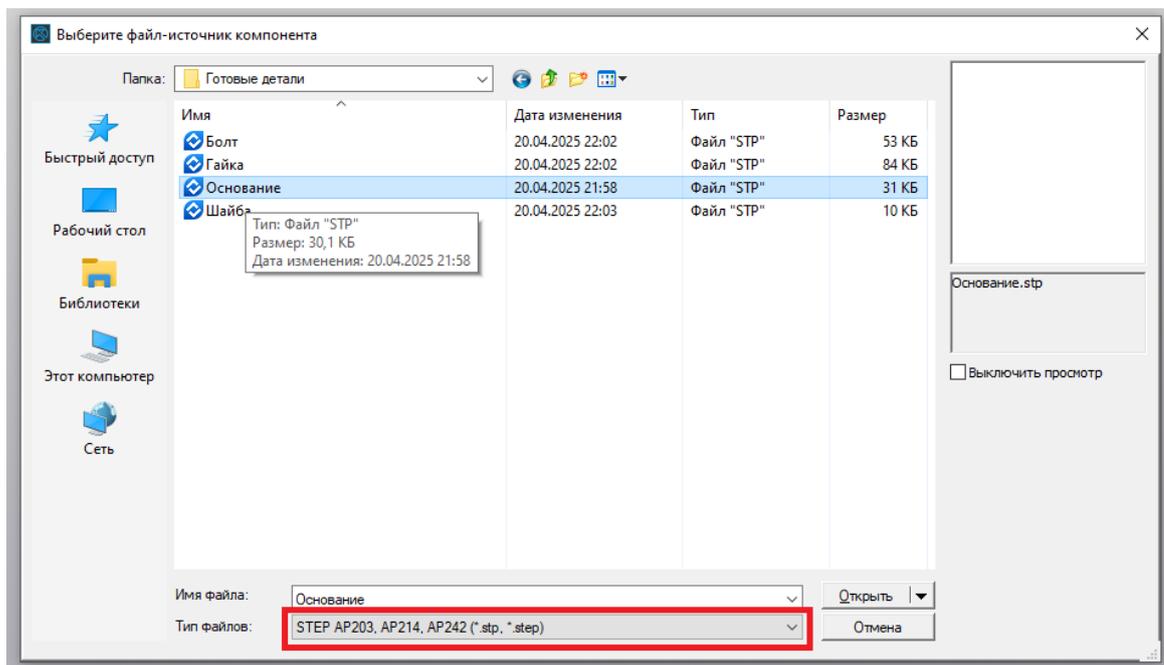


Рис. 51

4. Размещаем основание в начале координат. Подтверждаем команду нажатием на зелёную галочку (рис. 52).

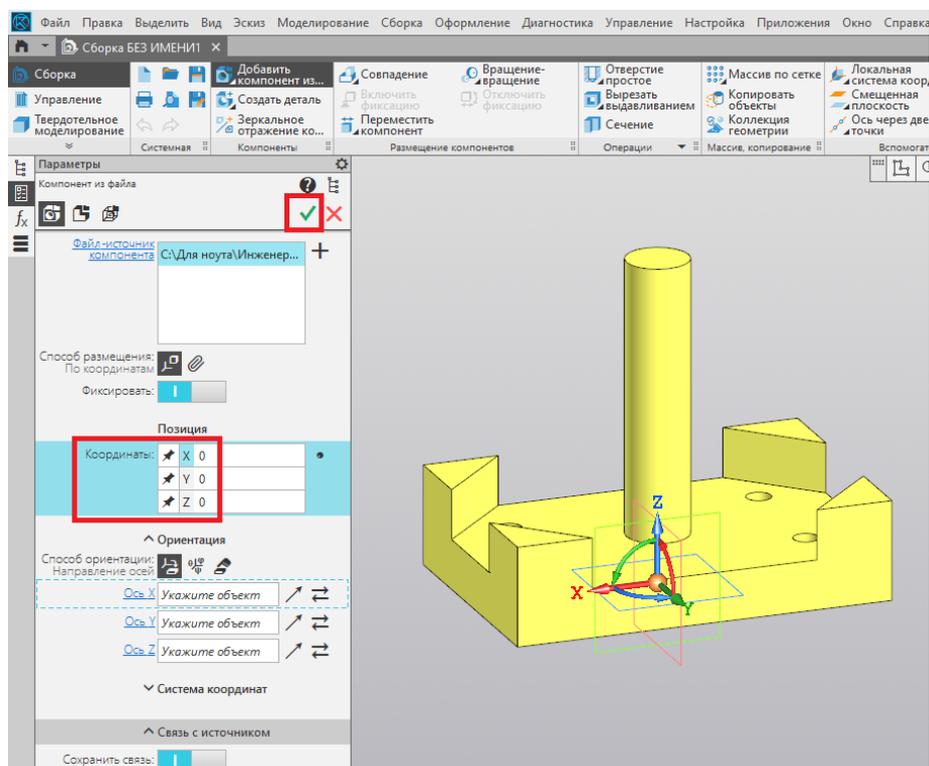


Рис. 52

5. Далее добавляем следующий компонент *Корпус*, созданный ранее по итогам выполнения задания №2. Располагаем его произвольно. Подтверждаем команду нажатием на зелёную галочку (рис. 53).

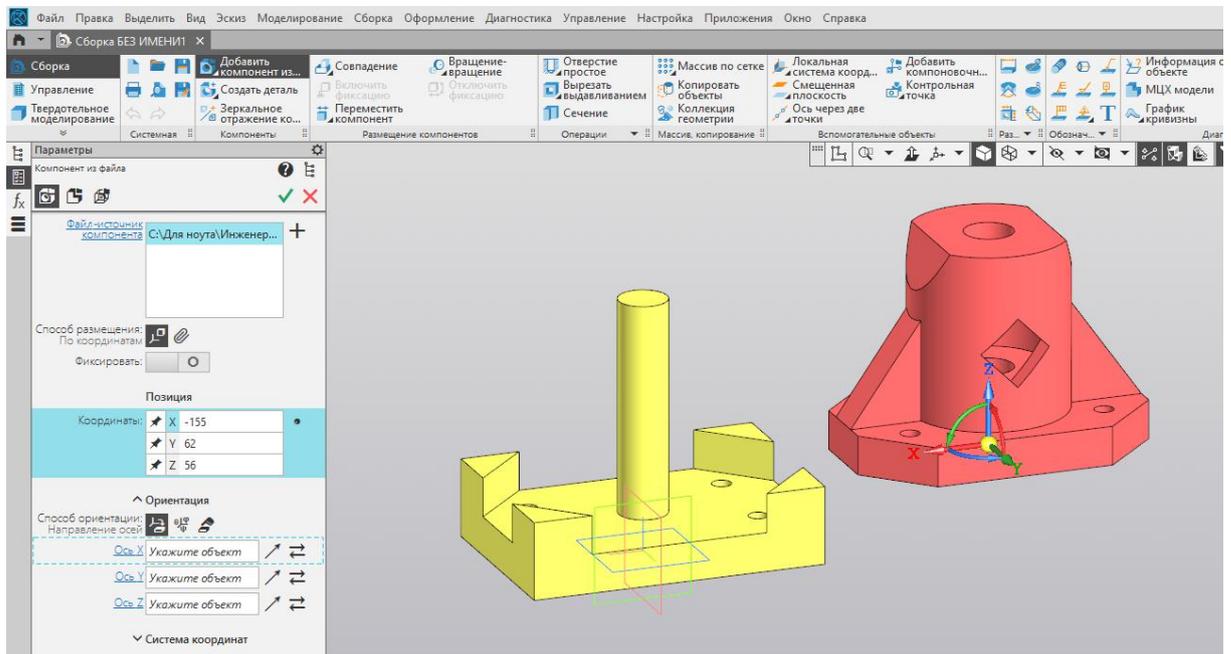


Рис. 53

6. Далее накладываем ограничение «Совпадение» (рис. 54).

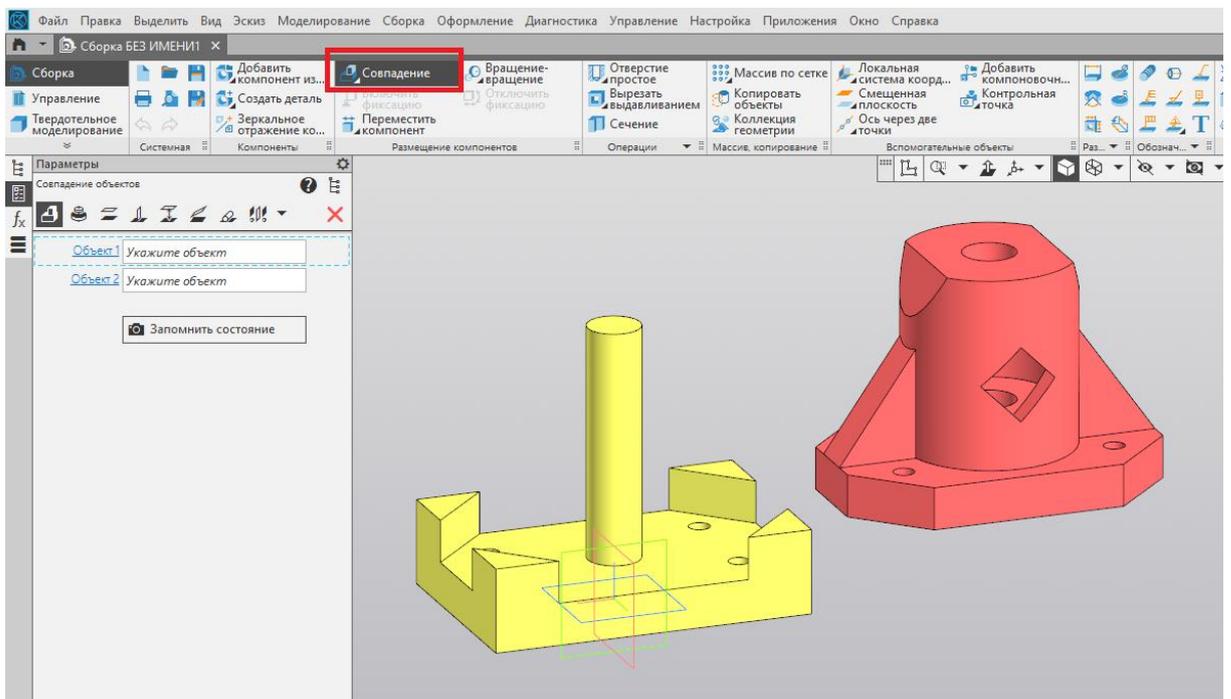


Рис. 54

7. Совпадать должна верхняя грань основания и нижняя грань корпуса (рис. 55).

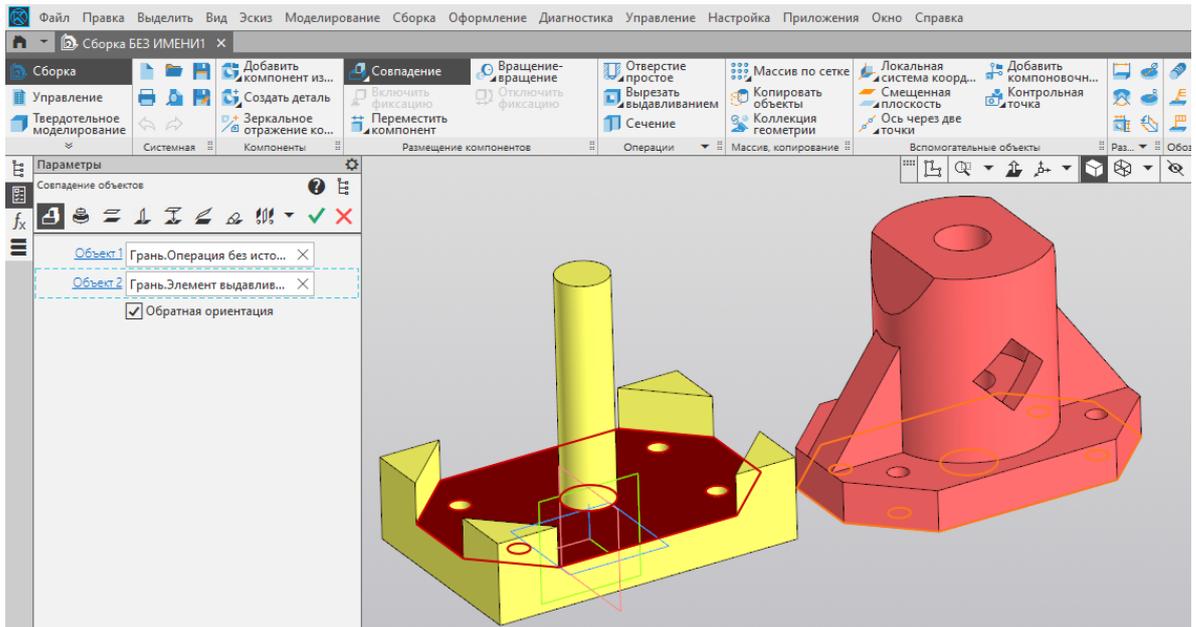


Рис. 55

8. Далее выбираем ограничение «Соосность». Выбираем стержень в основании и цилиндрическое отверстие в корпусе. Подтверждаем команду нажатием на зелёную галочку (рис. 56).

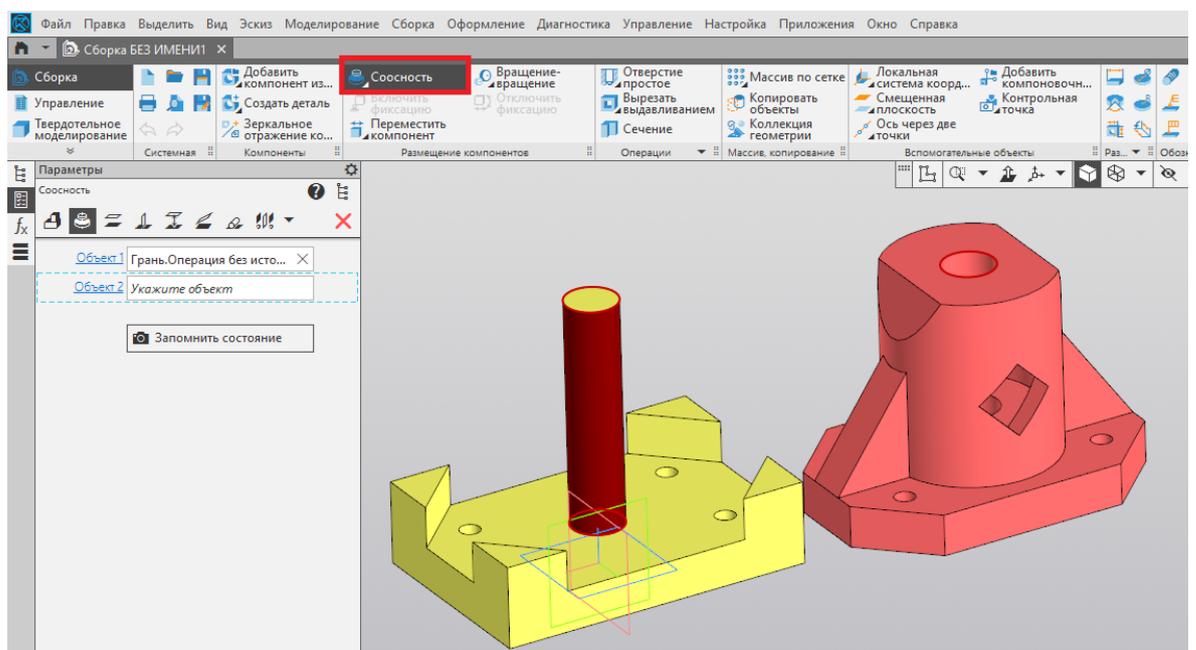


Рис. 56

9. Чтобы полностью зафиксировать корпус, выбираем ограничение «Параллельность» и щёлкаем на соответствующие грани корпуса и основания (рис. 57).

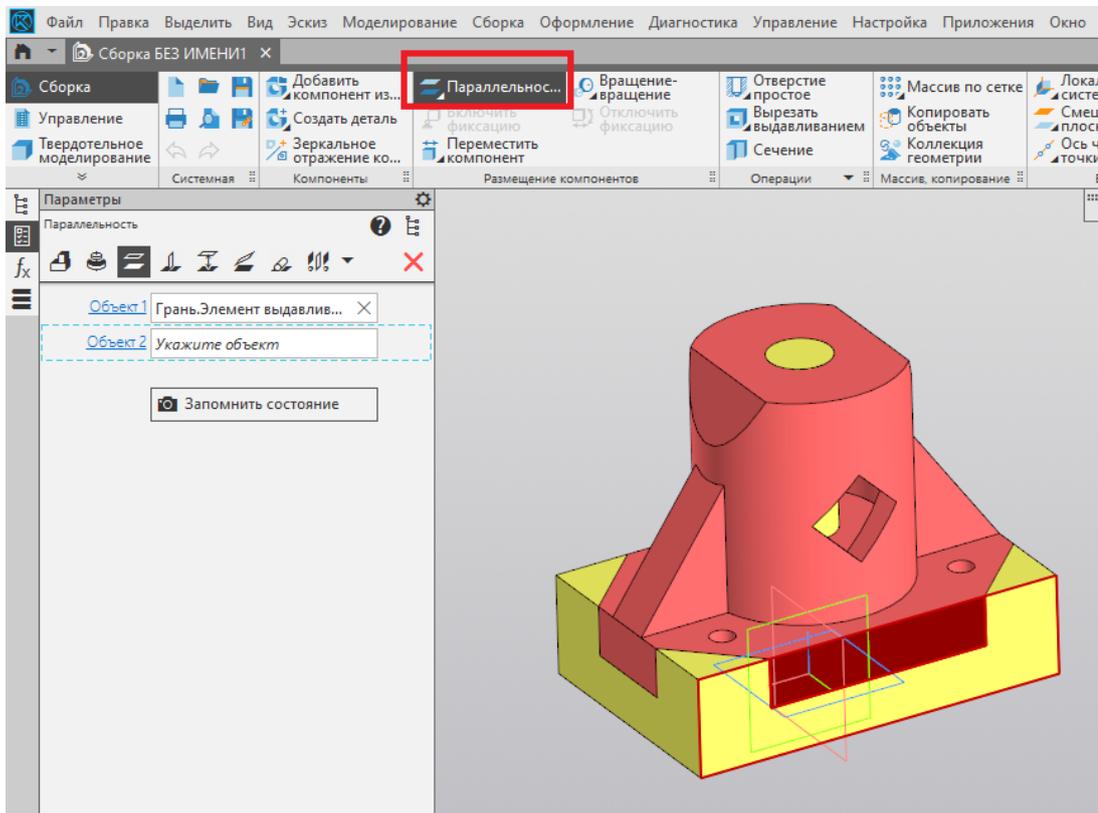


Рис. 57

10. Далее добавляем следующий компонент *Болт* (рис. 58).

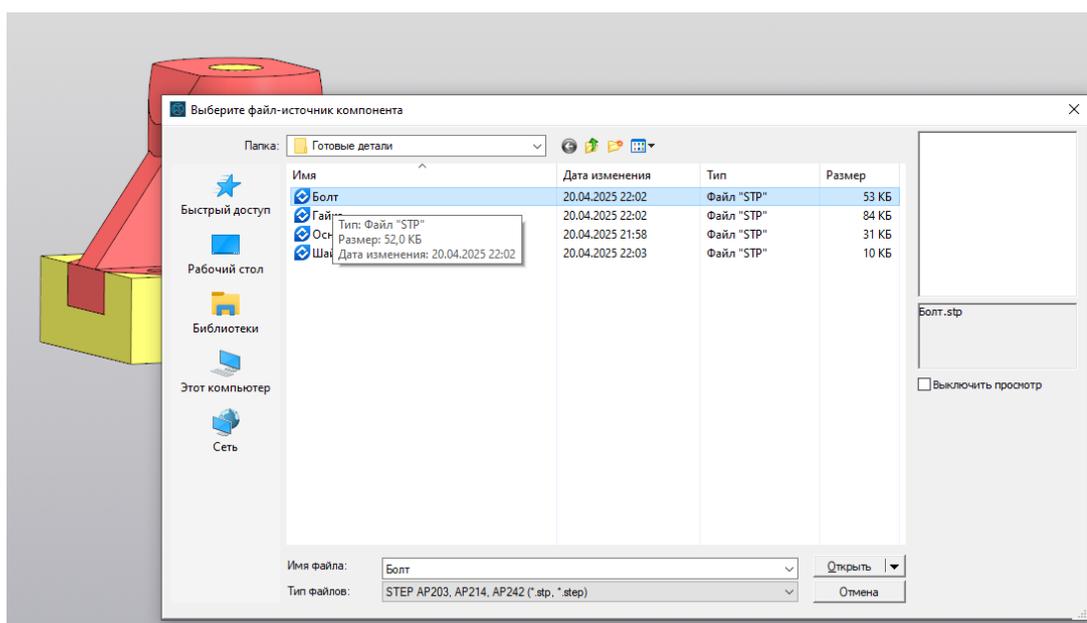


Рис. 58

11. Располагаем его в произвольном месте. Подтверждаем команду нажатием на зелёную галочку (рис. 59).

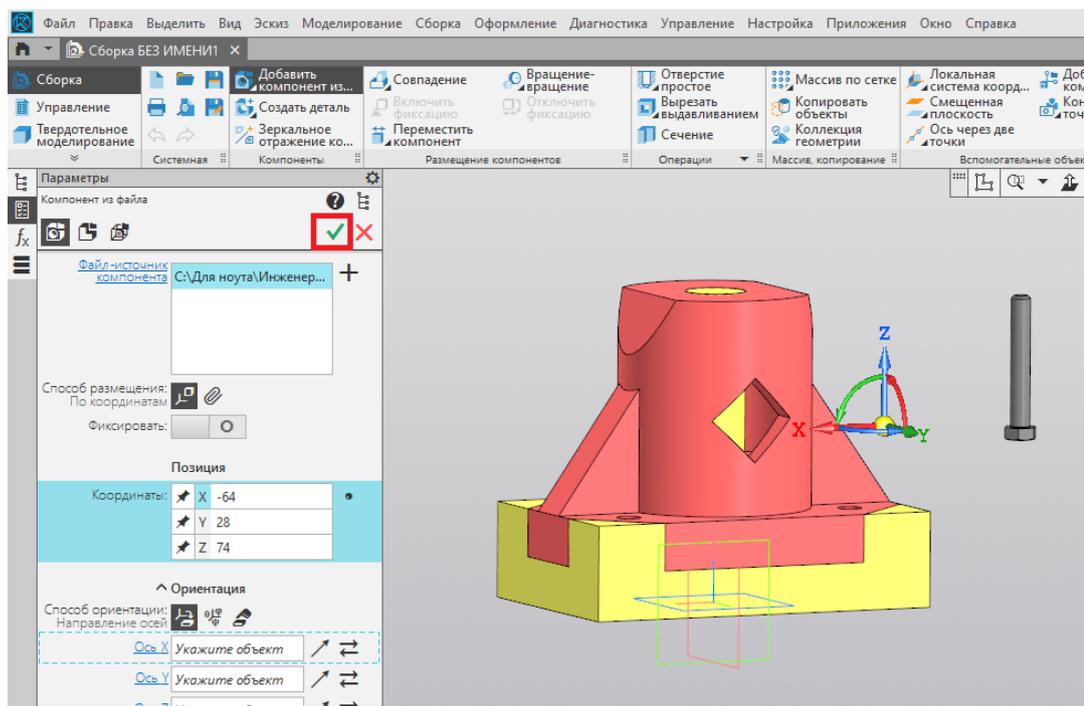


Рис. 59

12. Выбираем ограничение «Совпадение» для нижней грани основания и нижней грани головки болта. Подтверждаем команду нажатием на зелёную галочку (рис. 60).

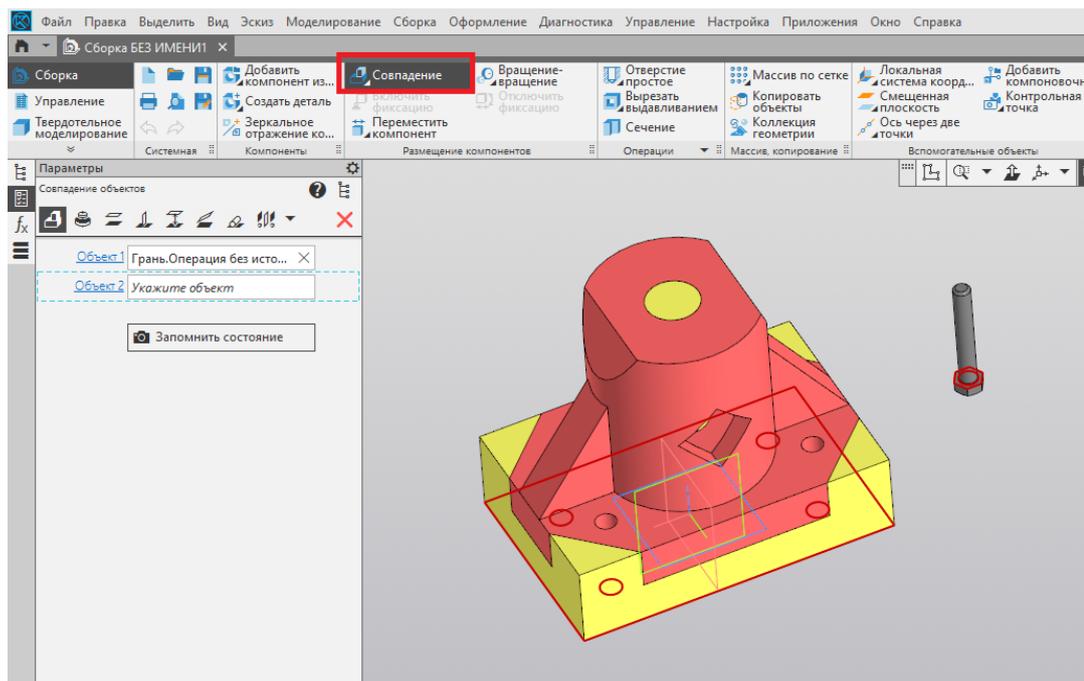


Рис. 60

13. Далее выбираем ограничение «Соосность» для цилиндрического отверстия в основании и стержня болта. Подтверждаем команду нажатием на зелёную галочку (рис. 61).

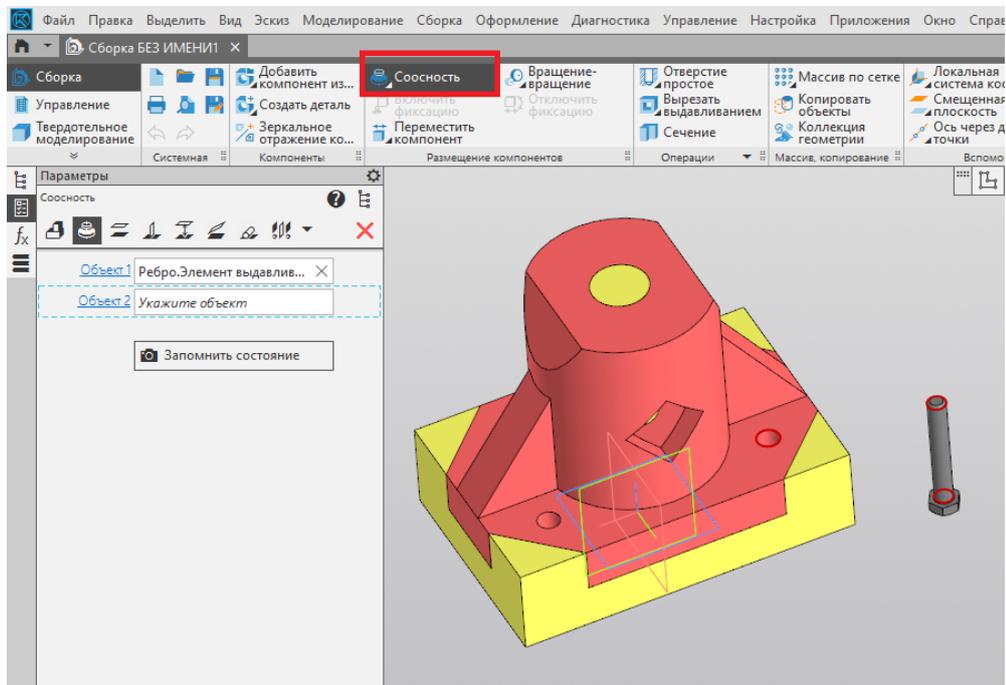


Рис. 61

14. Выбираем ограничение «Параллельность» для грани основания и одной из граней головки болта (рис. 62).

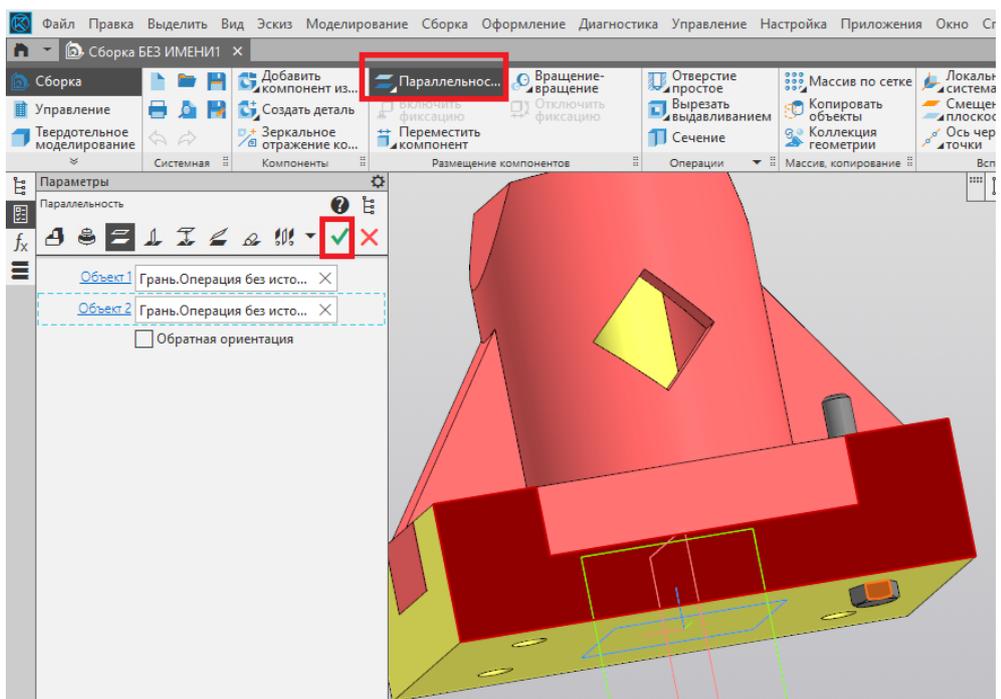


Рис. 62

15. Следующим этапом добавляем компонент *Шайба*. Располагаем её в произвольном месте. Подтверждаем команду нажатием на зелёную галочку (рис. 63).

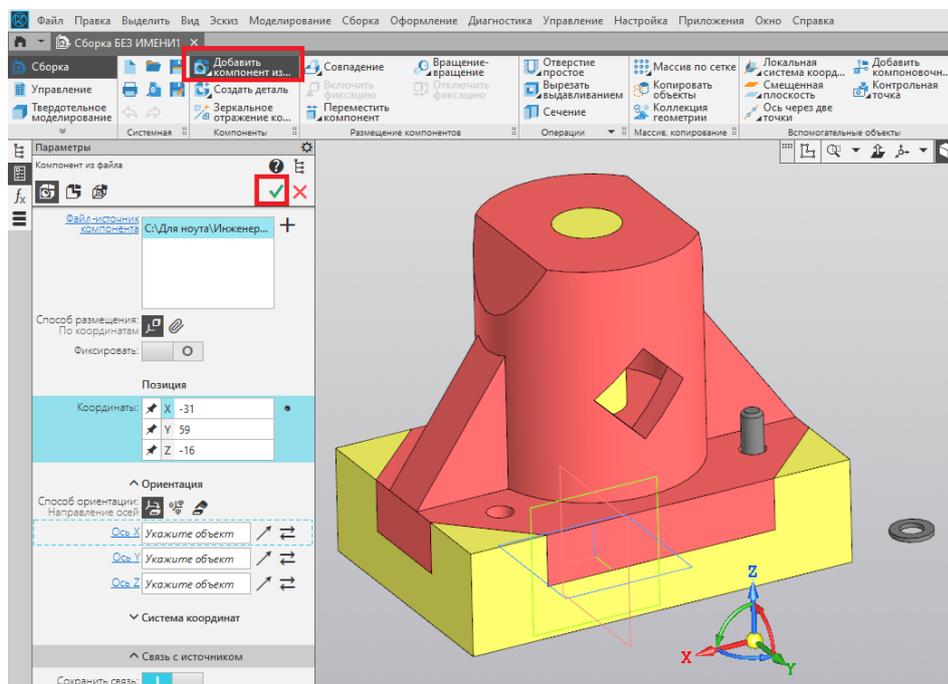


Рис. 63

16. Для шайбы потребуется ограничение «Совпадение» верхней грани основания корпуса и нижней грани шайбы. Подтверждаем команду нажатием на зелёную галочку (рис. 64).

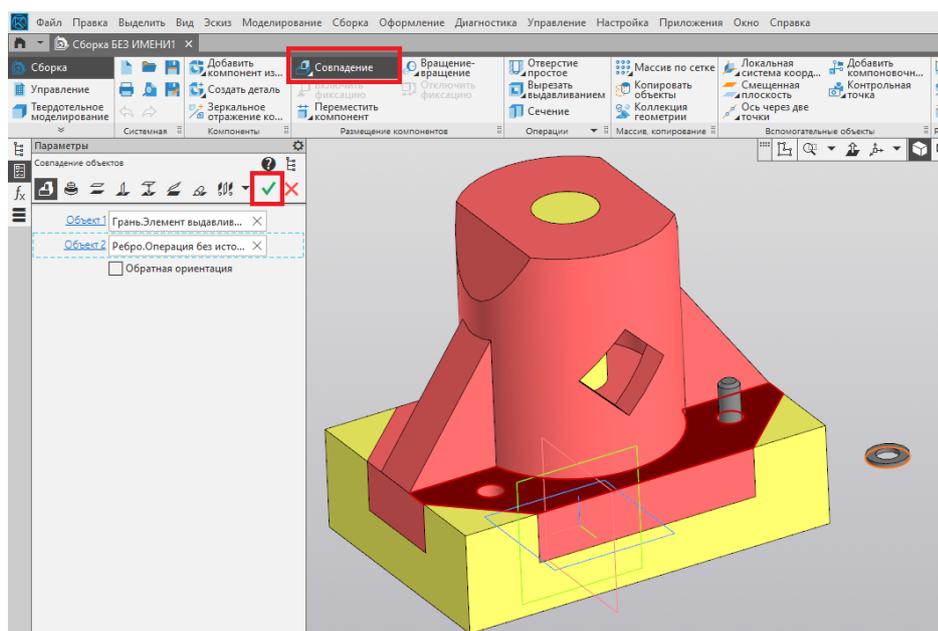


Рис. 64

17. Далее создаём ограничение «Соосность» для стержня болта и отверстия в шайбе. Подтверждаем команду нажатием на зелёную галочку (рис. 65).

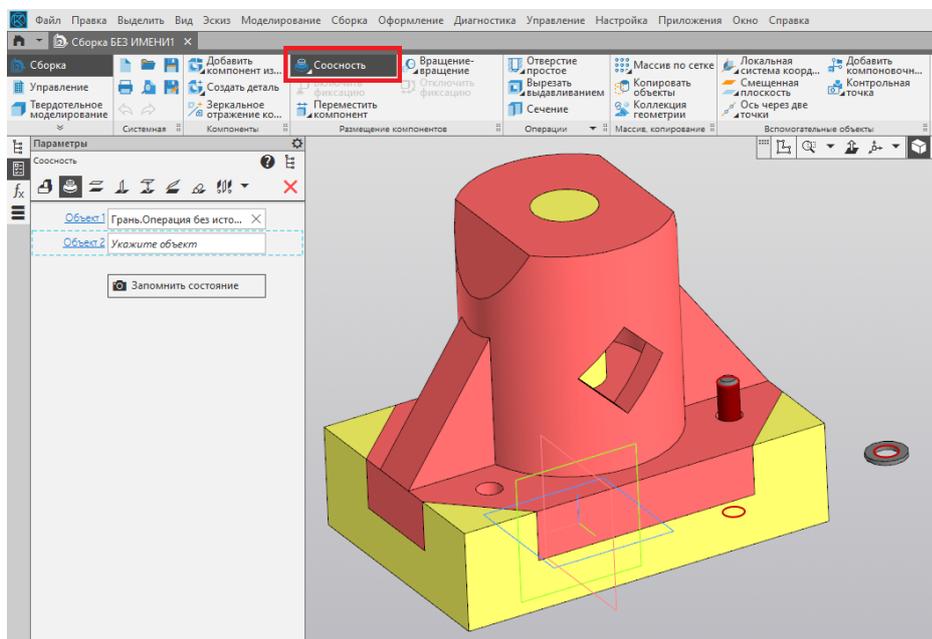


Рис. 65

18. Добавляем следующий компонент *Гайка*. Располагаем её в произвольном месте. Подтверждаем команду нажатием на зелёную галочку (рис. 66).

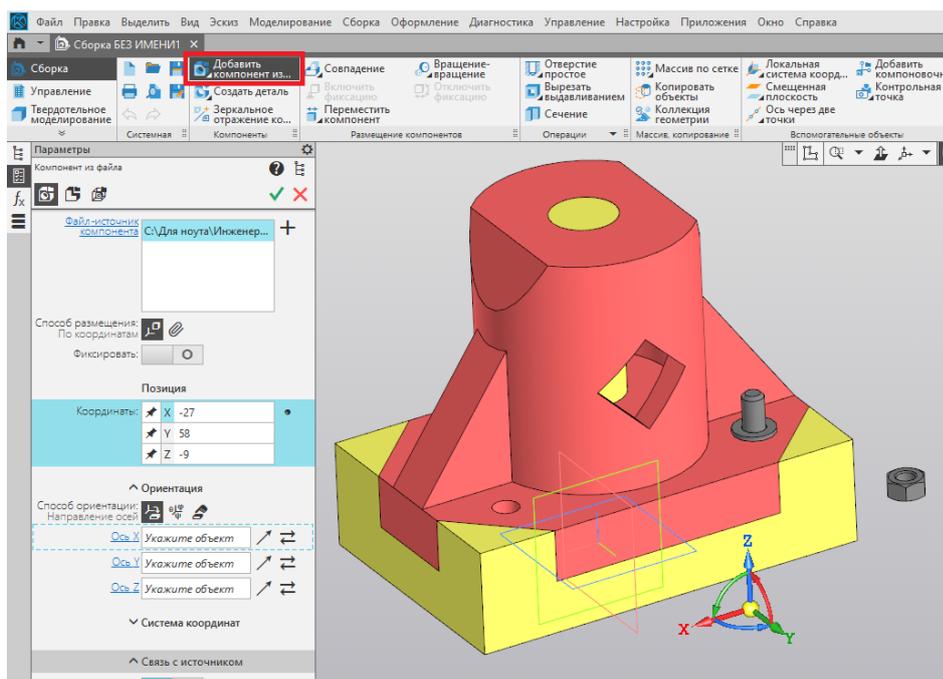


Рис. 66

19. Добавляем ограничение «Совпадение» для верхней грани шайбы и нижней грани гайки. Подтверждаем команду нажатием на зелёную галочку (рис. 67).

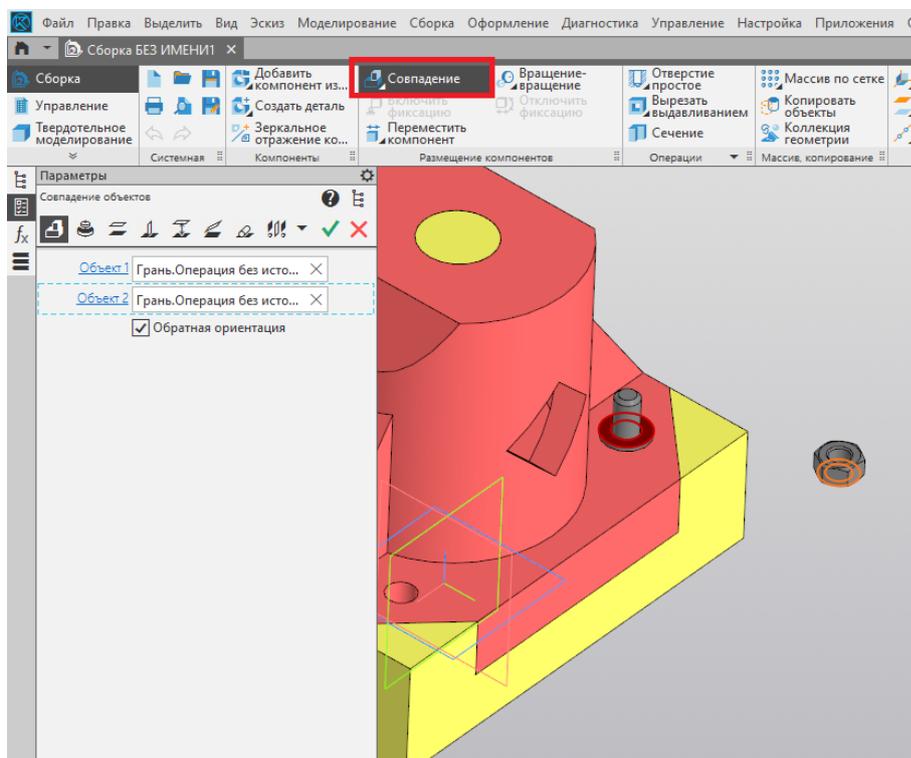


Рис. 67

20. Далее используем ограничение «Соосность» для стержня болта и отверстия гайки (рис. 68).

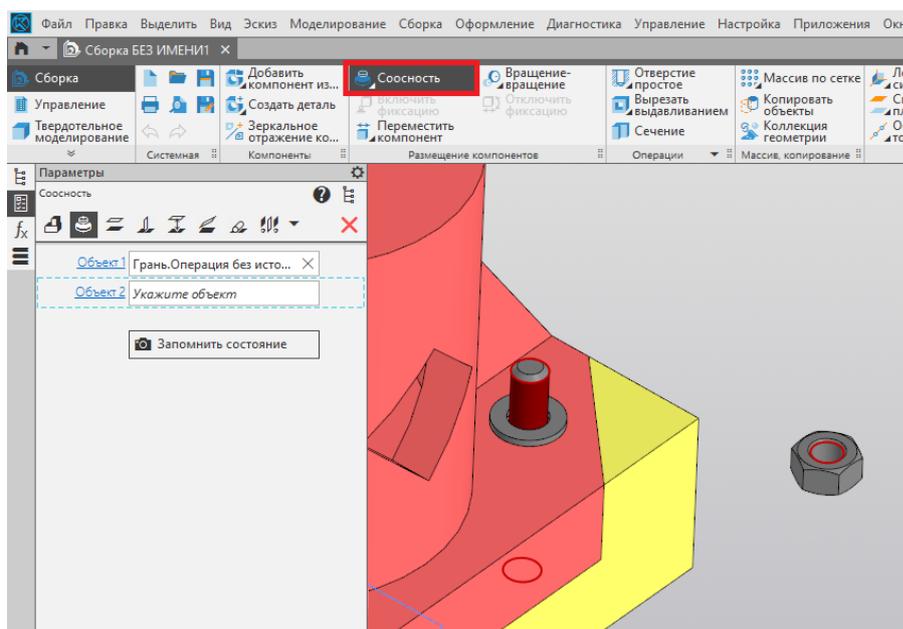


Рис. 68

21. После этого накладываем ограничение «Параллельность» для боковой грани основания и грани гайки (рис. 69).

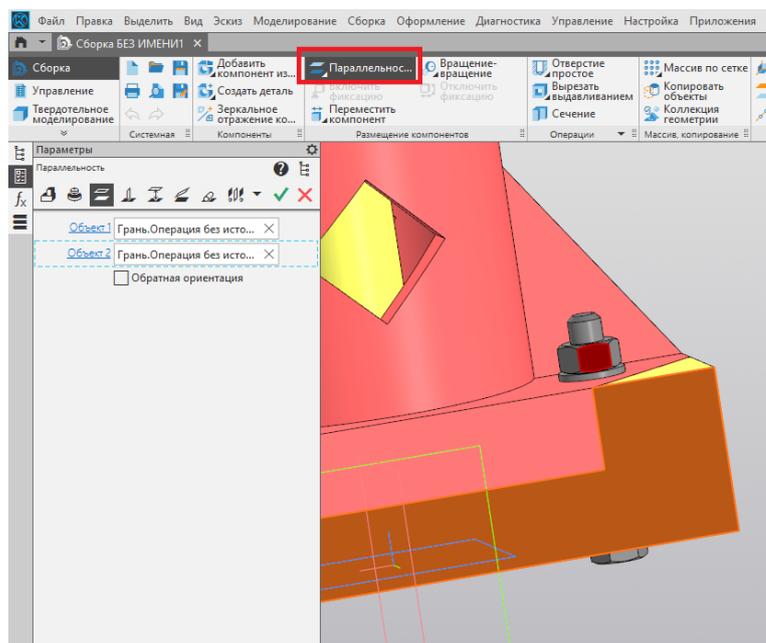


Рис. 69

22. Для добавления ещё трёх крепёжных элементов используем команду «Массив по сетке». Указываем элементы массива (болт, шайба, гайка), количество элементов по двум направлениям, расстояние между элементами. Подтверждаем команду нажатием на зелёную галочку (рис. 70).

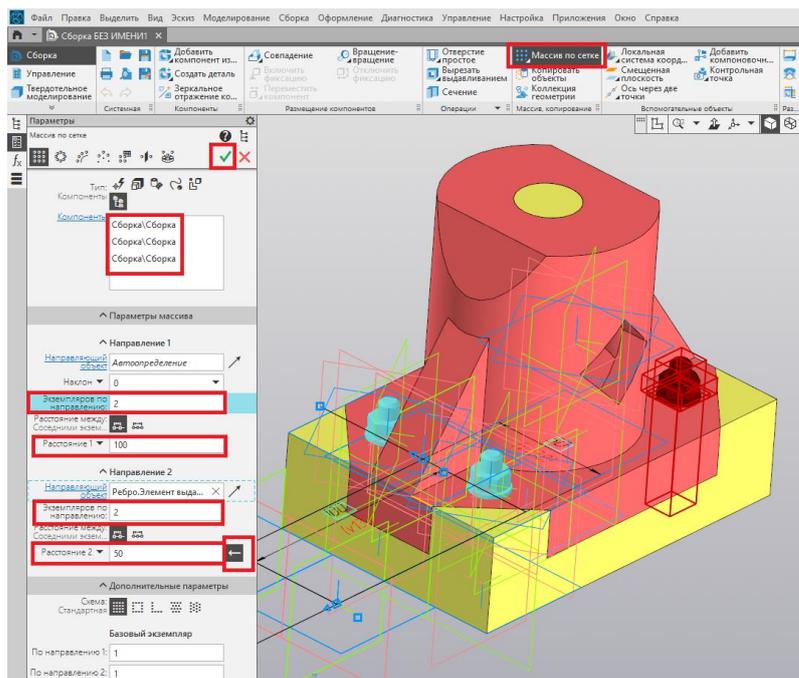


Рис. 70

23. Сохраняем итоговый файл сборки (рис. 71) в требуемом согласно заданию формате.

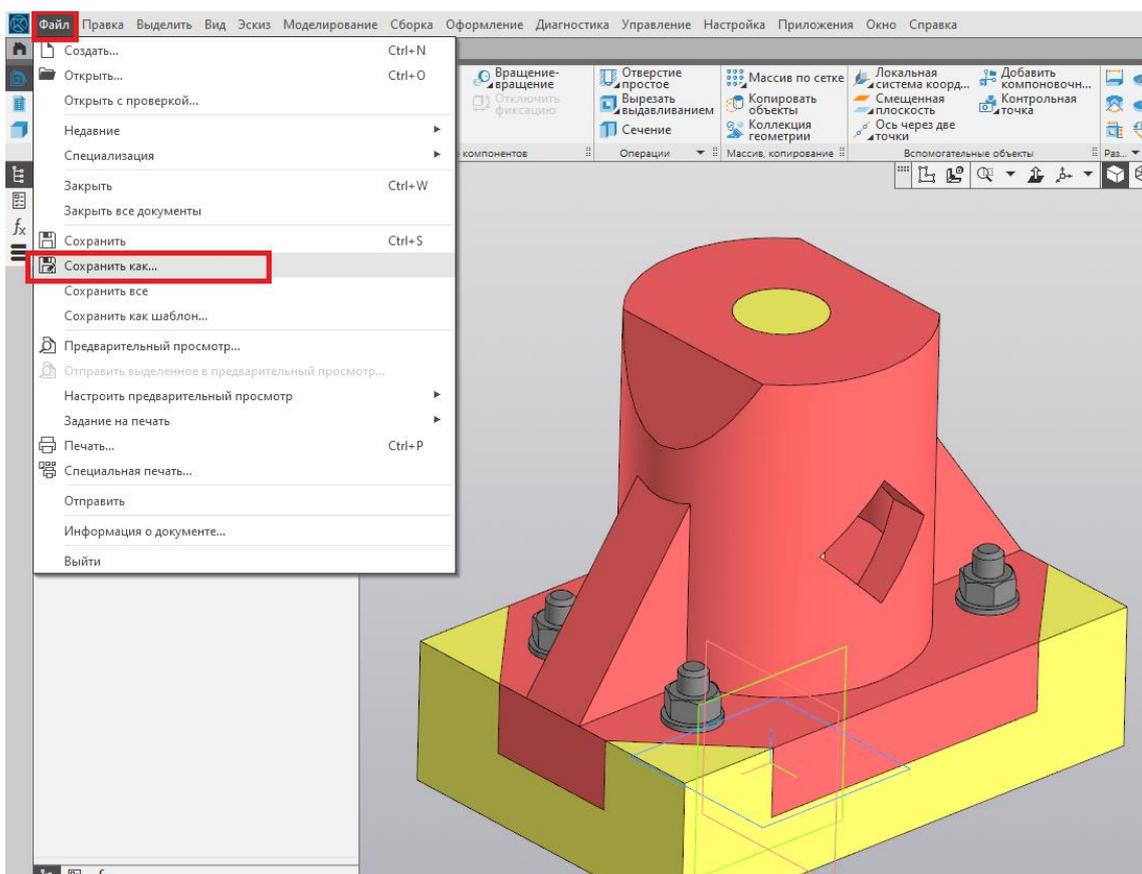


Рис. 71

УСЛОВИЕ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ВАРИАНТА 2

1. Постройте 3D-модель по заданному чертежу (рис. 72). Сохраните полученную модель детали в формате выбранной САПР: *.m3d для КОМПАС-3D или *.grs, *.grb для T-FLEX CAD.

2. Назначьте из библиотеки материалов для построенной модели детали материал *Сплав АЛ2 ГОСТ 1583-93* и определите площадь и объём созданной модели детали при помощи команд используемой САПР. Необходимо предоставить снимок экрана (скриншот) с требуемыми параметрами.

3. Импортируйте файл с 3D-моделью детали из САПР (КОМПАС-3D или T-FLEX CAD) в слайсер Ultimaker Cura.

В слайсере Ultimaker Cura задайте параметры для 3D-печати, указанные в Таблице 2. Параметры, не указанные в Таблице 2, остаются по умолчанию. Разместите 3D-модель таким образом, чтобы создалось наименьшее количество поддержек (определяется по времени печати). Прделанную работу необходимо сохранить в формате *.gcode, а также предоставить снимки (скриншоты) экрана с параметрами настроек.

Таблица 2. Параметры для 3D-печати

Параметр	Значение
Профиль	Fine
Диаметр сопла	0,4 мм
Высота первого слоя	0,2 мм
Высота слоя	0,2 мм
Ширина линии внутренней стенки	0,4 мм
Толщина стенки	1,2 мм
Плотность заполнения	70 %
Шаблон заполнения	Треугольник
Температура для объёма печати	50 °С
Температура сопла	210 °С
Температура стола	60 °С
Скорость печати	70 мм/с
Скорость вентилятора	70 %
Плотность поддержки	15 %
Шаблон поддержек	Зигзаг

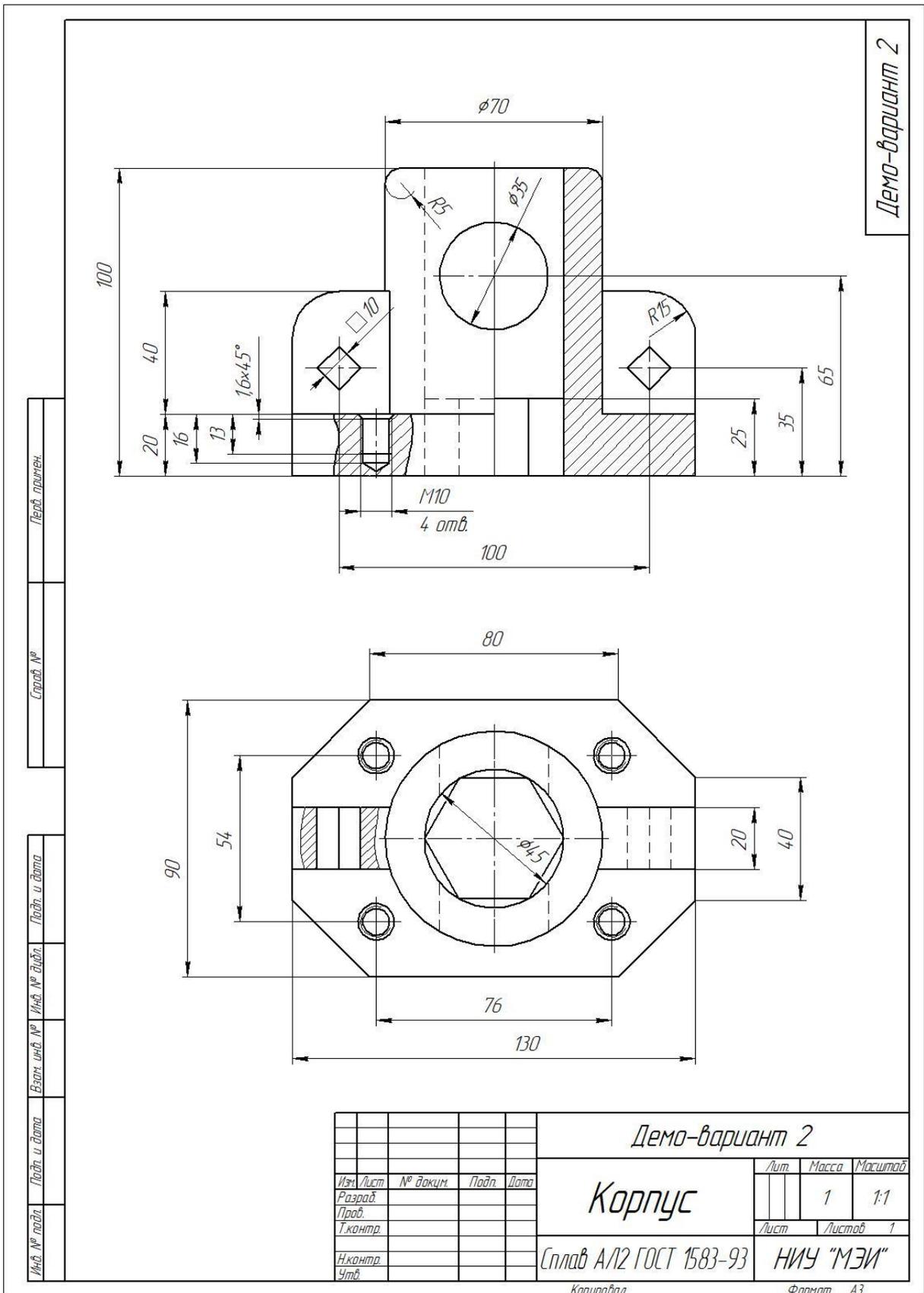


Рис. 72. Чертеж для создания 3D-модели

Критерии снижения оценки за выполнение заданий

Критерий	Количество снижаемых баллов
Ошибка в размере трёхмерной модели детали или отсутствие какого-либо элемента (ребро жёсткости, отверстие и т.д.)	-3 балла за каждую ошибку
Неверно назначен материал, указанный в задании	-5 баллов
Модель размещена на рабочем столе 3D-принтера таким образом, что количество поддержек не минимально	-10 баллов
Неверно задан любой из параметров трёхмерной печати	-1 балл за каждый параметр
Предоставление на проверку файлов в иных форматах, не указанных в задании	-10 баллов

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЯ №1

1. В САПР КОМПАС-3D создаём документ «Деталь» (рис. 73).

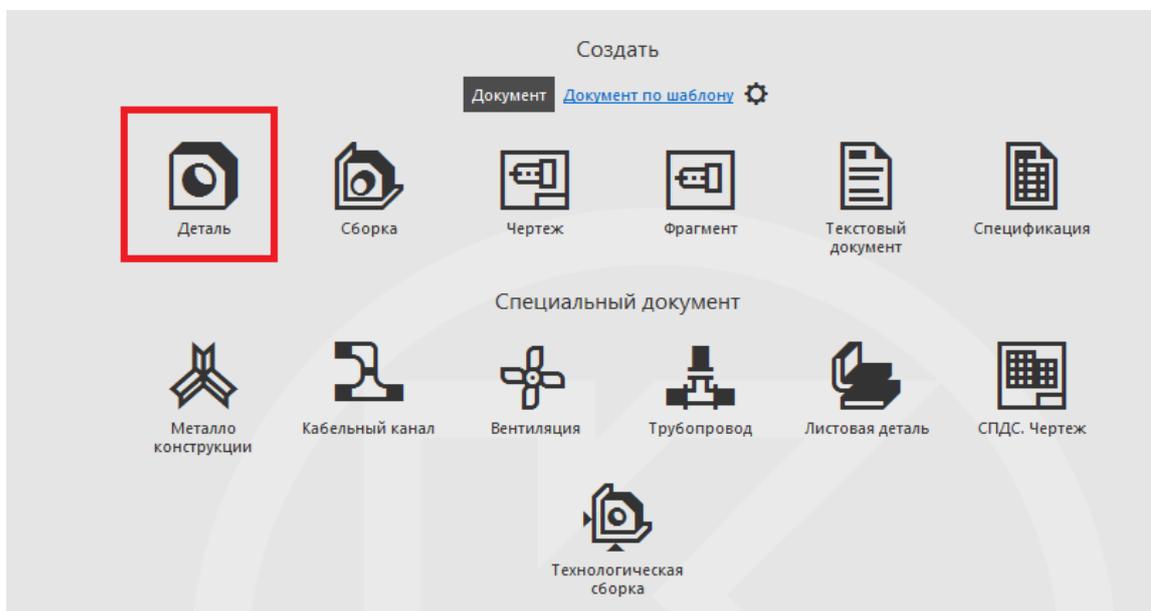


Рис. 73

2. Выбираем плоскость XY, создаём эскиз (рис. 74).

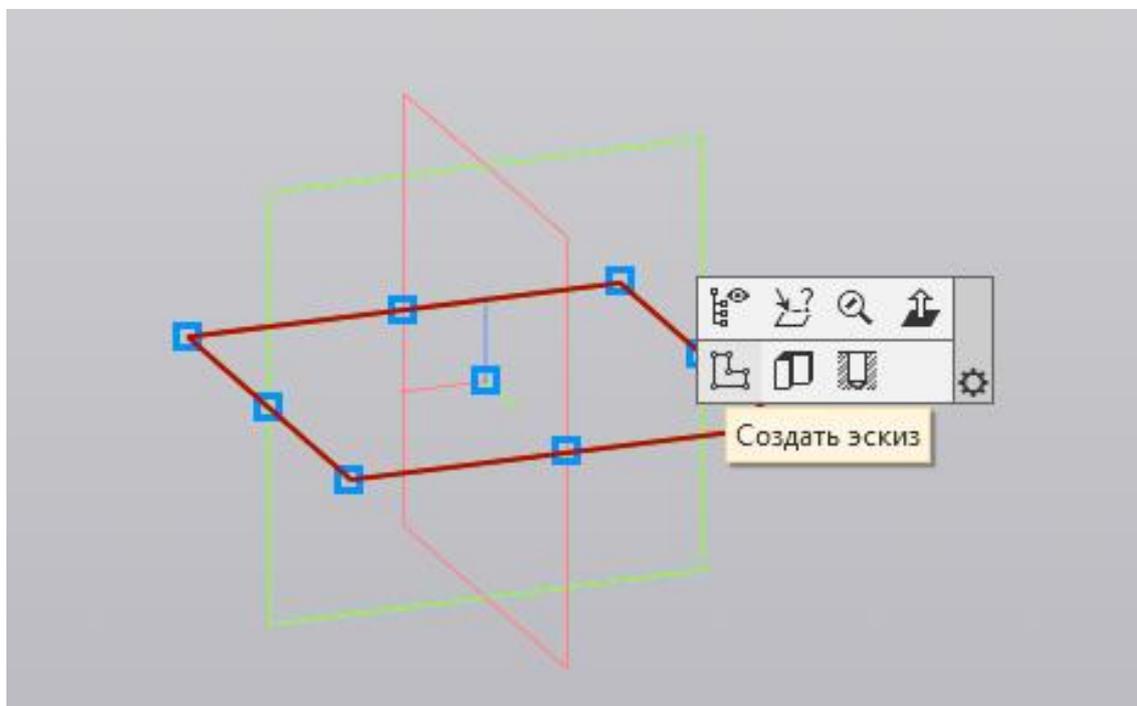


Рис. 74

3. Создаём эскиз основания детали при помощи команды «Прямоугольник по центру и вершине». Начало координат находится в точке

пересечения диагоналей (рис. 75).

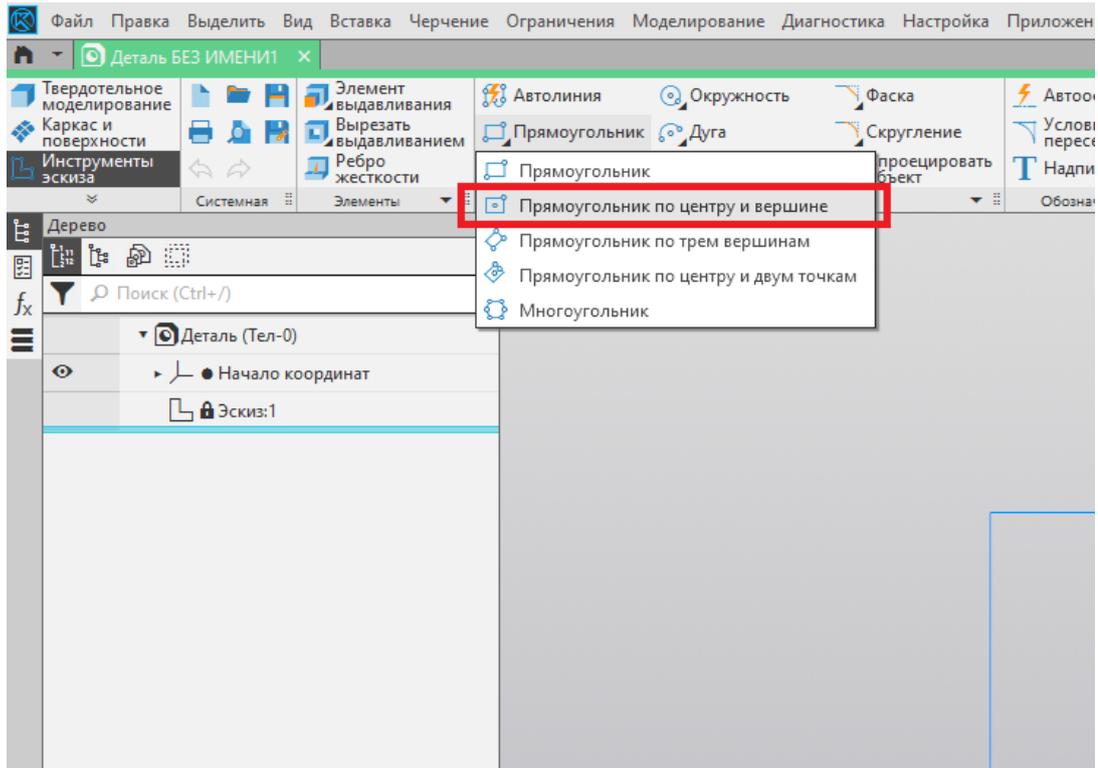


Рис. 75

4. Проставляем размеры основания и при помощи команды «Фаска» отсекаем углы прямоугольника (рис. 76).

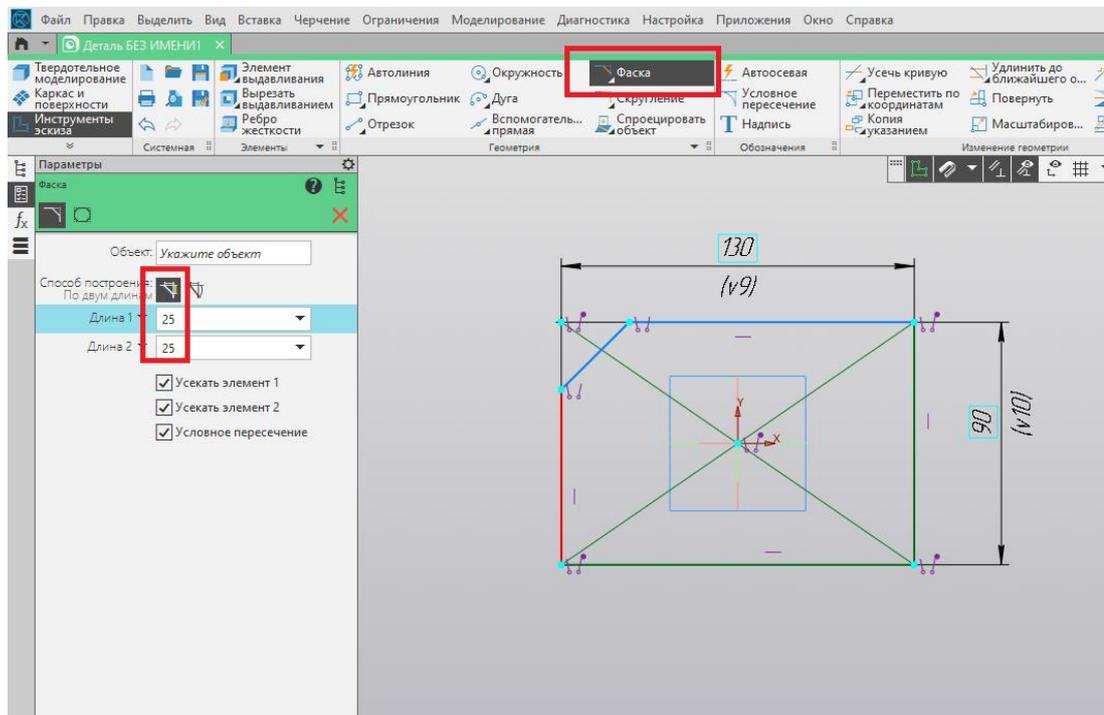


Рис. 76

5. Завершаем построение эскиза нажатием на пиктограмму «Создать эскиз» (рис. 77).

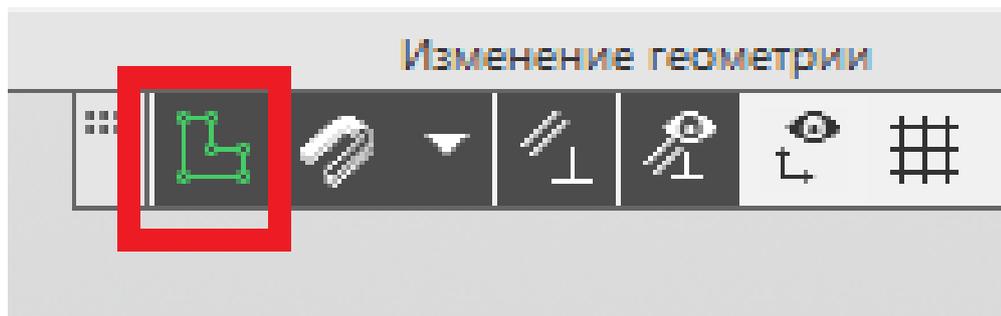


Рис. 77

6. Выдавливаем контур основания на высоту 20 мм при помощи команды «Элемент выдавливания». Завершаем выполнение команды нажатием на зелёную галочку (рис. 78).

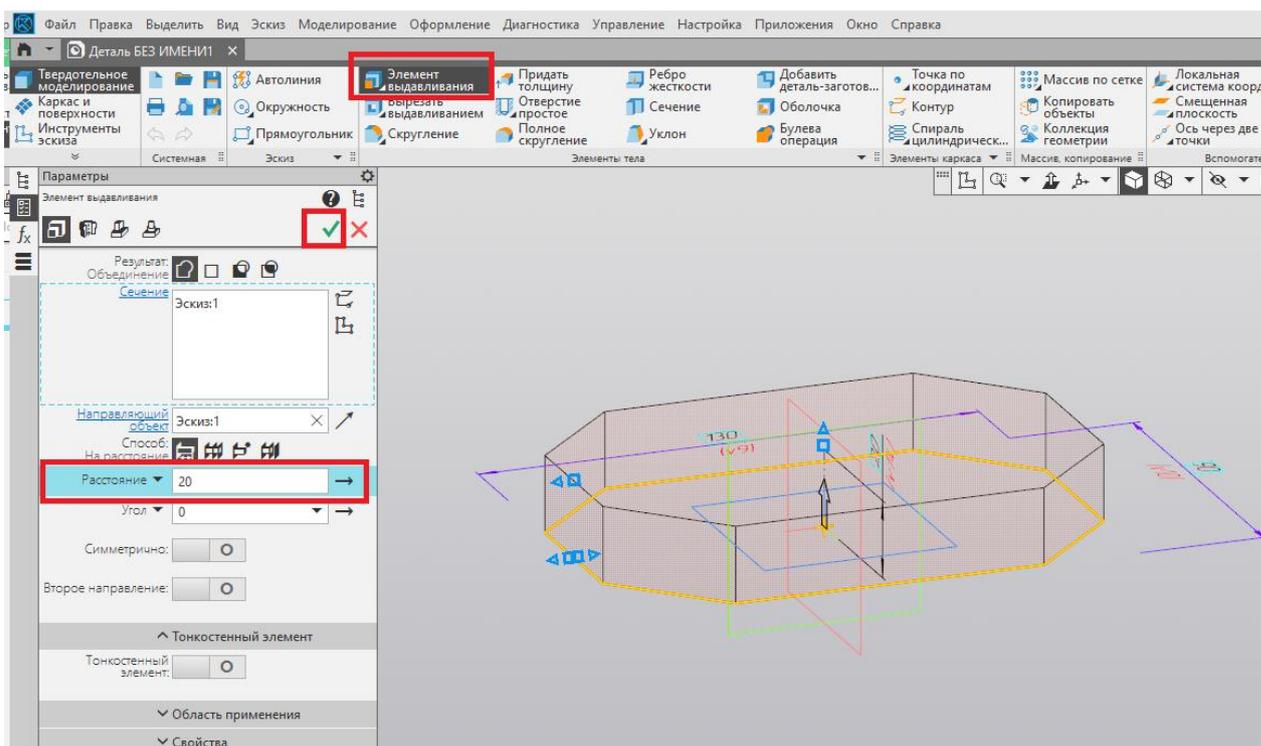


Рис. 78

7. На верхней плоскости основания создаём ещё один эскиз (рис. 79).

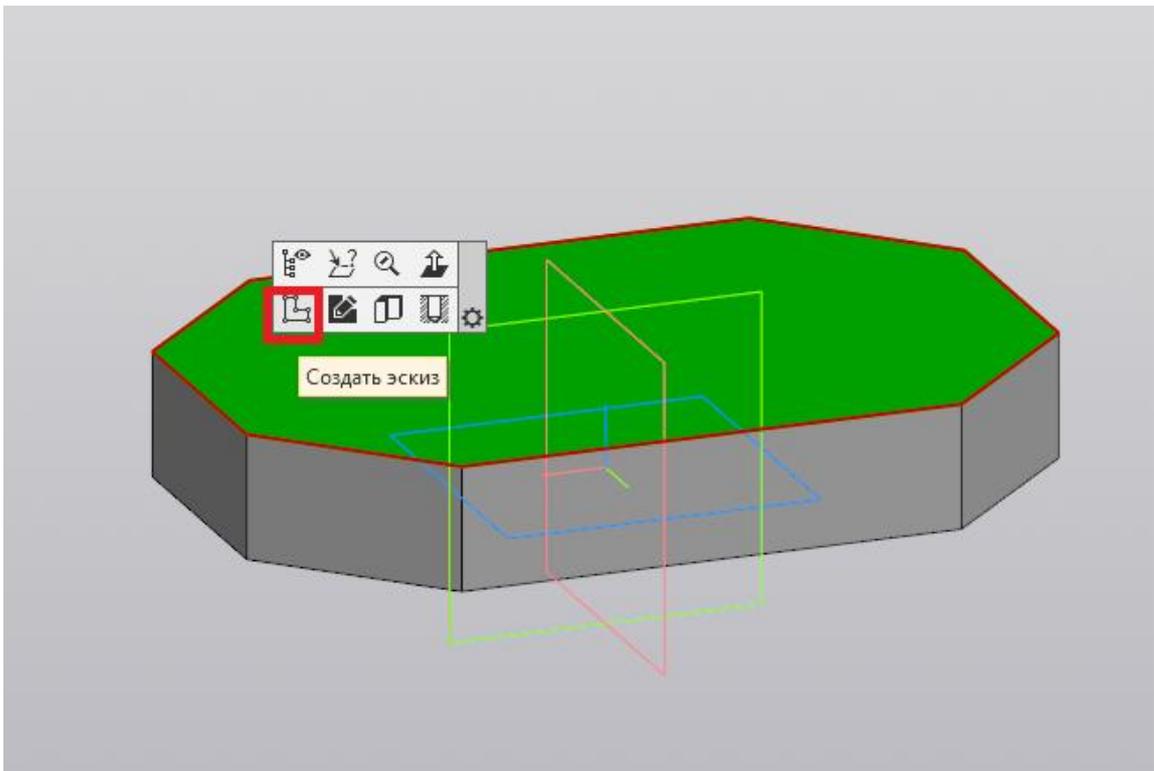


Рис. 79

8. Из начала координат строим окружность диаметром 70 мм при помощи команды «Окружность» (рис. 80).

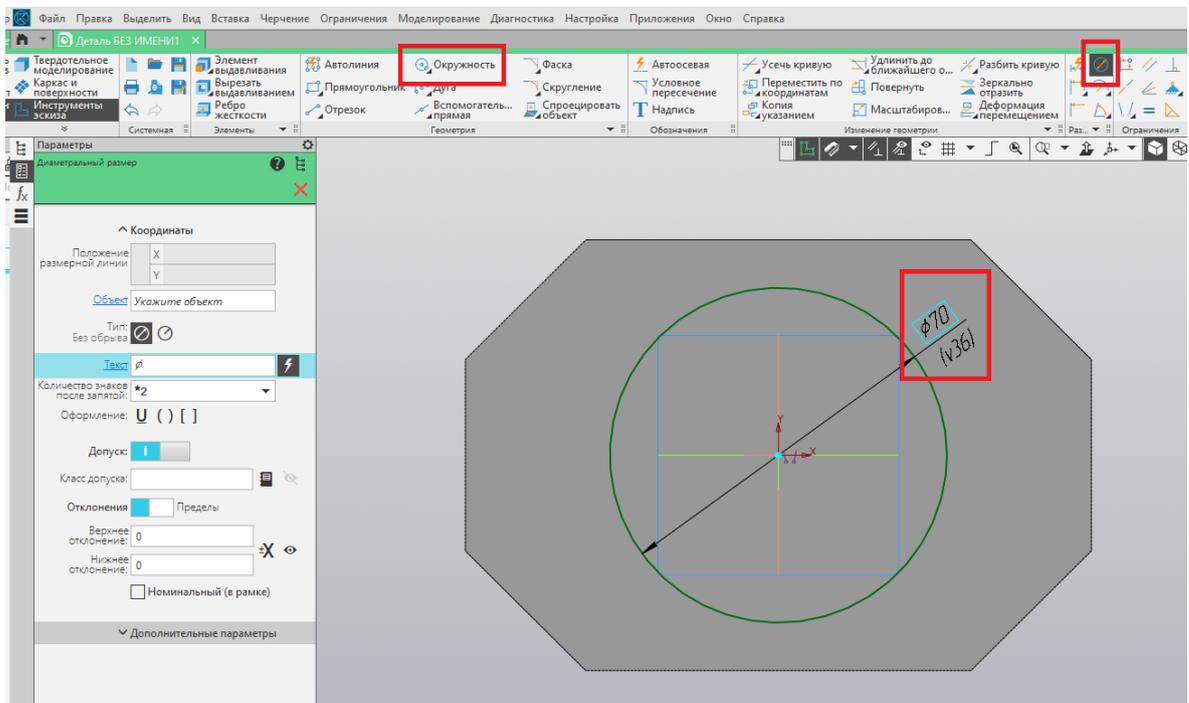


Рис. 80

9. Завершаем построение эскиза, нажатием на пиктограмму «Создать эскиз» (рис. 81).

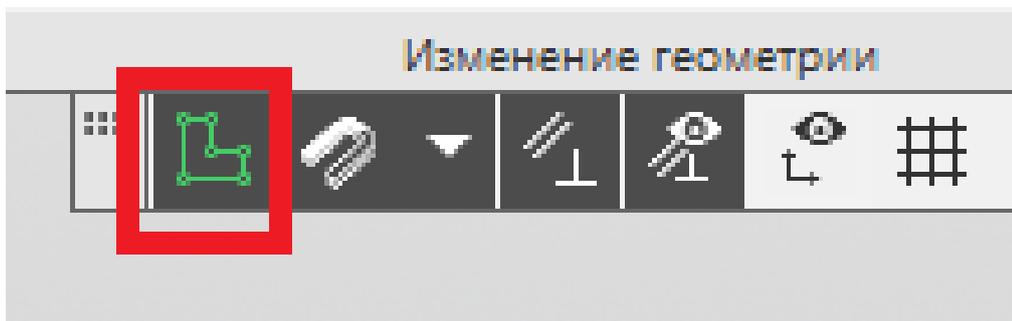


Рис. 81

10. При помощи команды «Элемент выдавливания» выдавливаем эскиз с окружностью на высоту 80 мм. Завершаем выполнение команды нажатием на зелёную галочку (рис. 82).

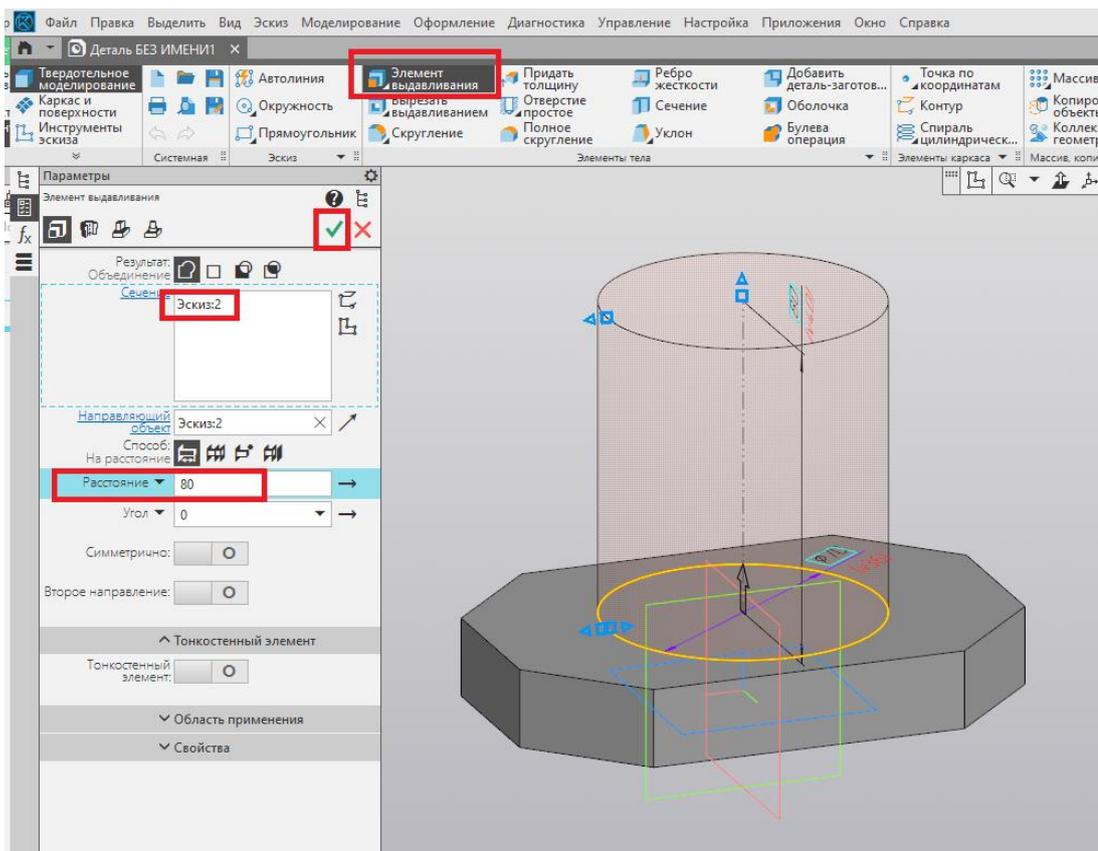


Рис. 82

11. В плоскости ZX создаём новый эскиз (рис. 83).

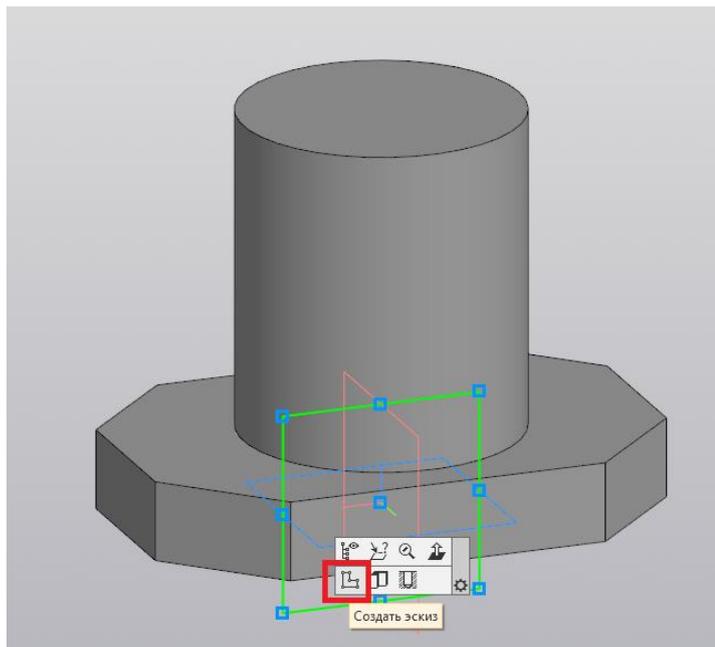


Рис. 83

12. При помощи команды «Отрезок» строим контур для ребра жёсткости (рис. 84).

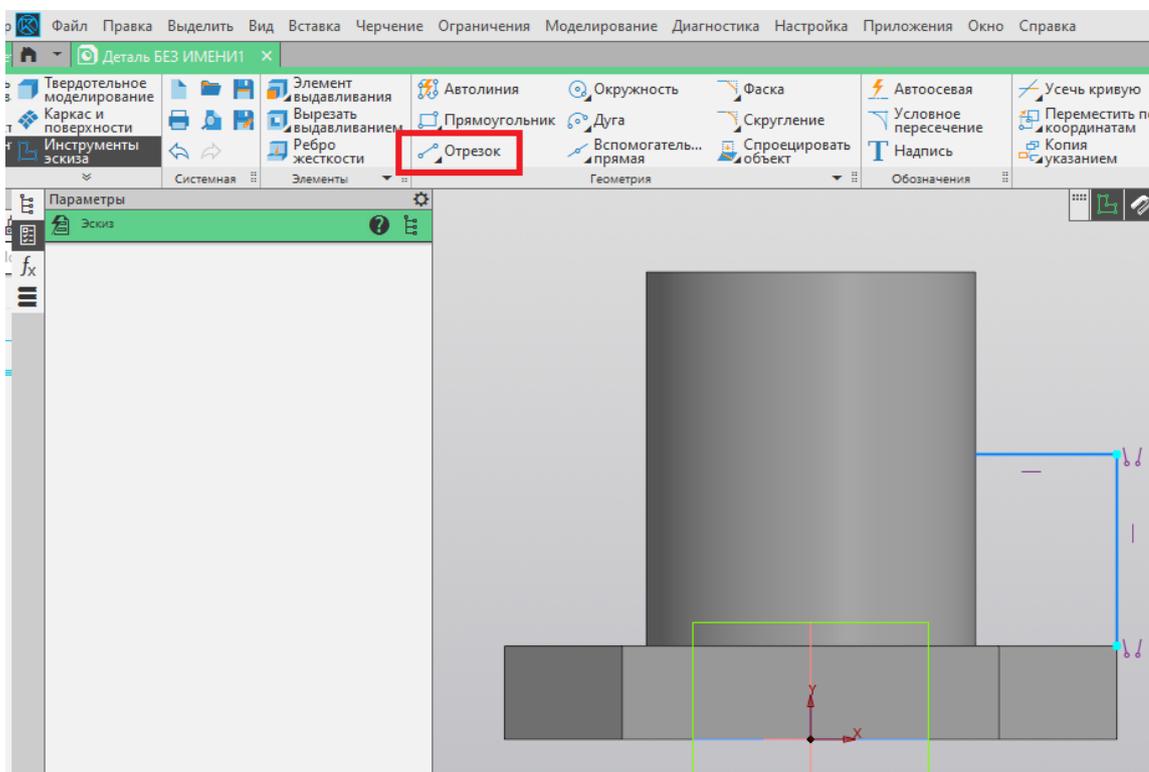


Рис. 84

13. При помощи команды «Скругление» сопрягаем два отрезка окружностью радиусом 15 мм (рис. 85).

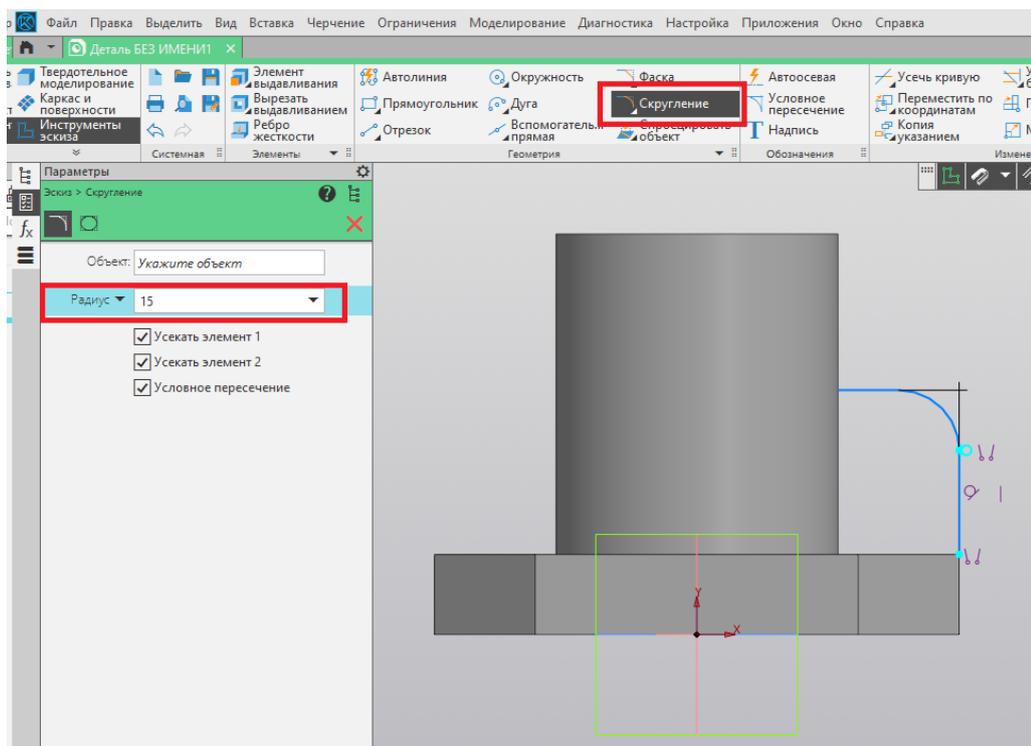


Рис. 85

14. Завершаем построение эскиза нажатием на пиктограмму «Создать эскиз» (рис. 86).

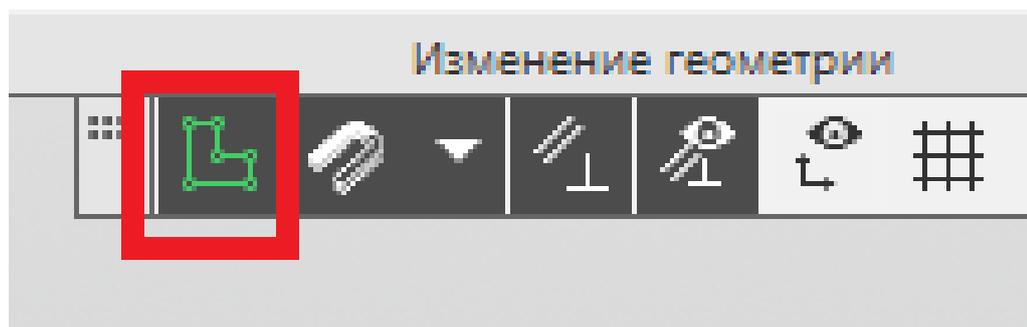


Рис. 86

15. При помощи команды «Ребро жёсткости» выполняем построение ребра жёсткости толщиной 20 мм. Завершаем выполнение команды нажатием на зелёную галочку (рис. 87).

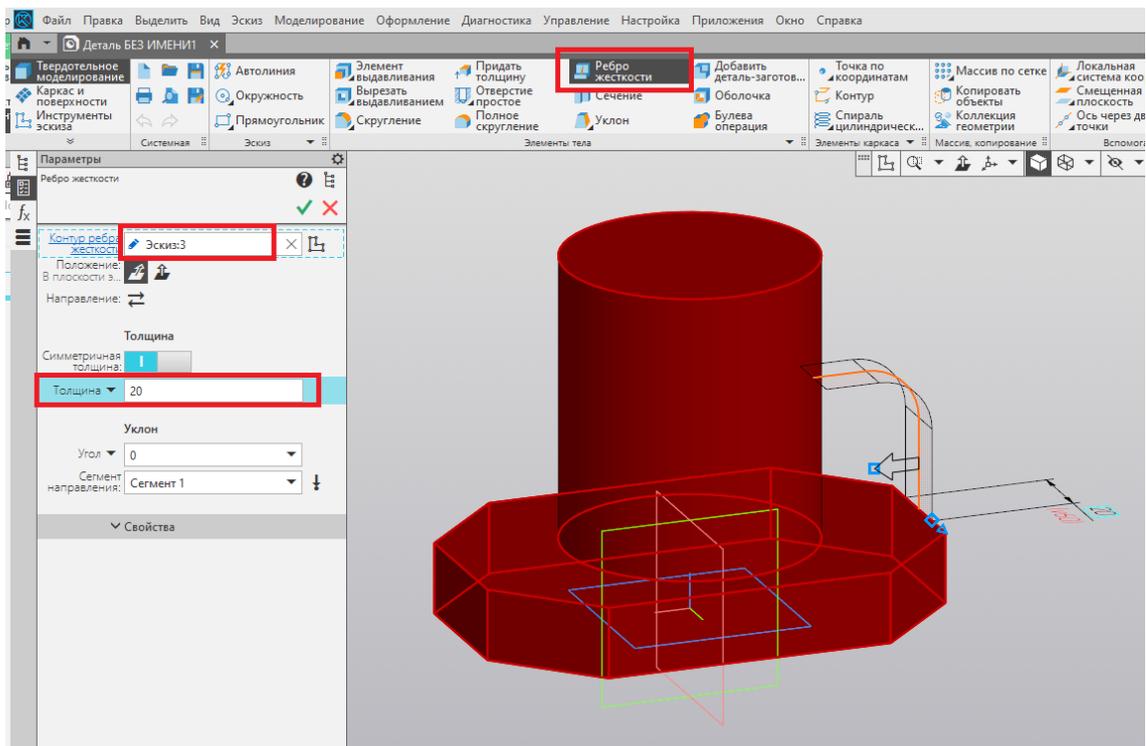


Рис. 87

16. При помощи команды «Зеркальный массив» отражаем ребро жёсткости относительно плоскости ZY. Завершаем выполнение команды нажатием на зелёную галочку (рис. 88).

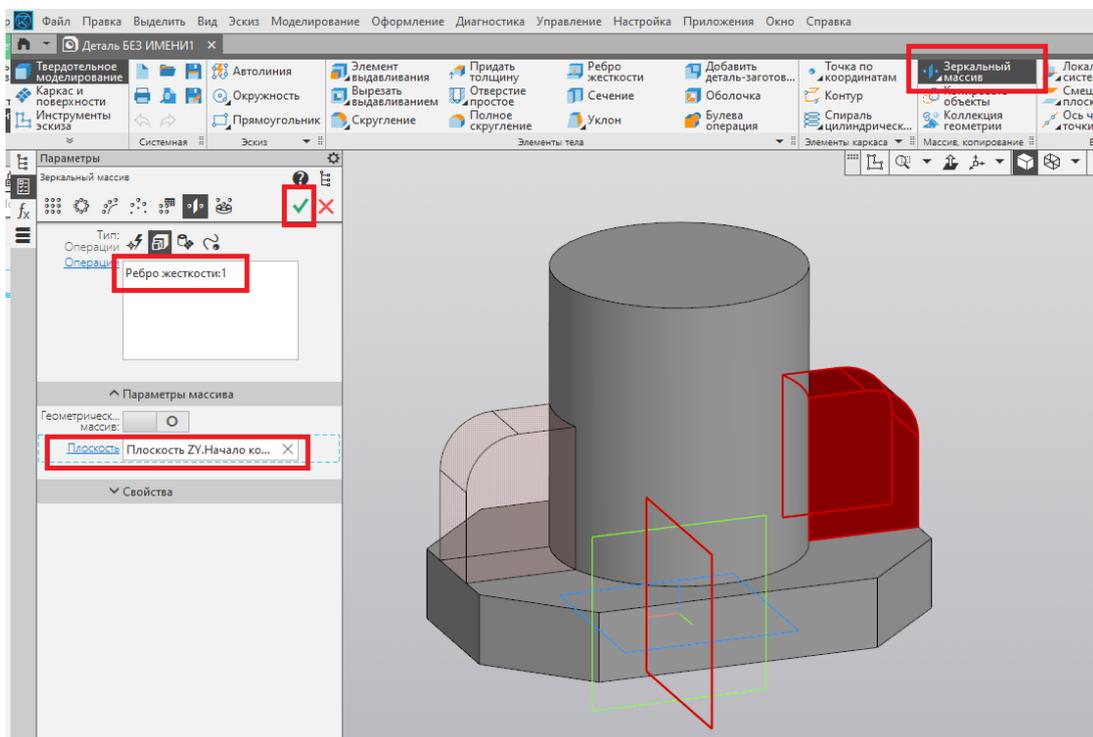


Рис. 88

17. В нижней части основания создаём новый эскиз (рис. 89).

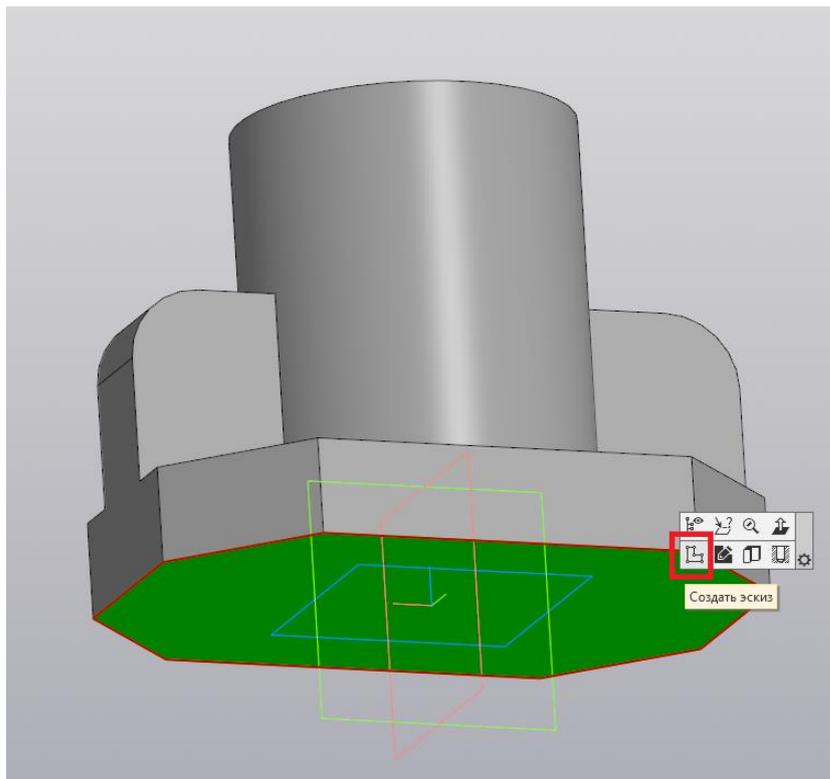


Рис. 89

18. При помощи команды «Многоугольник» создаём шестиугольник с диаметром описанной окружности, равным 45 мм (рис. 90).

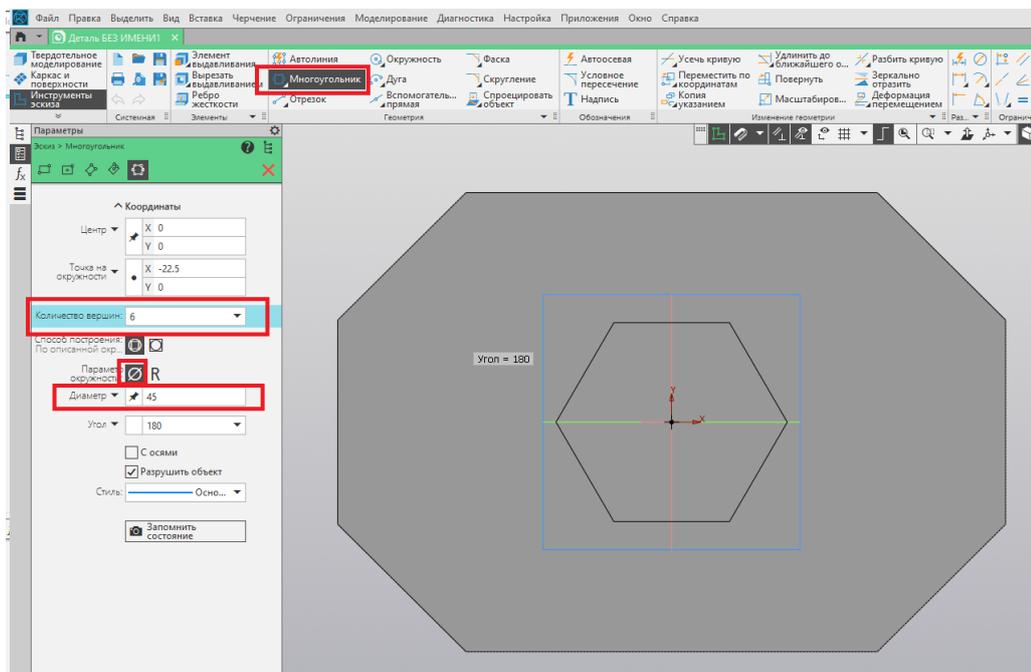


Рис. 90

19. Завершаем построение эскиза нажатием на пиктограмму «Создать эскиз» (рис. 91).

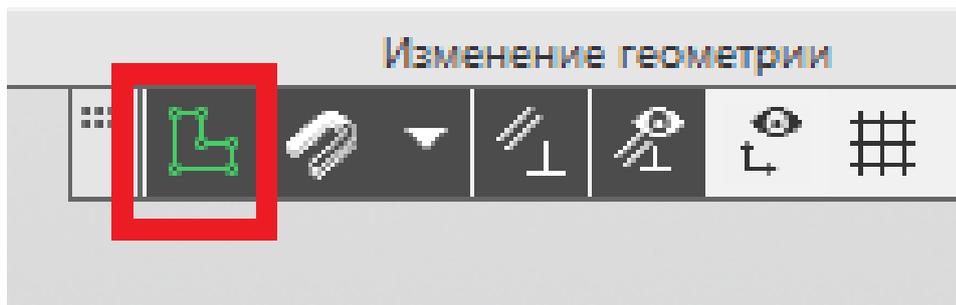


Рис. 91

20. При помощи команды «Вырезать выдавливанием» вырезаем отверстие высотой 25 мм. Завершаем выполнение команды нажатием на зелёную галочку (рис. 92).

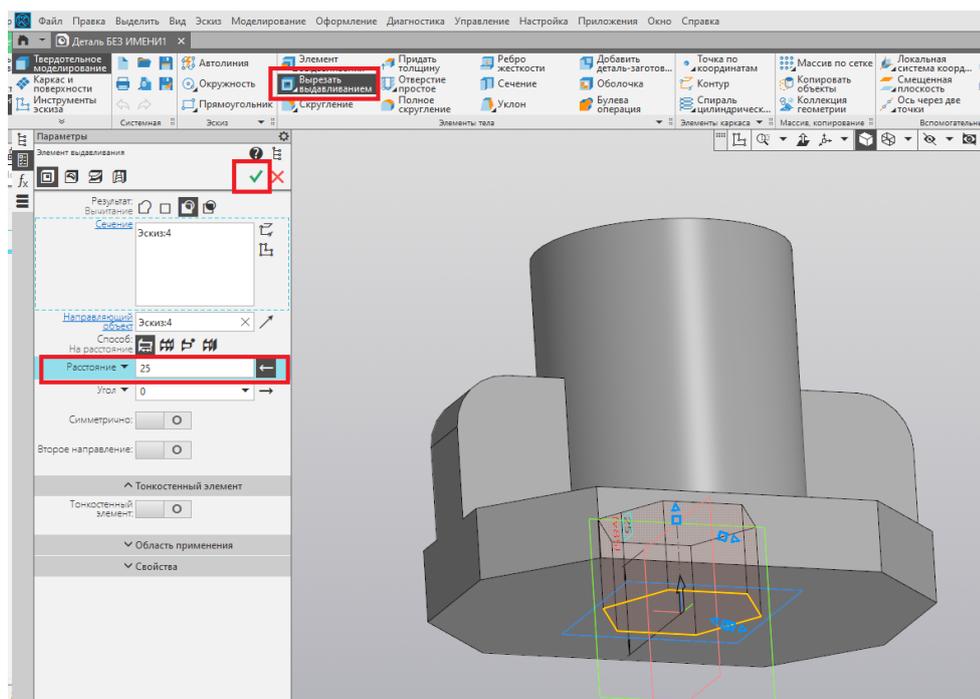


Рис. 92

21. В указанной грани создаём ещё один эскиз (рис. 93).

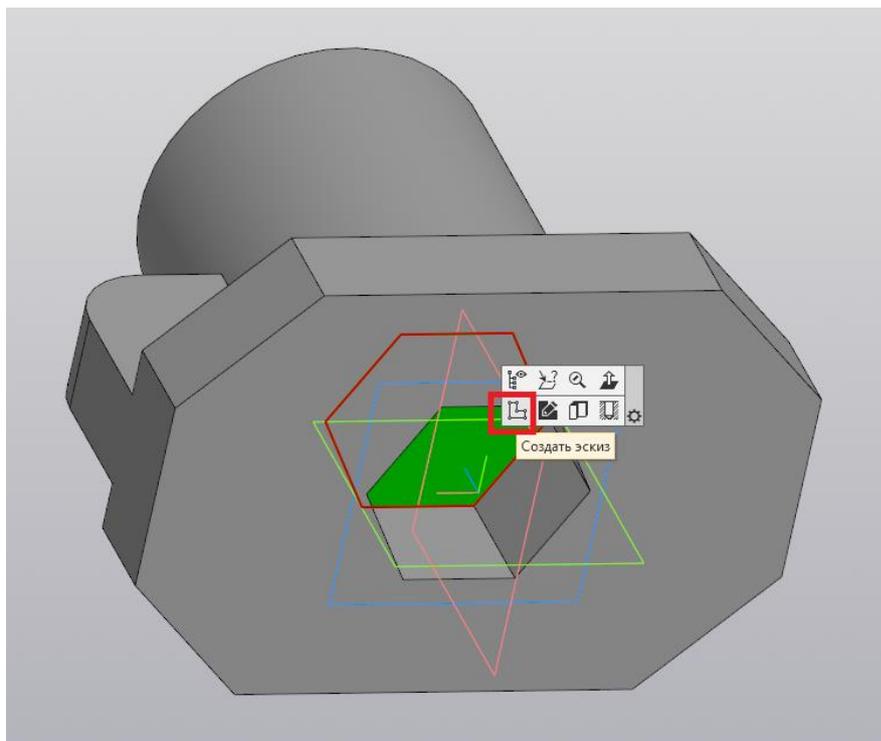


Рис. 93

22. При помощи команды «Окружность» создаём окружность диаметром 45 мм с центром в начале координат (рис. 94).

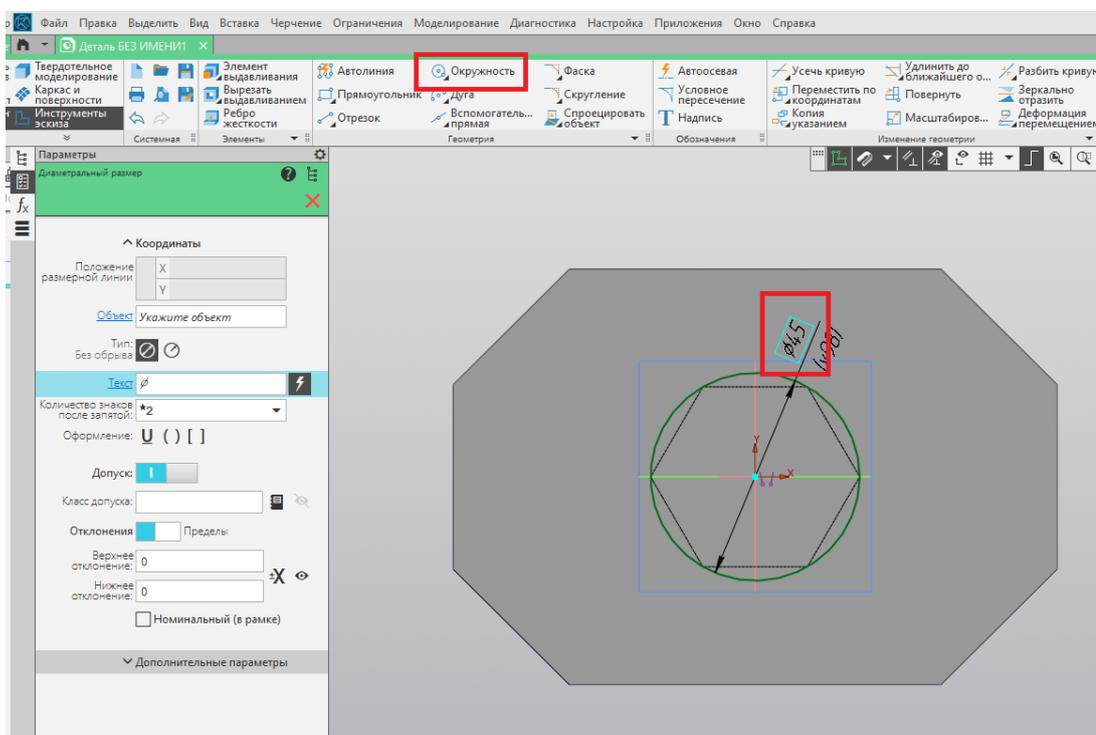


Рис. 94

23. При помощи команды «Вырезать выдавливанием» выполняем сквозное цилиндрическое отверстие (рис. 95).

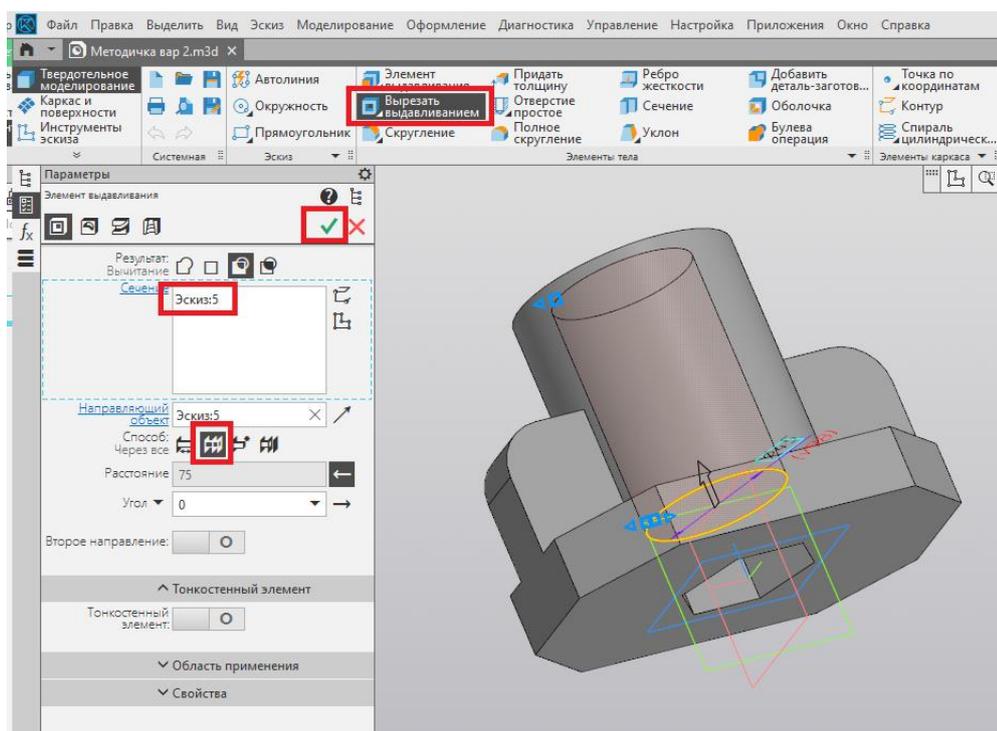


Рис. 95

24. Для того, чтобы увидеть внутреннее строение детали используем пиктограмму «Отобразить сечение модели» (рис. 96).

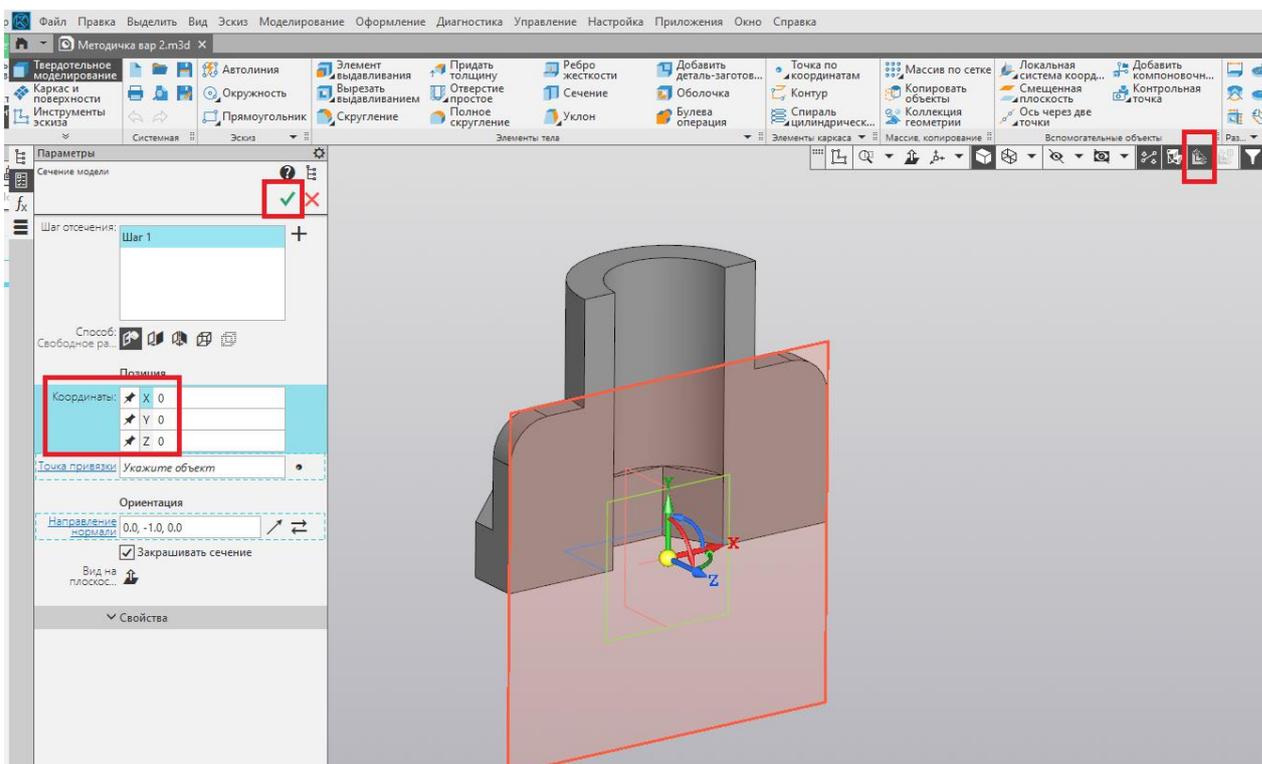


Рис. 96

25. При повторном нажатии данной пиктограммы сечение исчезает (рис. 97).

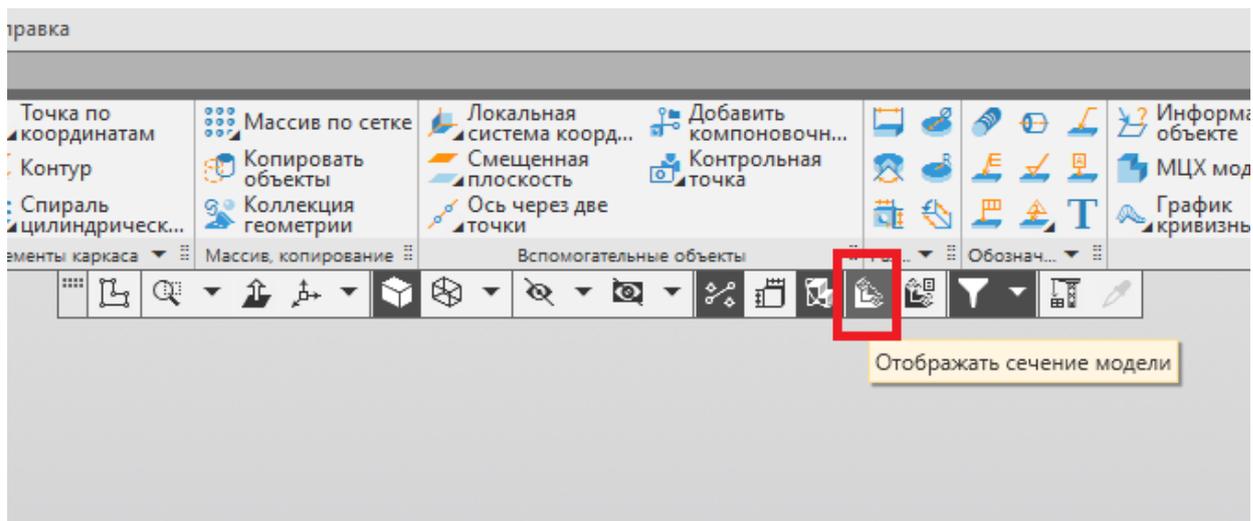


Рис. 97

26. При помощи команды «Скругление» добавим скругление радиусом 5 мм для верхней кромки цилиндра (рис. 98).

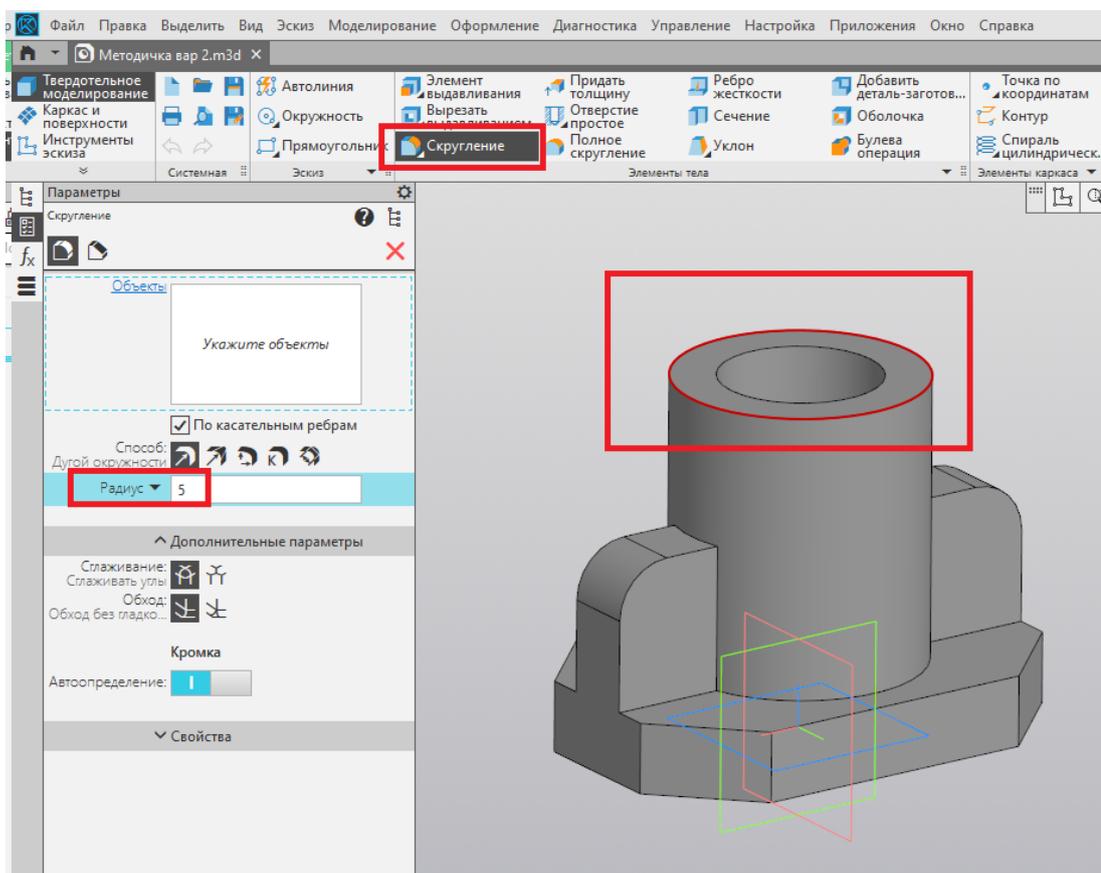


Рис. 98

27. Создадим эскиз на одной из граней ребра жёсткости (рис. 99).

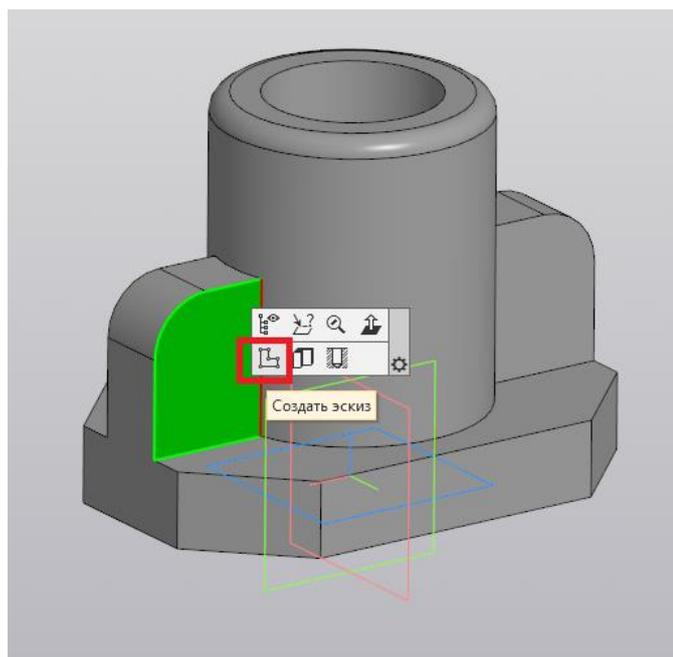


Рис. 99

28. Проведём вертикальную осевую линию из начала координат и два вспомогательных отрезка, обозначающих центр будущего призматического отверстия (рис. 100).

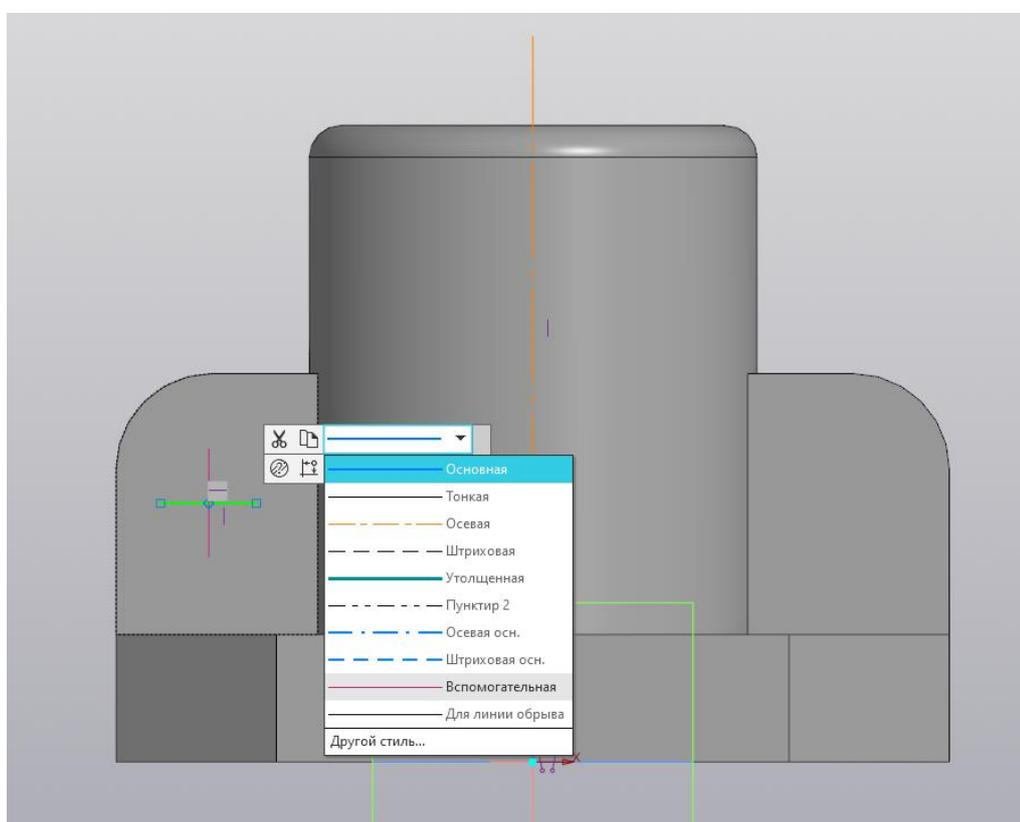


Рис. 100

29. При помощи команды «Многоугольник» создадим квадрат со стороной 10 мм (рис. 101).

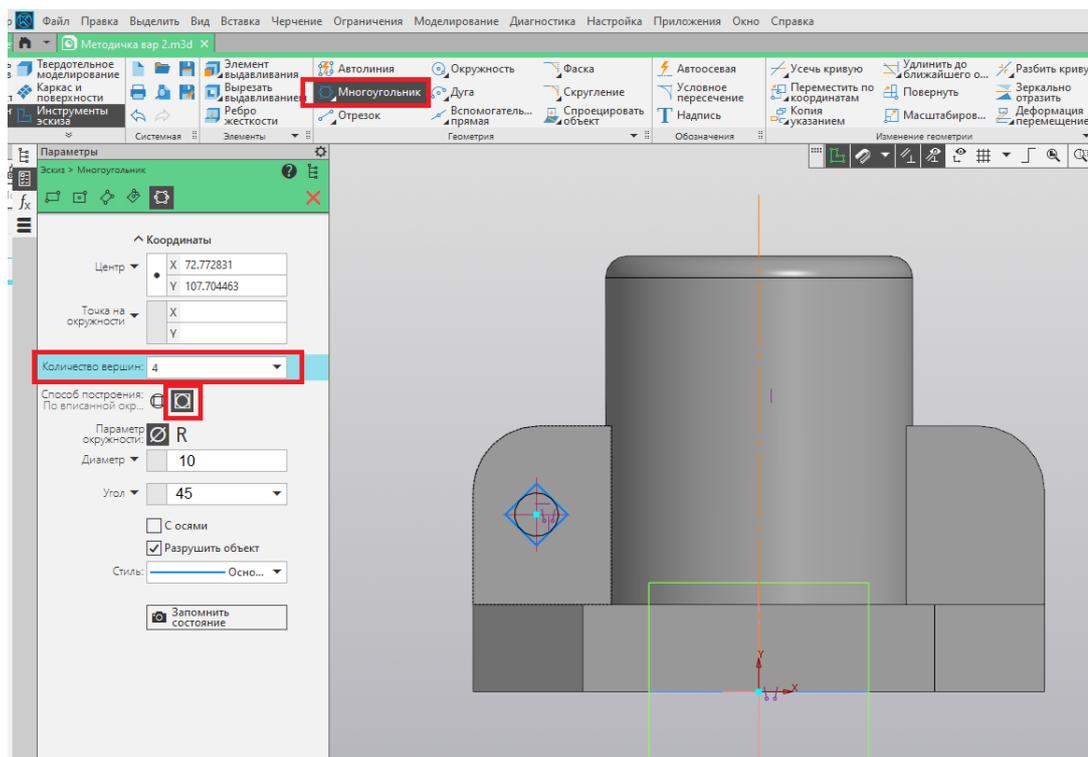


Рис. 101

30. Далее вызовем команду «Зеркально отразить» и выделим контур квадрата. Подтвердим выбор нажатием зелёной галочки (рис. 102).

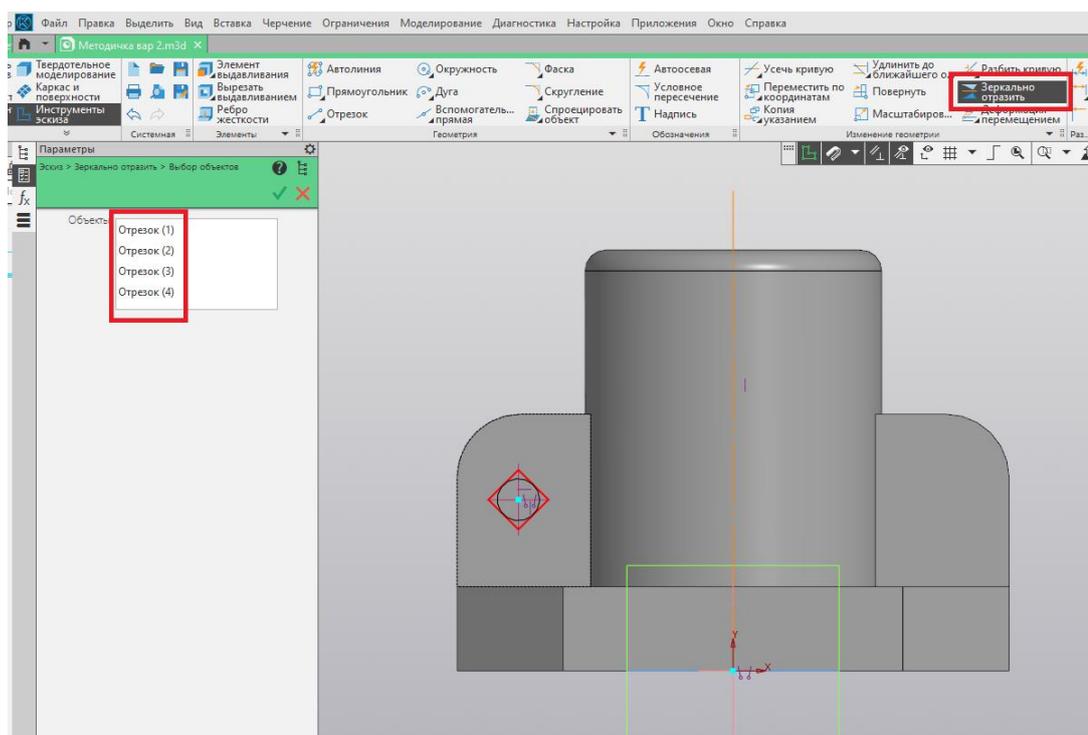


Рис. 102

31. Выделим ось отражения и создадим симметричный квадрат (рис. 103).

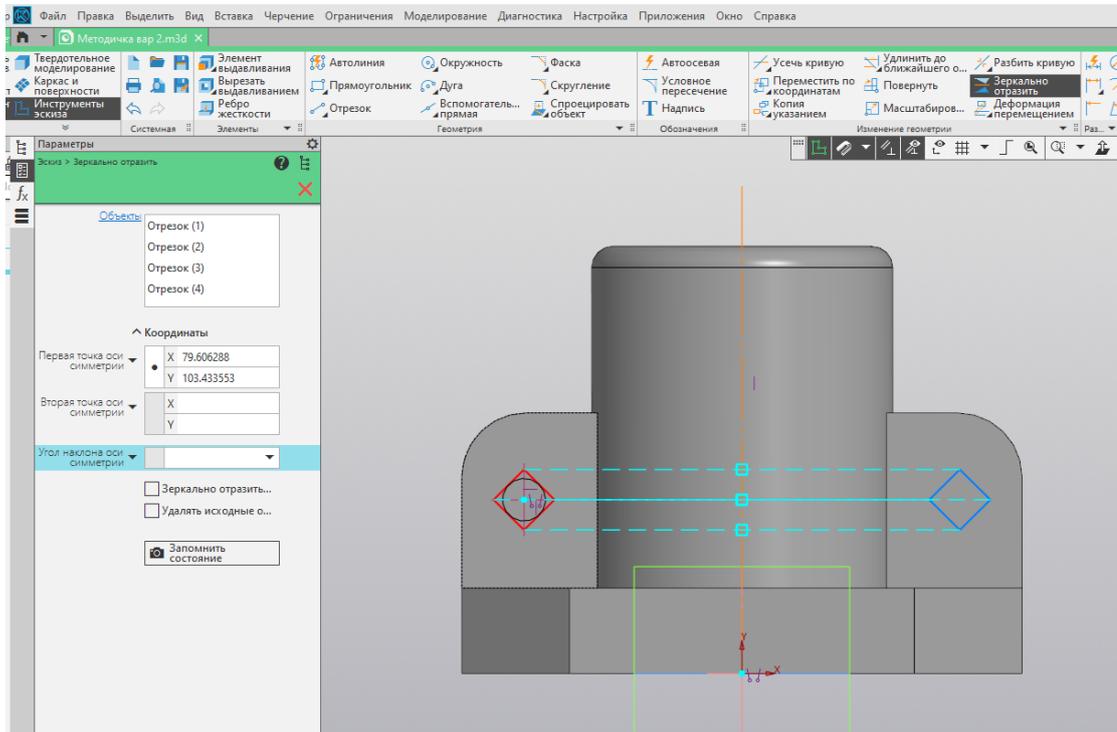


Рис. 103

32. Установим необходимые размеры при помощи команды «Авторазмер» (рис. 104).

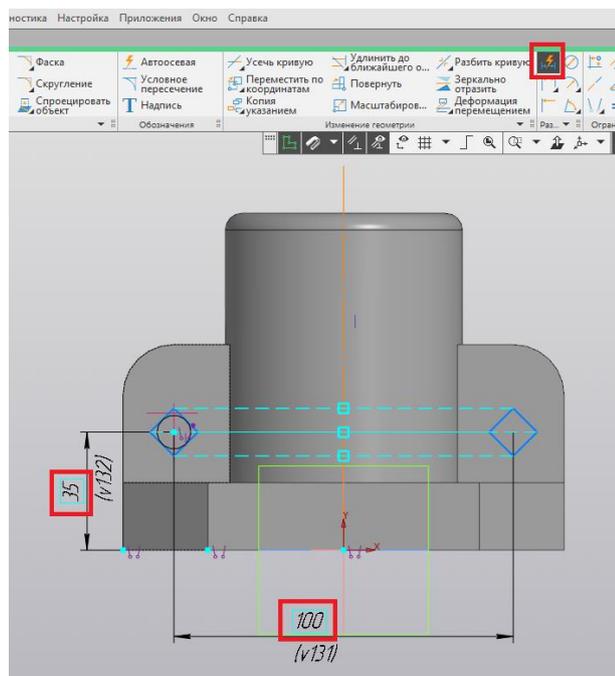


Рис. 104

33. При помощи команды «Вырезать выдавливанием» вырезаем два сквозных призматических отверстия (рис. 105).

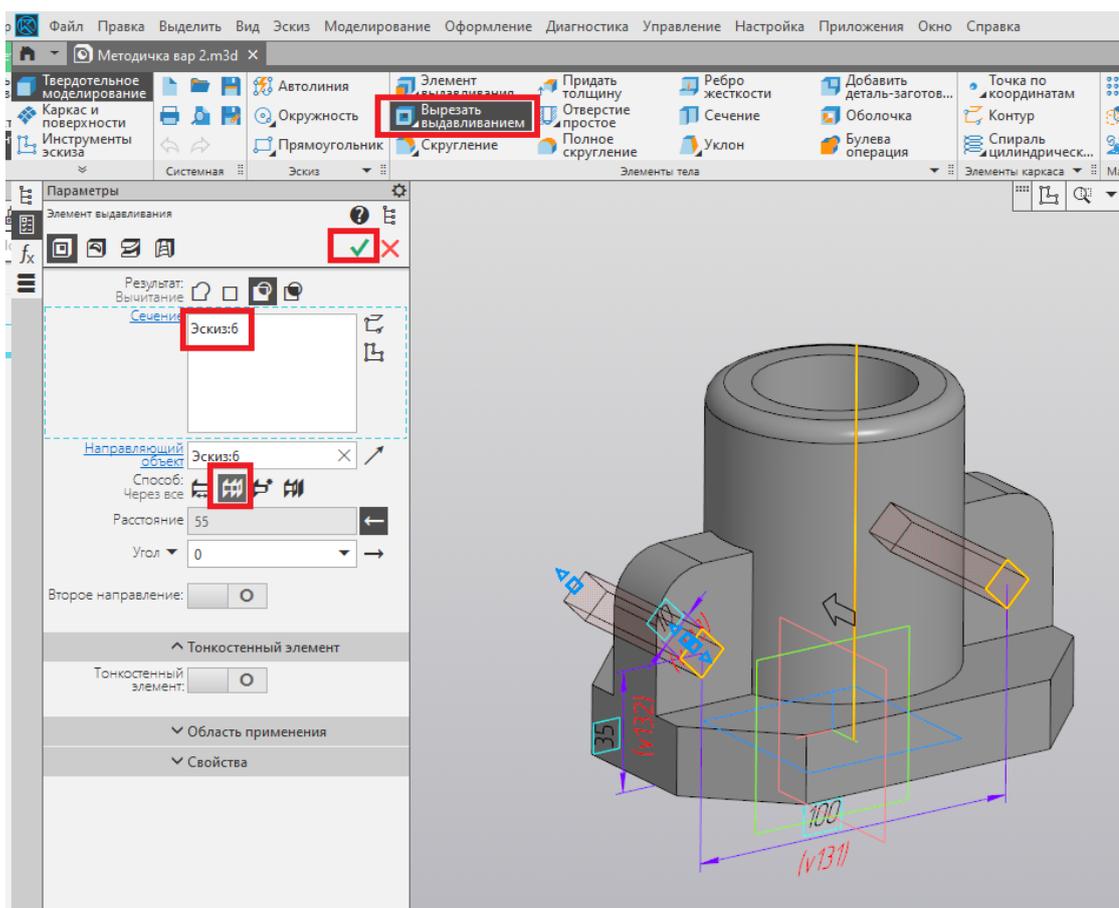


Рис. 105

34. На верхней грани основания создаём ещё один эскиз (рис. 106).

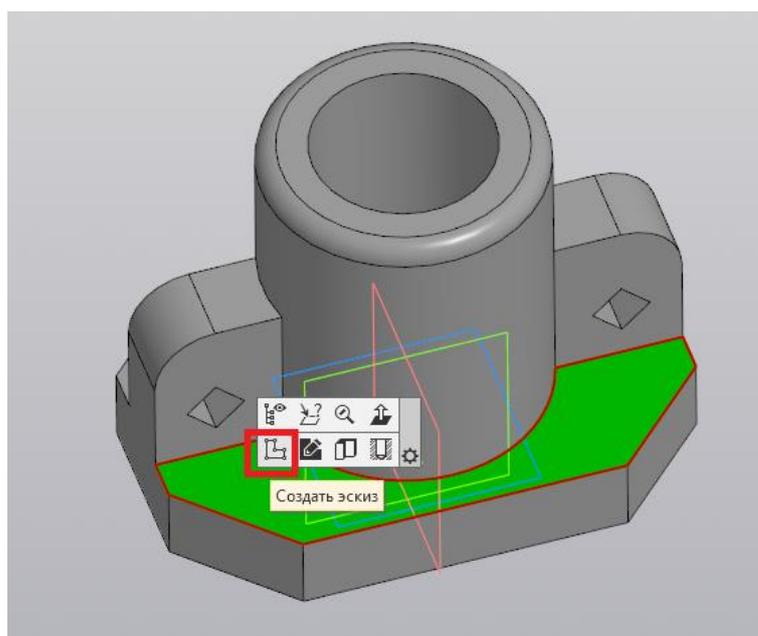


Рис. 106

35. Выбираем команду «Точка» (рис. 107).

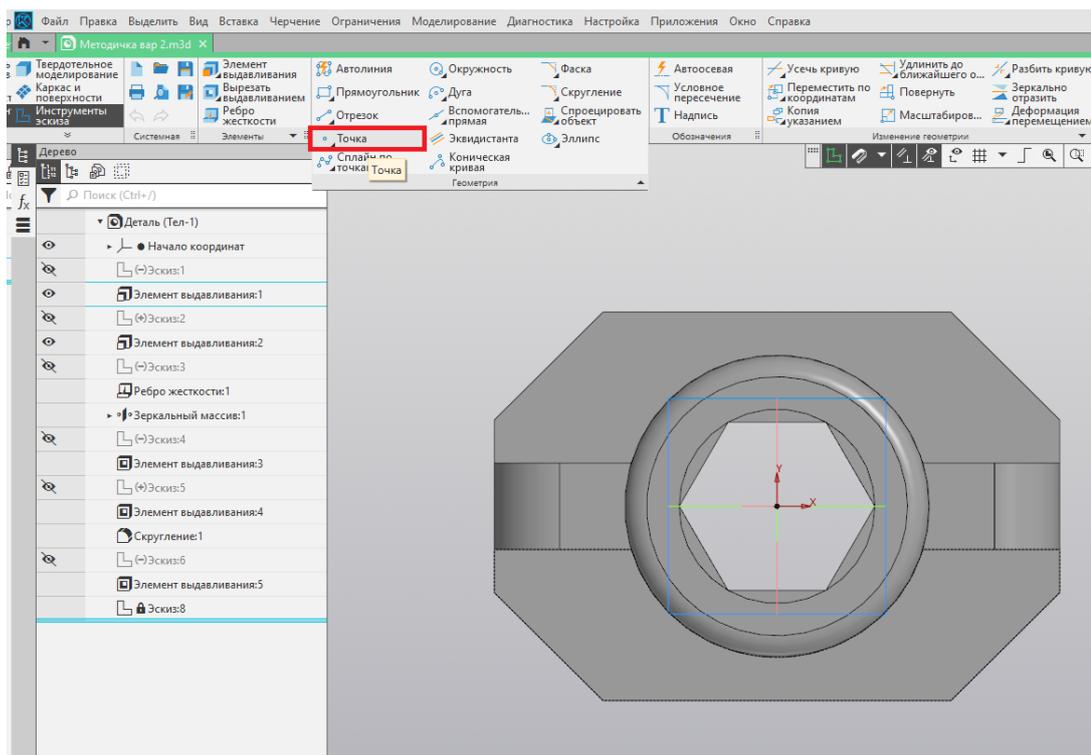


Рис. 107

36. Ставим точку и при помощи команды «Авторазмер» задаём необходимые размеры (рис. 108).

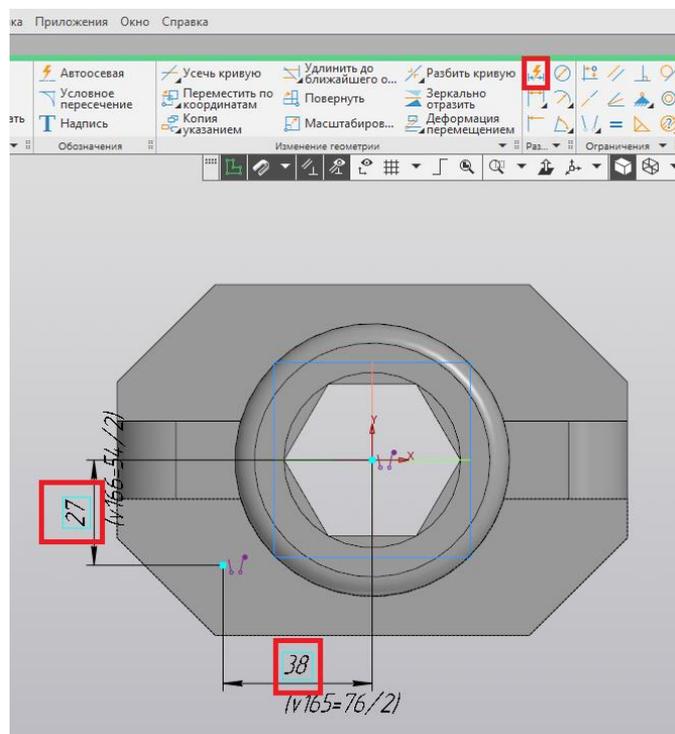


Рис. 108

37. Завершаем построение эскиза нажатием на пиктограмму «Создать эскиз» (рис. 109).

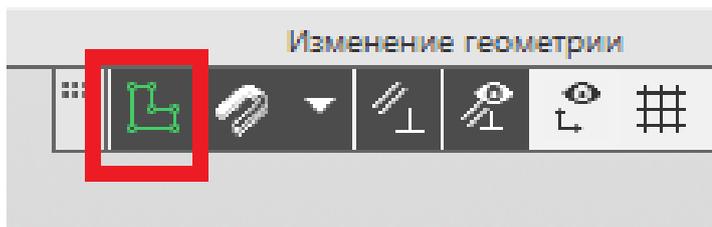


Рис. 109

38. Далее используем команду «Отверстие с зенковкой». Задаём параметры резьбового отверстия и привязываем его к точке (рис. 110).

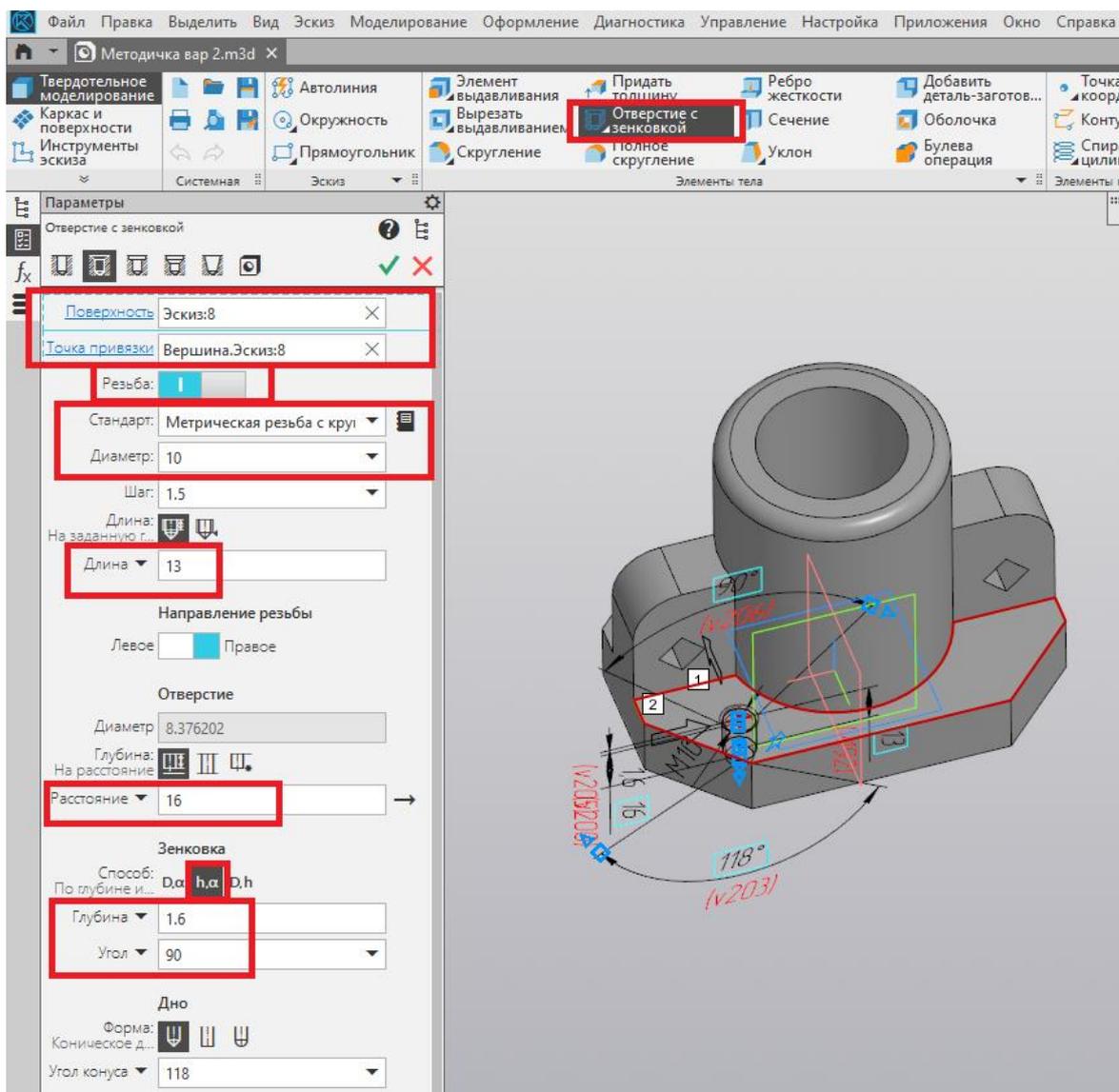


Рис. 110

39. При помощи команды «Зеркальный массив» отображаем отверстие относительно плоскости ZY (рис. 111).

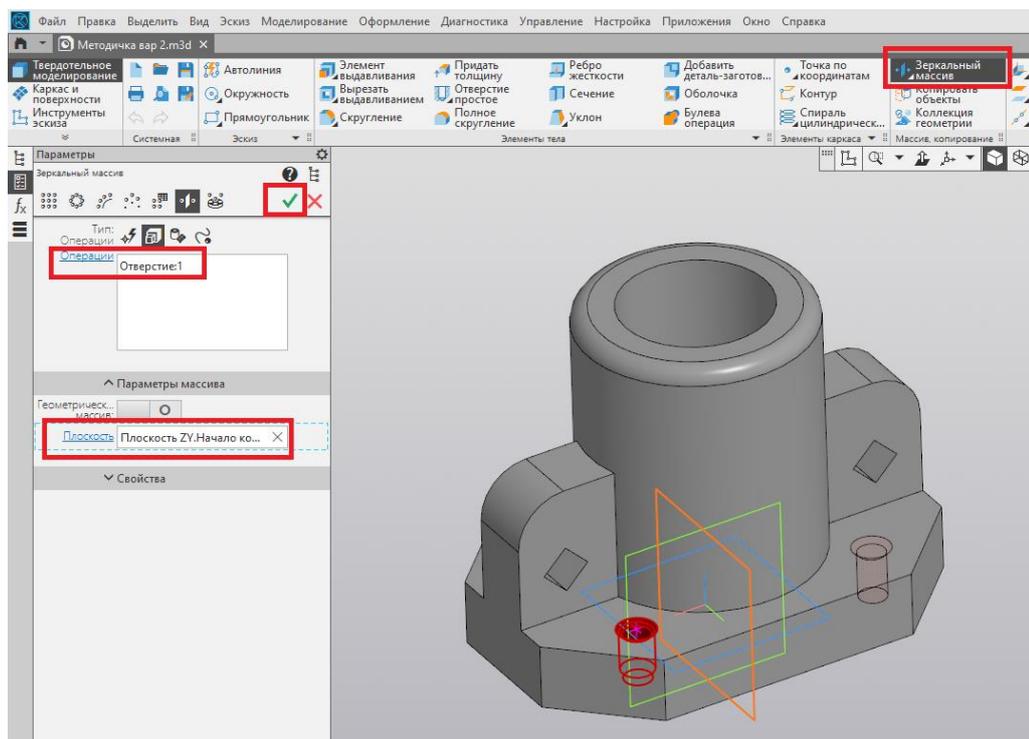


Рис. 111

40. Повторно используем команду «Зеркальный массив» для уже существующего массива и отображаем элементы относительно плоскости ZX (рис. 112).

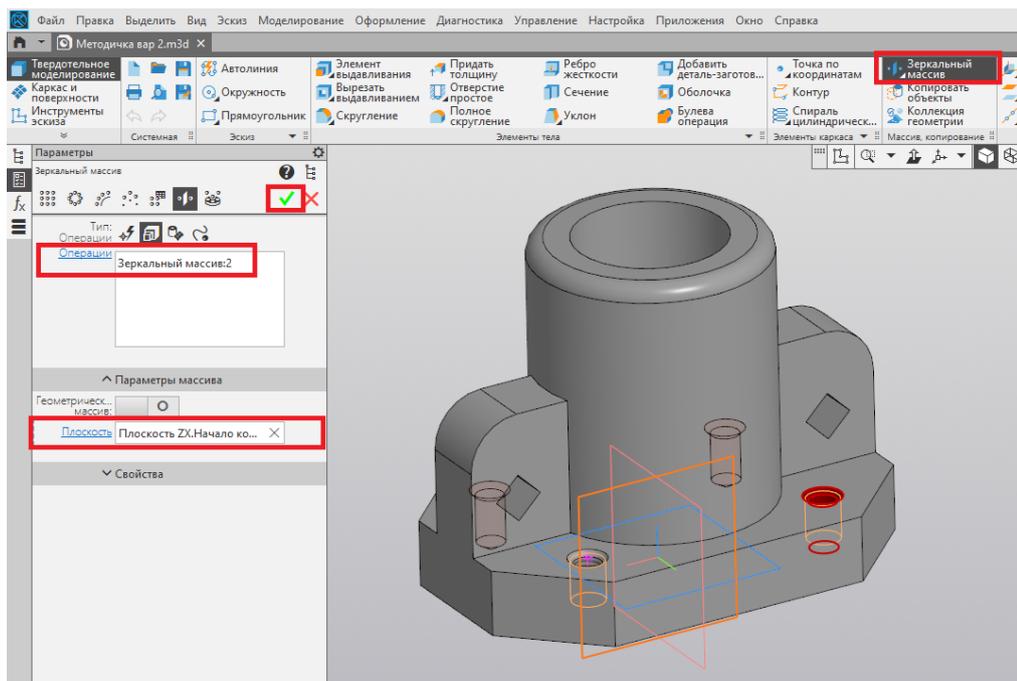


Рис. 112

41. Создаём новый эскиз в плоскости ZX (рис. 113).

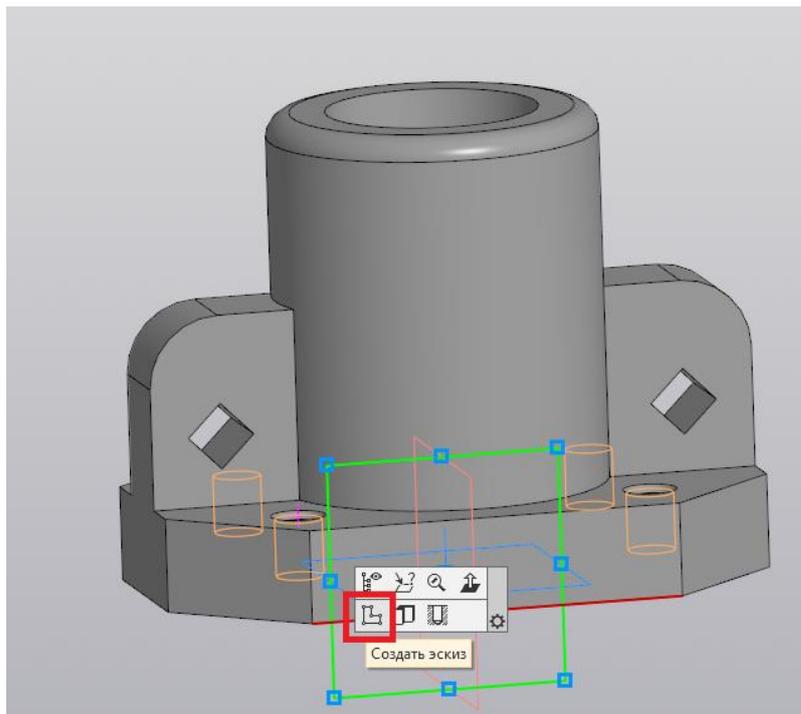


Рис. 113

42. При помощи команды «Окружность» строим окружность на уровне начала координат. Задаём необходимые размеры (рис. 114).

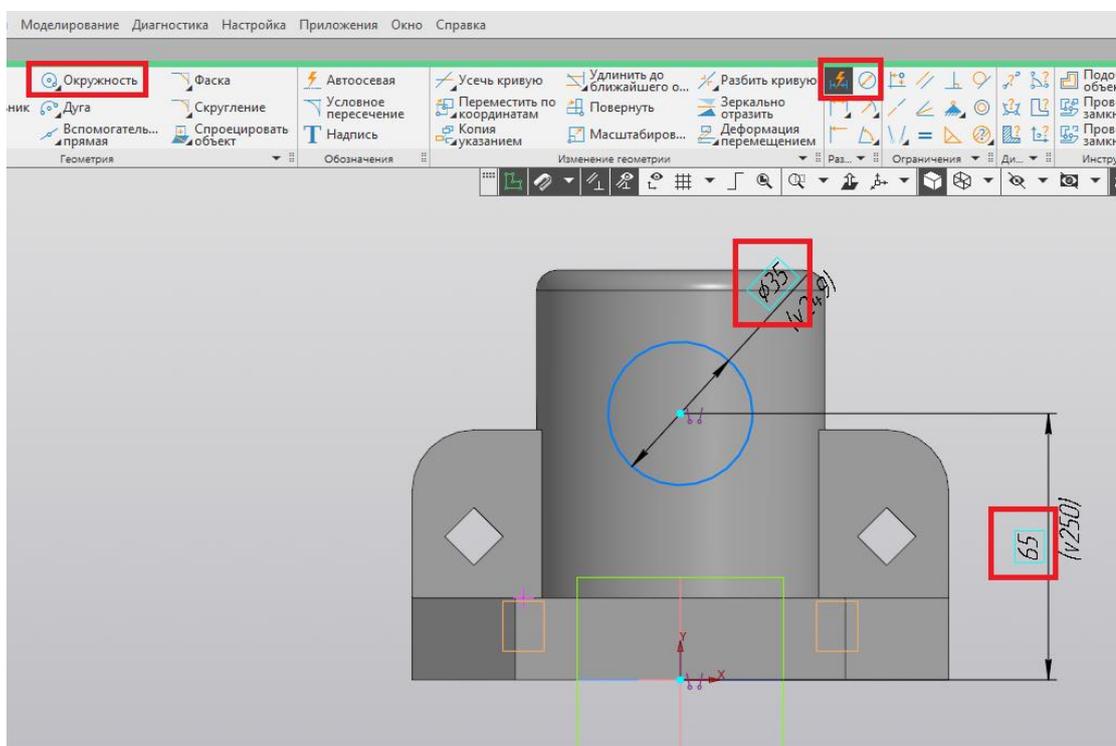


Рис. 114

43. Завершаем построение эскиза нажатием на пиктограмму «Создать эскиз» (рис. 115).

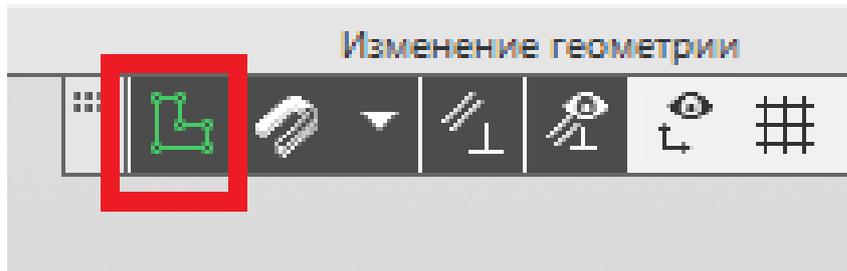


Рис. 115

44. При помощи команды «Вырезать выдавливанием» выполняем из полученного эскиза сквозное цилиндрическое отверстие (рис. 116).

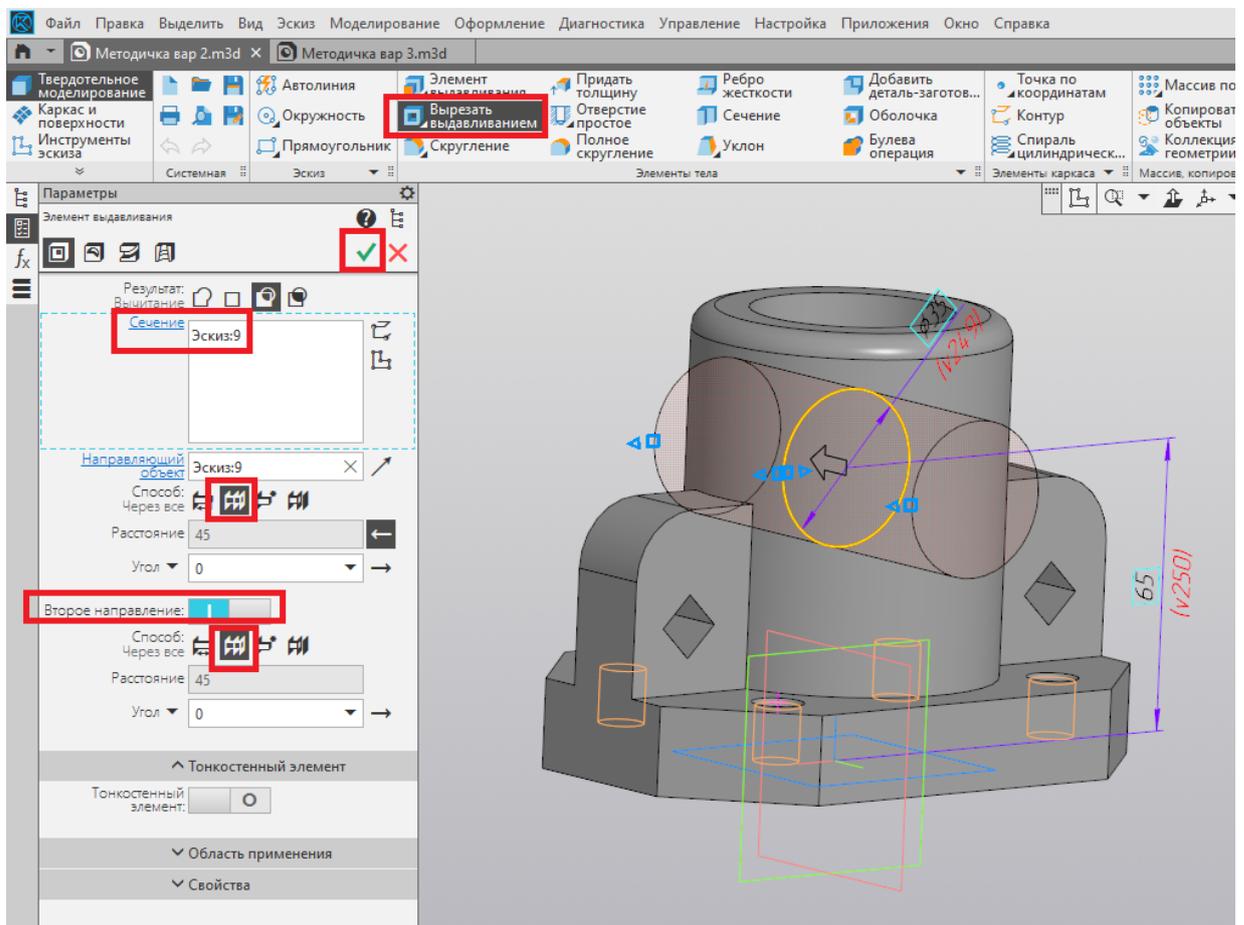


Рис. 116

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЯ №2

1. Для задания материала нажимаем правой кнопкой мыши в дереве построений на позицию «Деталь» и заходим в свойства модели (рис. 117).

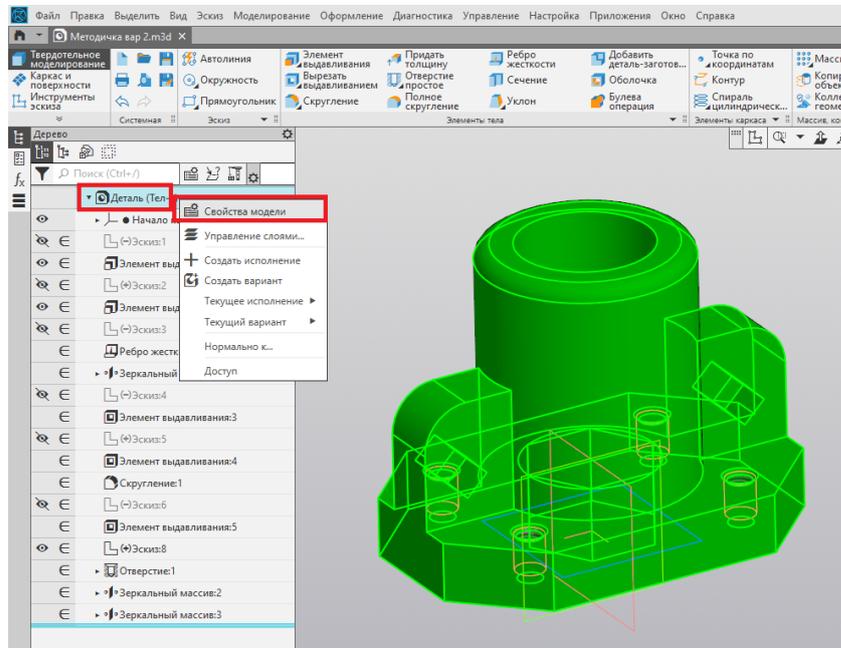


Рис. 117

2. Из библиотеки материалов выбираем необходимый материал (рис. 118).

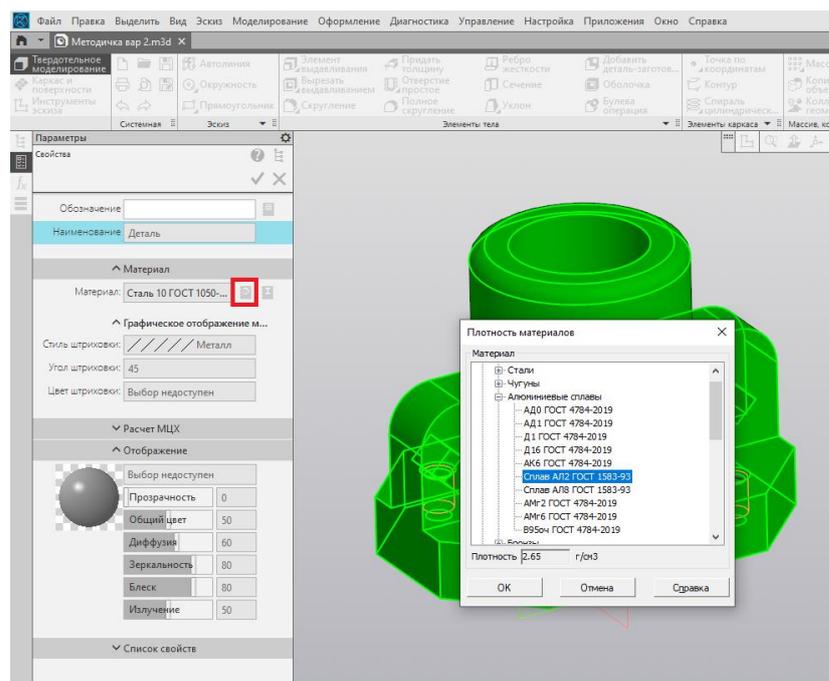


Рис. 118

3. Завершаем выполнение команды нажатием на зелёную галочку.
4. Площадь и объём модели детали получаем при использовании команды «МЦХ модели» (рис. 119).

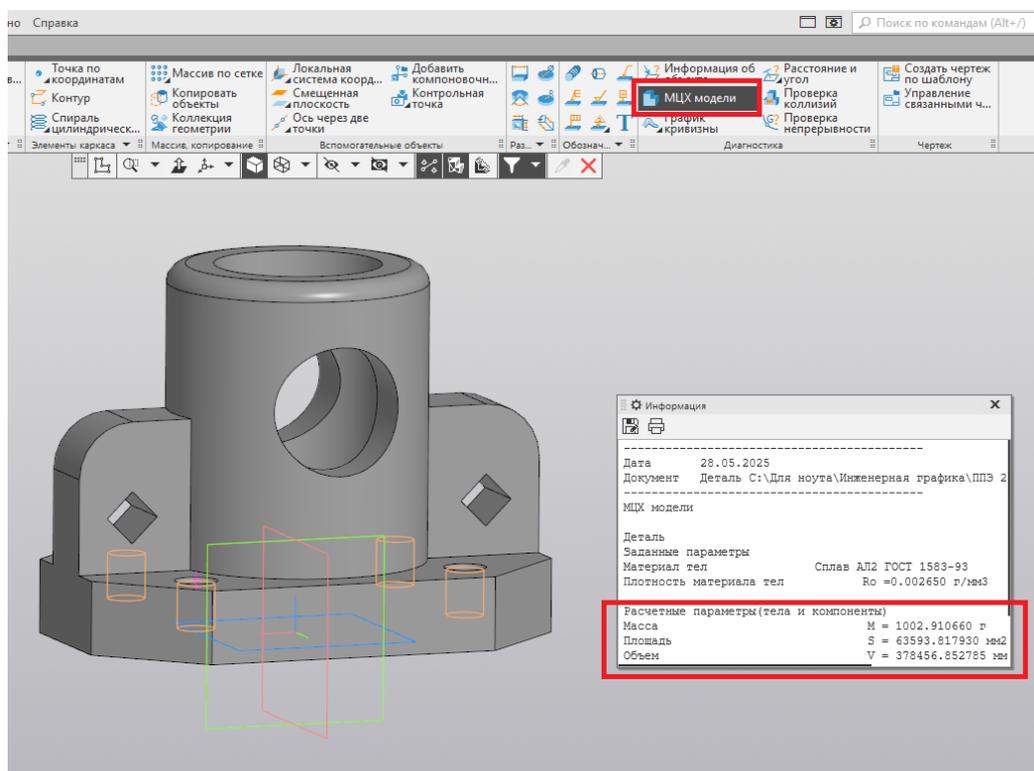


Рис. 119

5. Делаем скриншот данных параметров.
6. Сохраняем файл сначала в формате *.m3d, а далее – в формате *.stl (рис. 120).

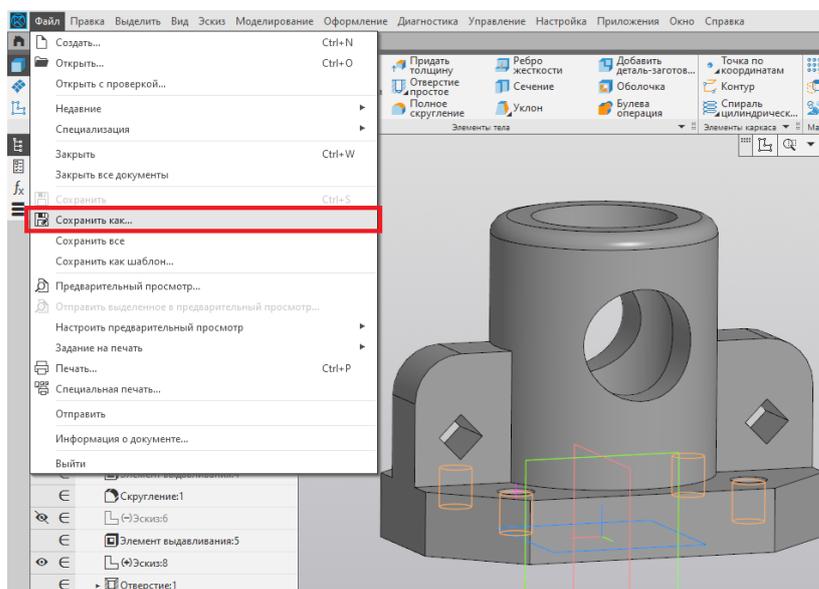


Рис. 120

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЯ №3

1. Запускаем слайсер Ultimaker Cura (рис. 121).



Рис. 121

2. Открываем файл с нашей моделью (рис. 122) в формате *.stl.

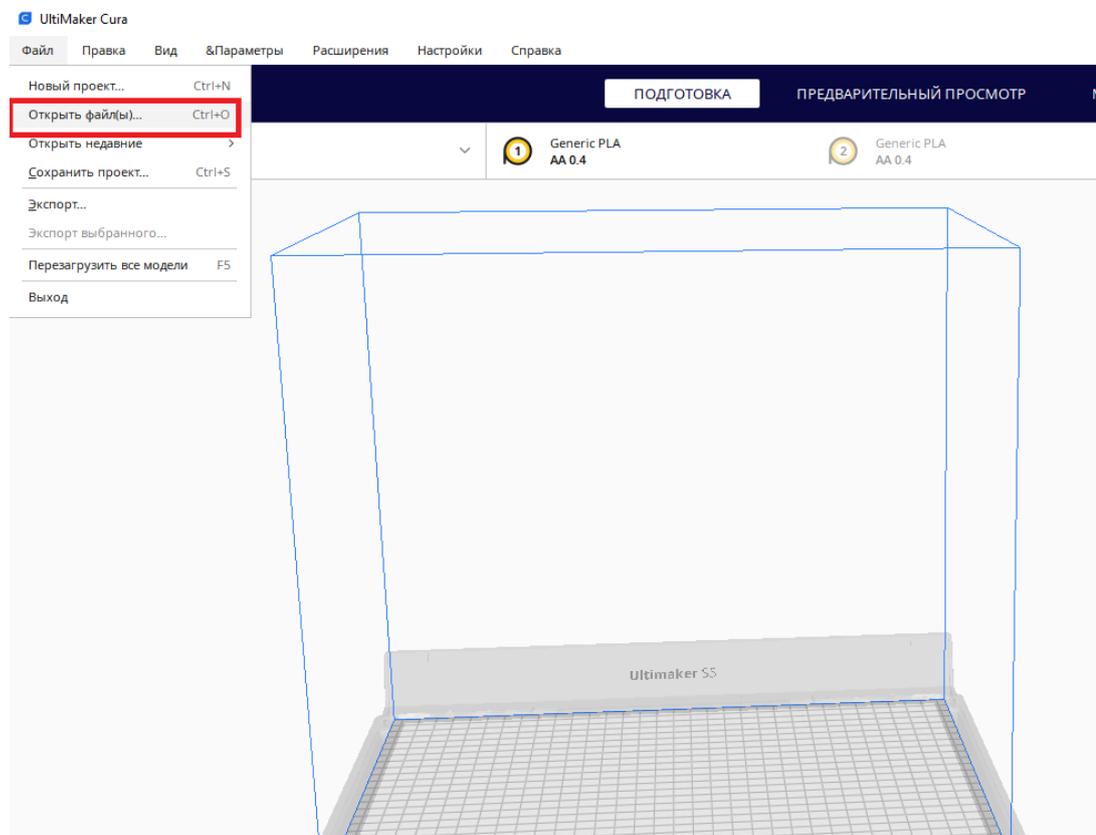


Рис. 122

3. Открываем меню видимости параметров печати (рис. 123).

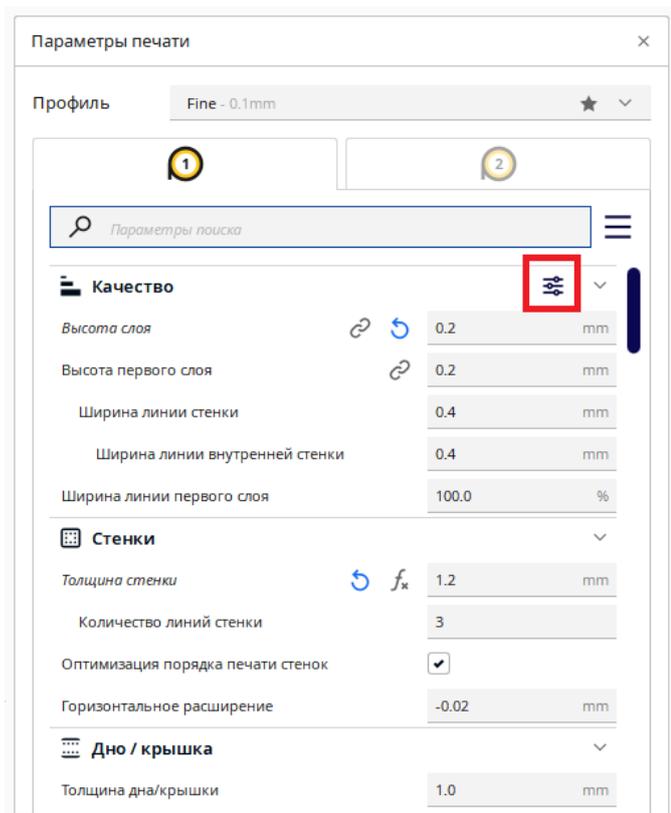


Рис. 123

4. Отмечаем галочками параметры, которые будем настраивать (рис. 124).

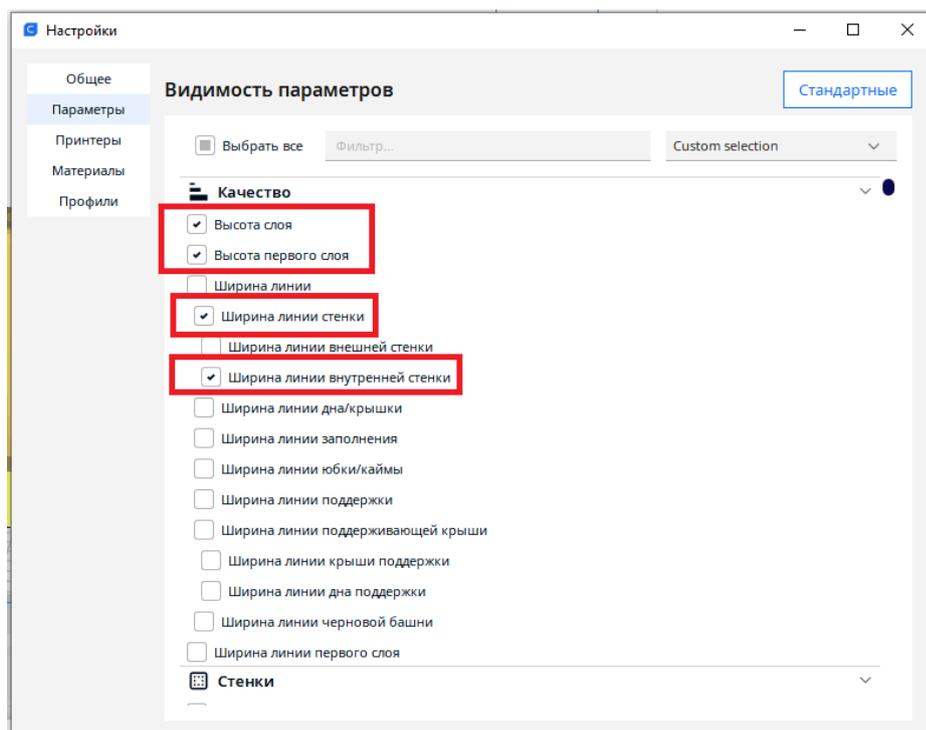


Рис. 124

5. Если деталь располагается таким образом, что количество поддержек будет не минимально (основанием вверх), то переворачиваем её. В нашем случае этого не требуется.

6. Устанавливаем необходимые значения всех параметров и делаем скриншот экрана (рис. 125).

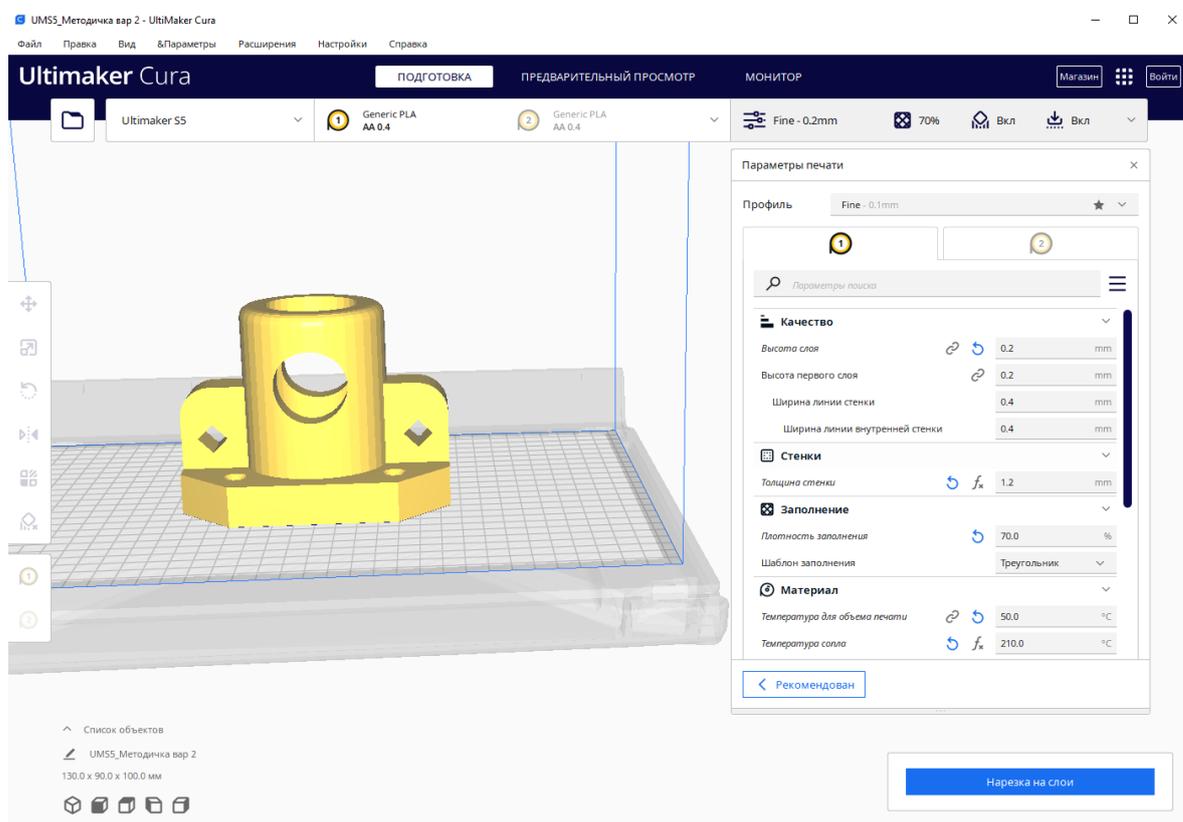


Рис. 125

7. Далее выполняем нарезку на слои и сохраняем файл на диск в формате *.gcode (рис. 126).

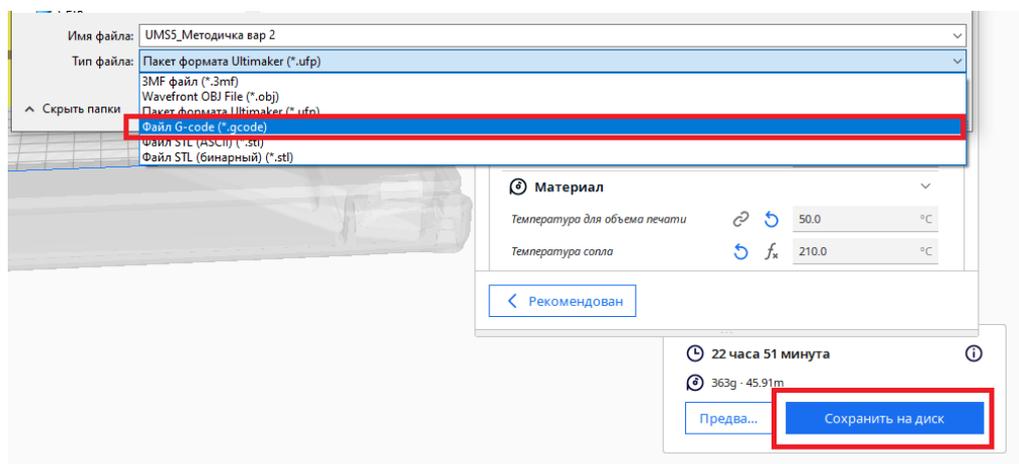


Рис. 126

УСЛОВИЕ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ВАРИАНТА 3

1. Постройте 3D-модель детали по заданному чертежу (рис. 127). Сохраните полученную модель в формате выбранной САПР: *.m3d для КОМПАС-3D или *.grs, *.grb для T-FLEX CAD.

2. Назначьте из библиотеки материалов для построенной модели детали материал *Сталь 10 ГОСТ 1050-2013* и определите площадь и объём созданной модели детали при помощи команд используемой САПР. Необходимо предоставить снимок экрана (скриншот) с требуемыми параметрами.

3. При помощи средств выбранной САПР (КОМПАС-3D или T-FLEX CAD) выполните статический расчёт с условием, что нижняя грань основания *корпуса* закреплена, а на верхнюю грань *корпуса* приложена распределённая нагрузка, равная 100 кН (рис. 128). Необходимо предоставить снимок экрана (скриншот) с цветной картой распределения напряжений и снимок экрана (скриншот) с деревом построений прочностного анализа.

Шкала напряжений для построения эпюры используется по умолчанию. Материал для статического расчета используется по умолчанию (сталь).

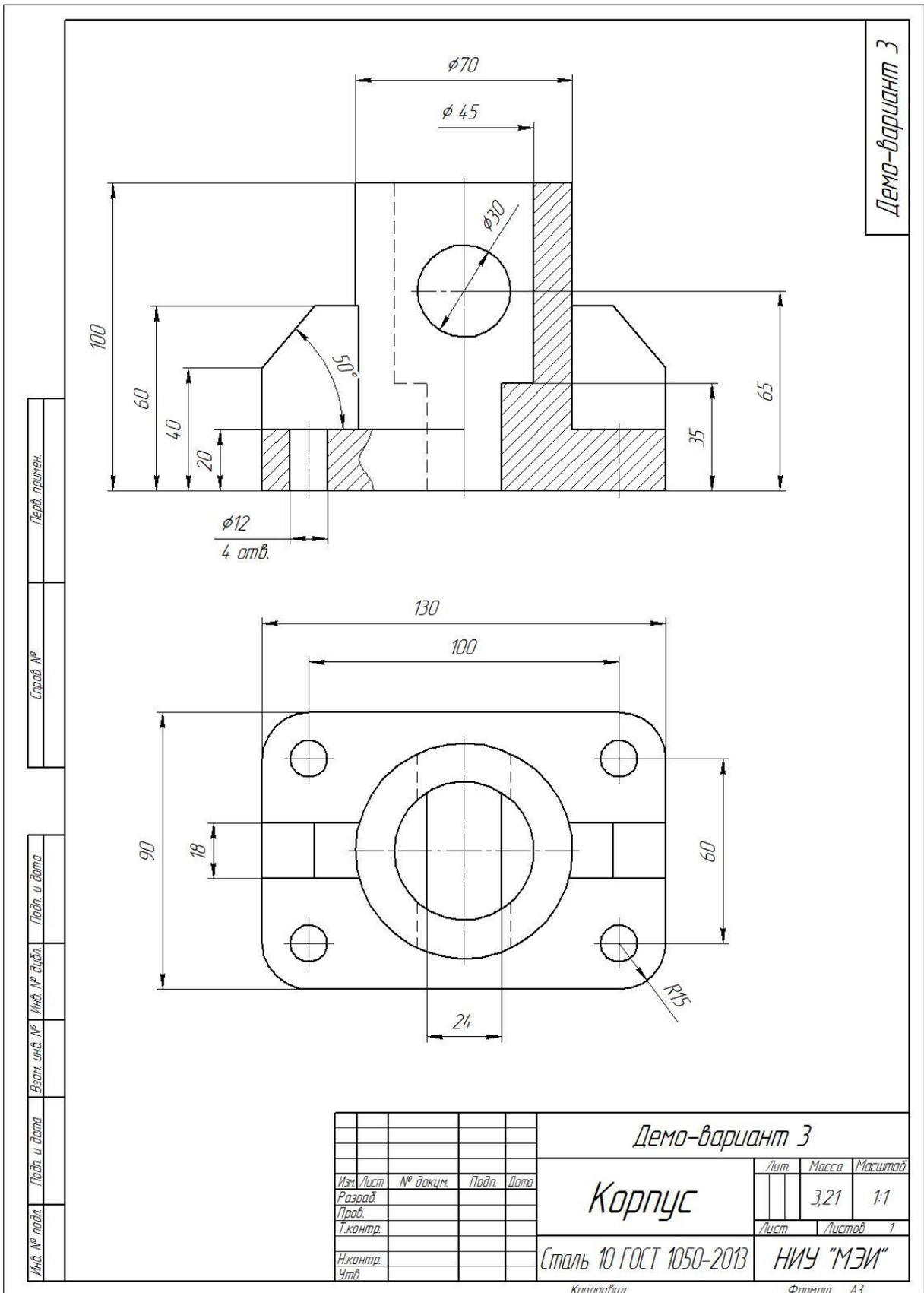


Рис. 127. Чертёж для создания 3D-модели

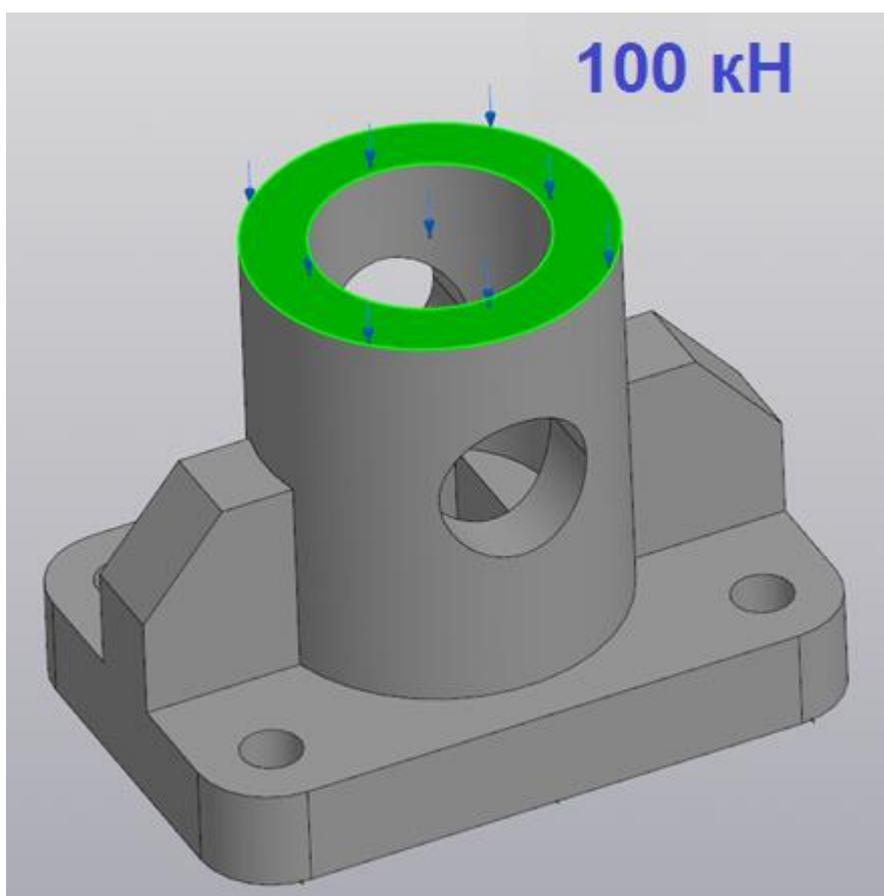


Рис. 128. Направление приложения нагрузки для выполнения статического расчёта

Критерии снижения оценки за выполнение заданий

Критерий	Количество снижаемых баллов
Ошибка в размере трёхмерной модели детали или отсутствие какого-либо элемента (ребро жёсткости, отверстие и т.д.)	-3 балла за каждую ошибку
Неверно назначен материал, указанный в задании	-5 баллов
Отсутствие закрепления нижней грани основания при статическом расчёте прочности	-3 балла
Ошибка в указании направления действия приложенной нагрузки	-2 балла
Ошибка в числовом значении приложенной нагрузки	-2 балла
Предоставление на проверку файлов в иных форматах, не указанных в задании	-10 баллов

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЯ №1

1. В САПР КОМПАС-3D создаём документ «Деталь» (рис. 129).

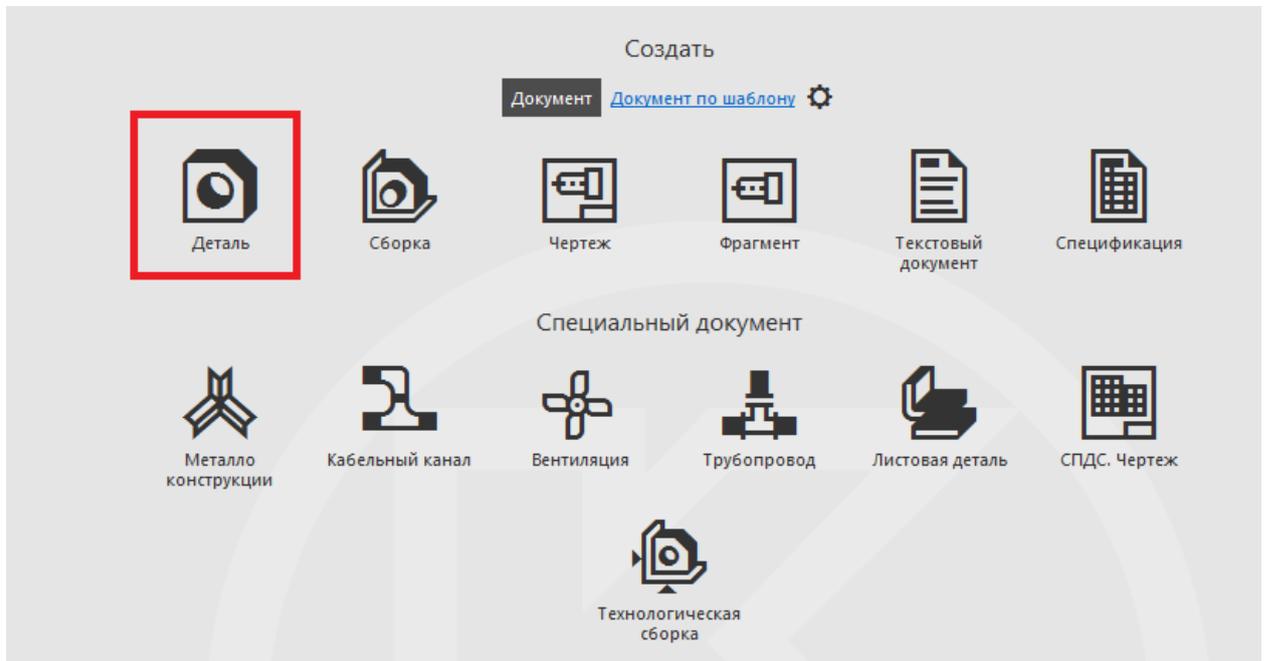


Рис. 129

2. Выбираем плоскость XY, создаём эскиз (рис. 130).

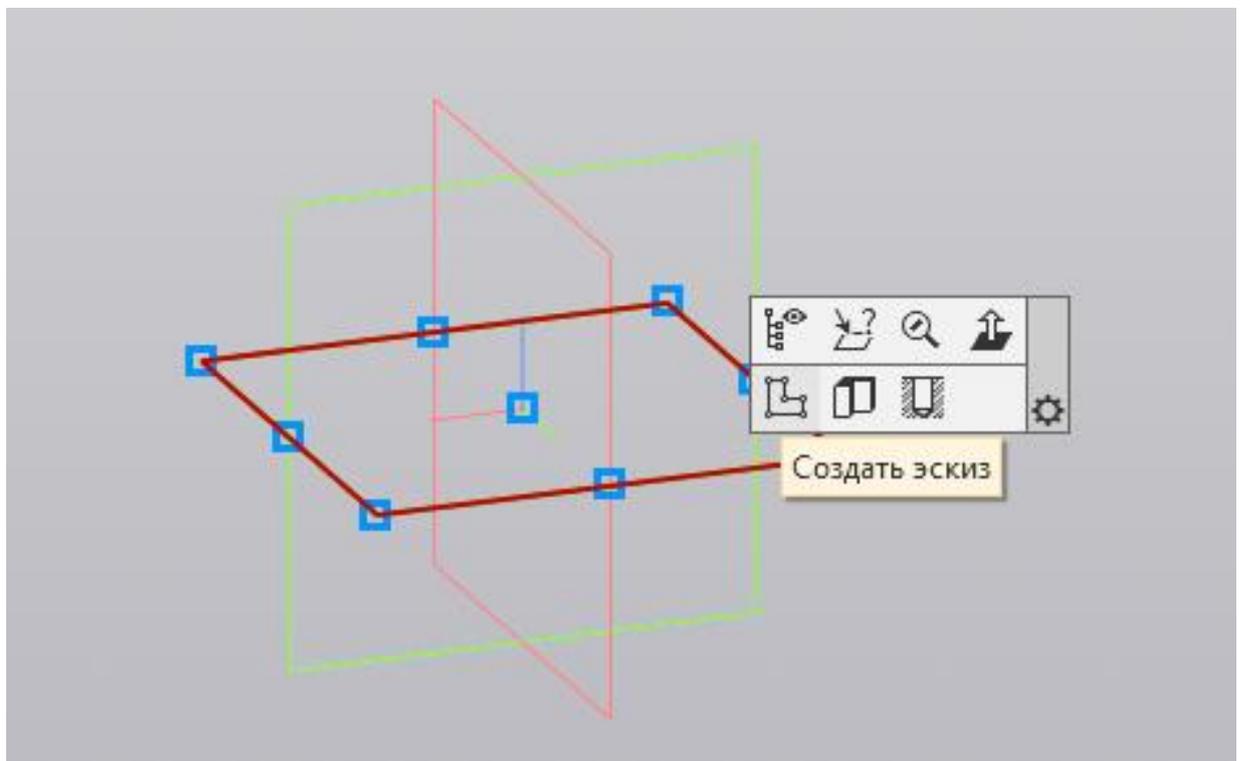


Рис. 130

3. Создаём эскиз основания детали при помощи команды «Прямоугольник по центру и вершине» (рис. 131).

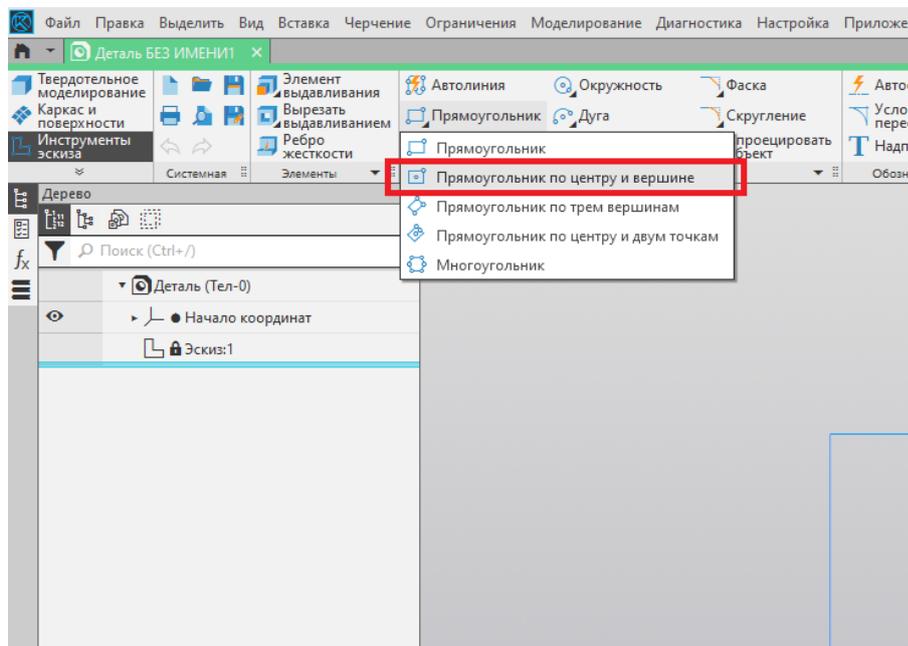


Рис. 131

4. Проставляем размеры основания при помощи команды «Авторазмер» (рис. 132).

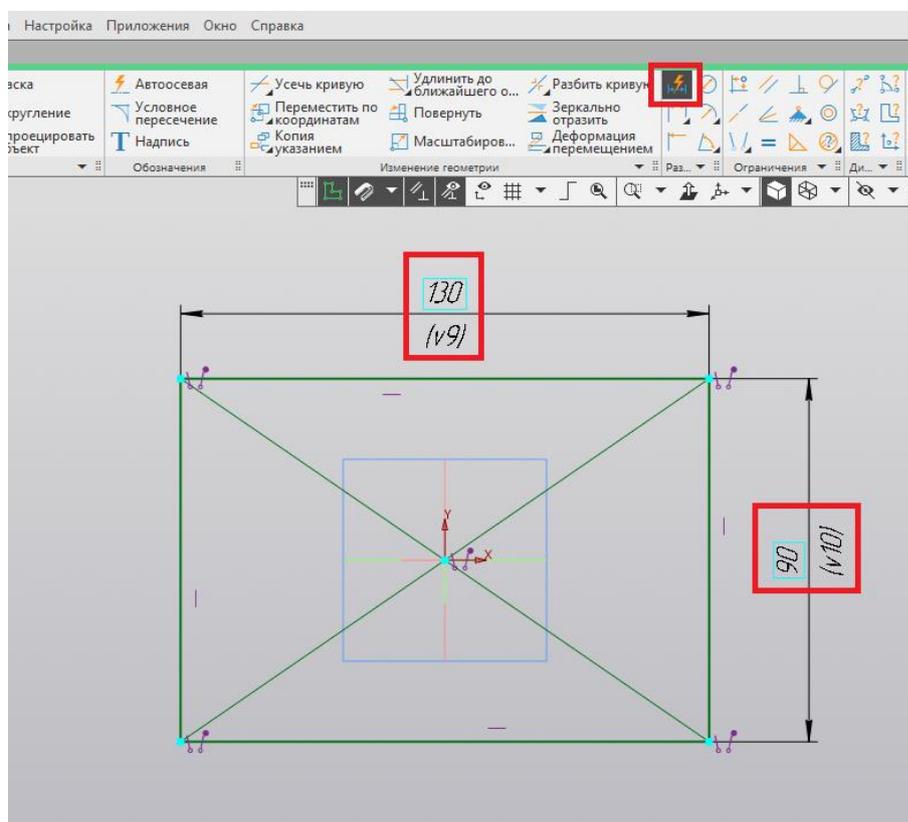


Рис. 132

5. При помощи команды «Скругление» создаём скругления на углах прямоугольника радиусом 15 мм (рис. 133).

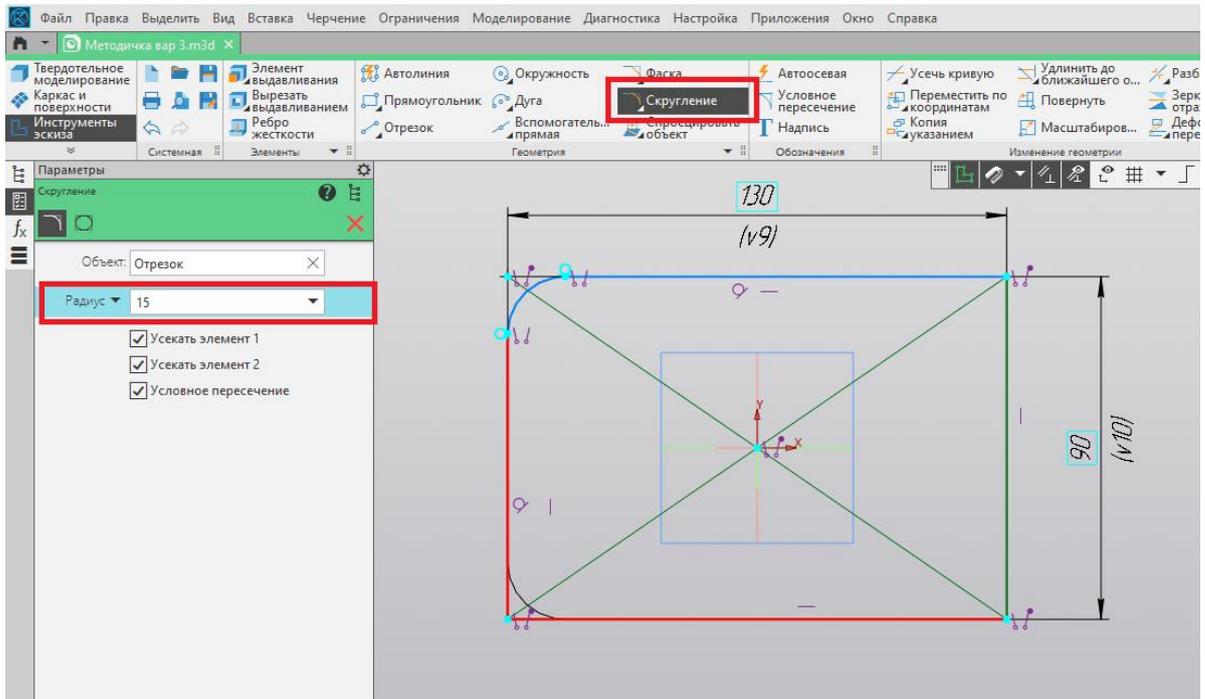


Рис. 133

6. Из начала координат проводим две осевые линии (вертикальную и горизонтальную), а также строим окружность диаметром 12 мм (рис. 134).

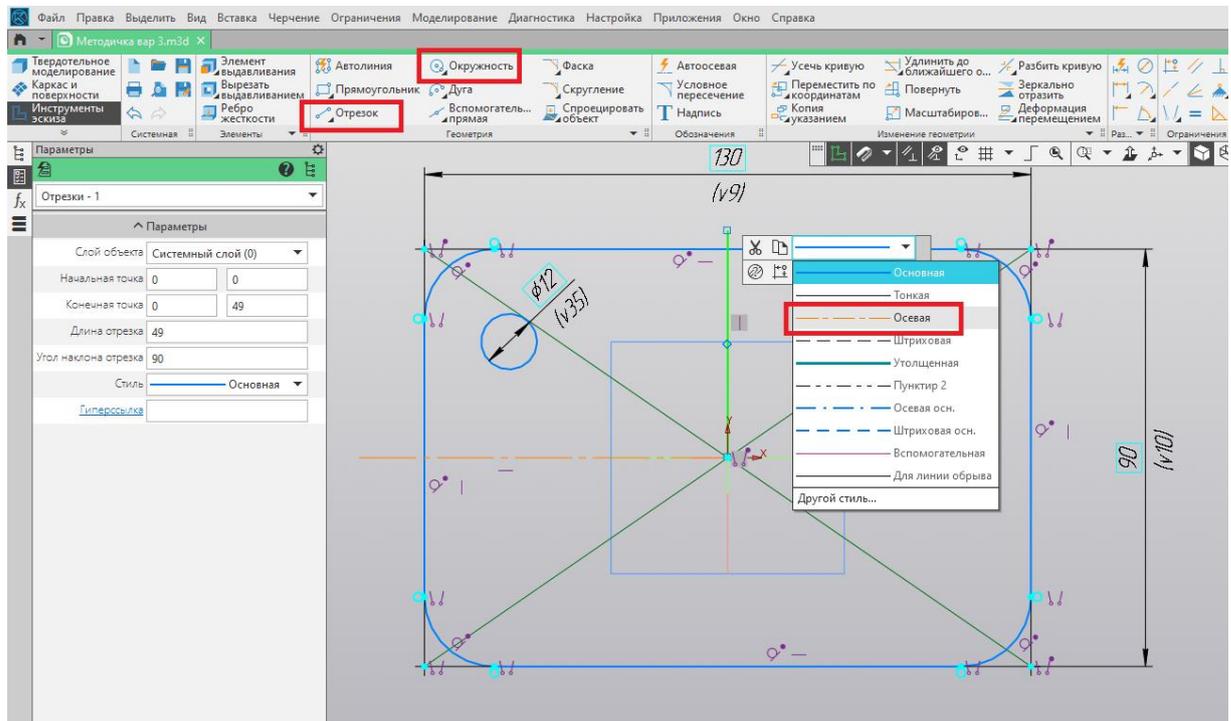


Рис. 134

7. Отображаем окружность относительно первой осевой линии при помощи команды «Зеркально отобразить». Затем отражаем две окружности относительно второй осевой линии (рис. 135).

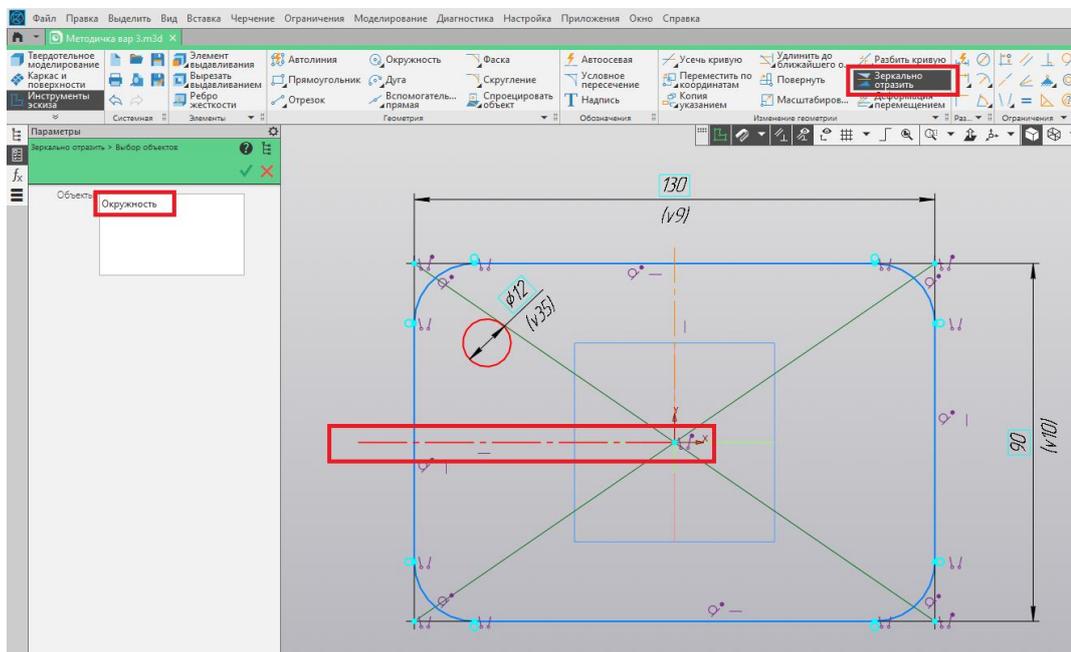


Рис. 135

8. При помощи команды «Авторазмер» проставляем расстояния между центрами окружностей (рис. 136).

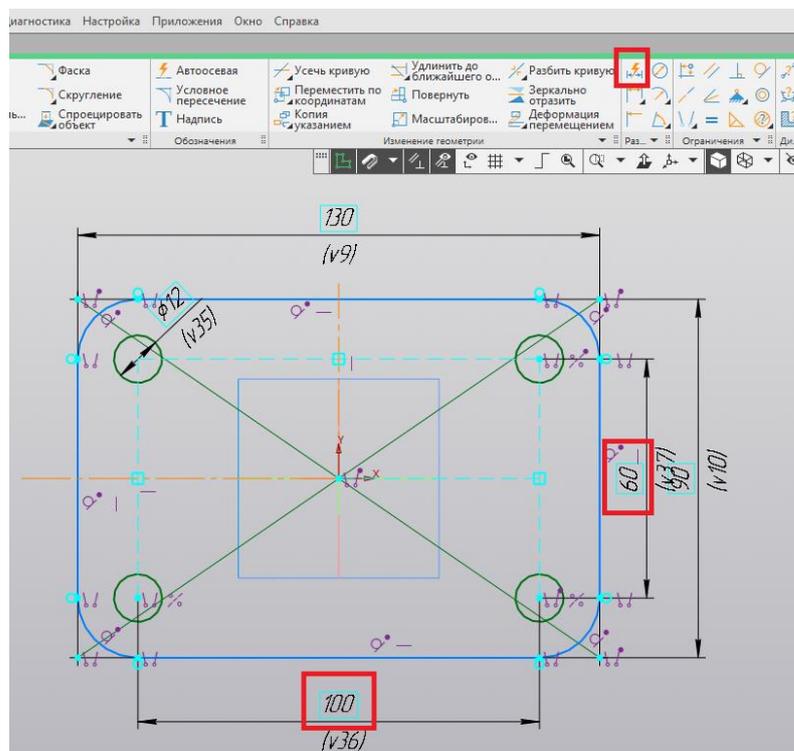


Рис. 136

9. Завершаем построение эскиза нажатием на пиктограмму «Создать эскиз» (рис. 137).

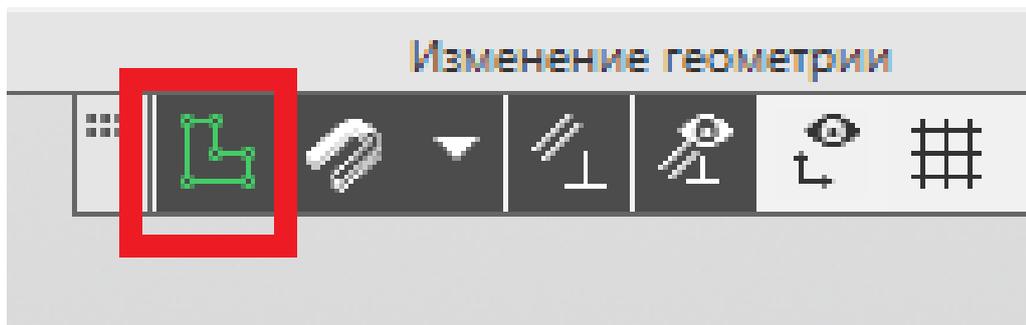


Рис. 137

10. При помощи команды «Элемент выдавливания» выдавливаем контур основания на толщину 20 мм (рис. 138).

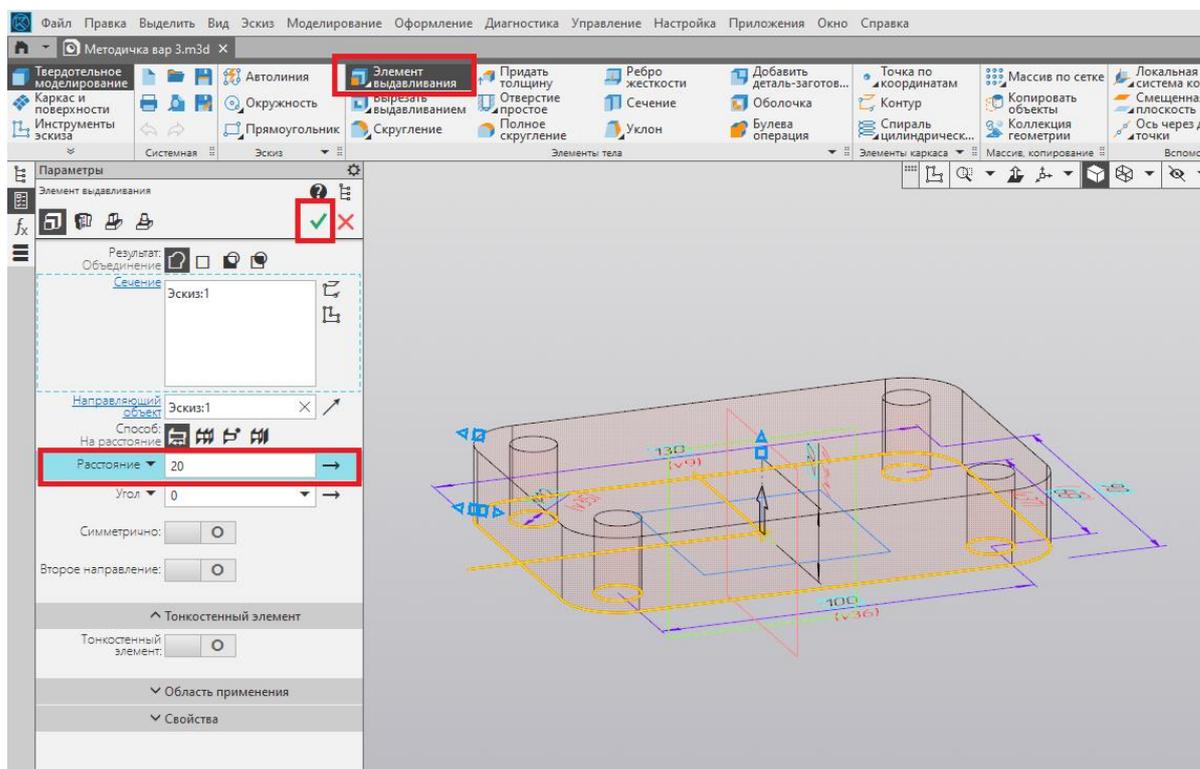


Рис. 138

11. На верхней грани основания создаём новый эскиз (рис. 139).

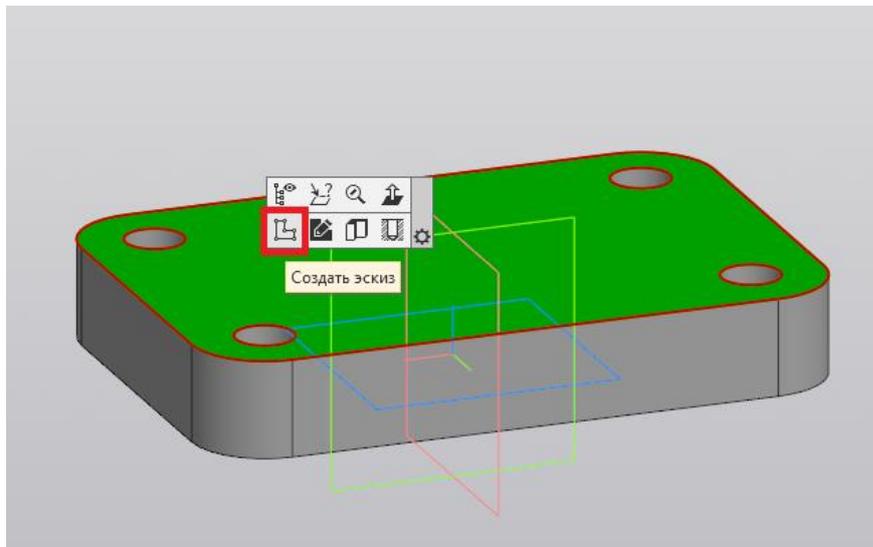


Рис. 139

12. Из начала координат строим окружность диаметром 70 мм при помощи команды «Окружность» (рис. 140).

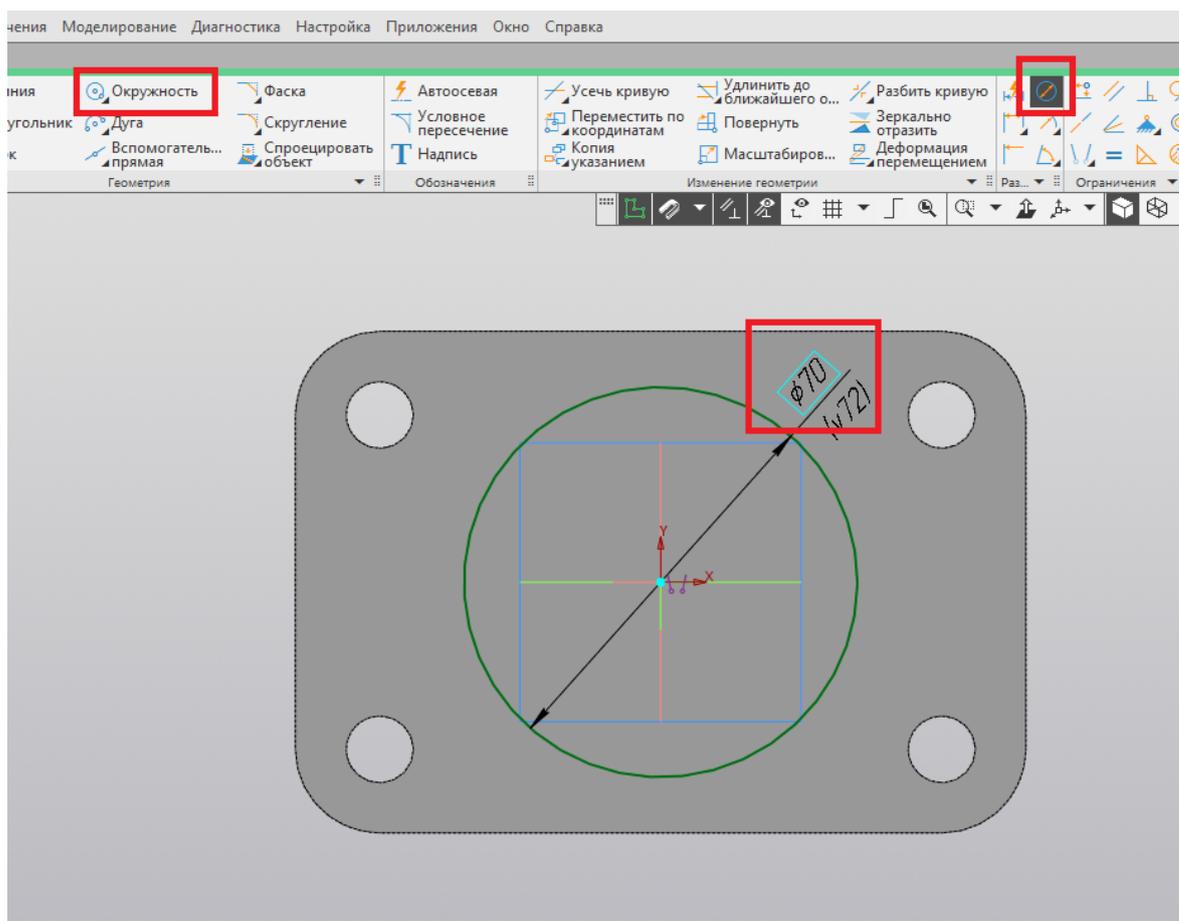


Рис. 140

13. Завершаем построение эскиза нажатием на пиктограмму «Создать эскиз» (рис. 141).

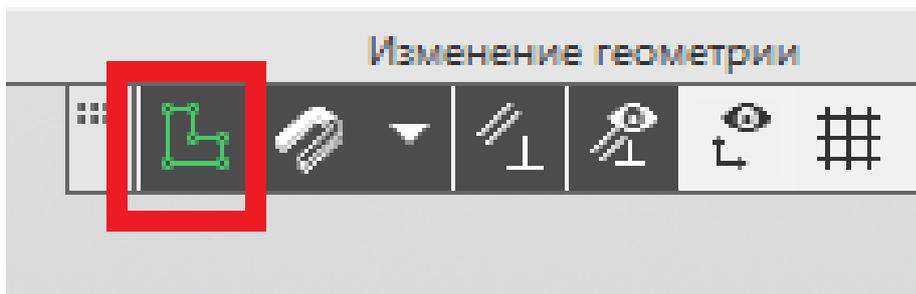


Рис. 141

14. При помощи команды «Элемент выдавливания» выдавливаем эскиз с окружностью на высоту 80 мм. Завершаем выполнение команды нажатием на зелёную галочку (рис. 142).

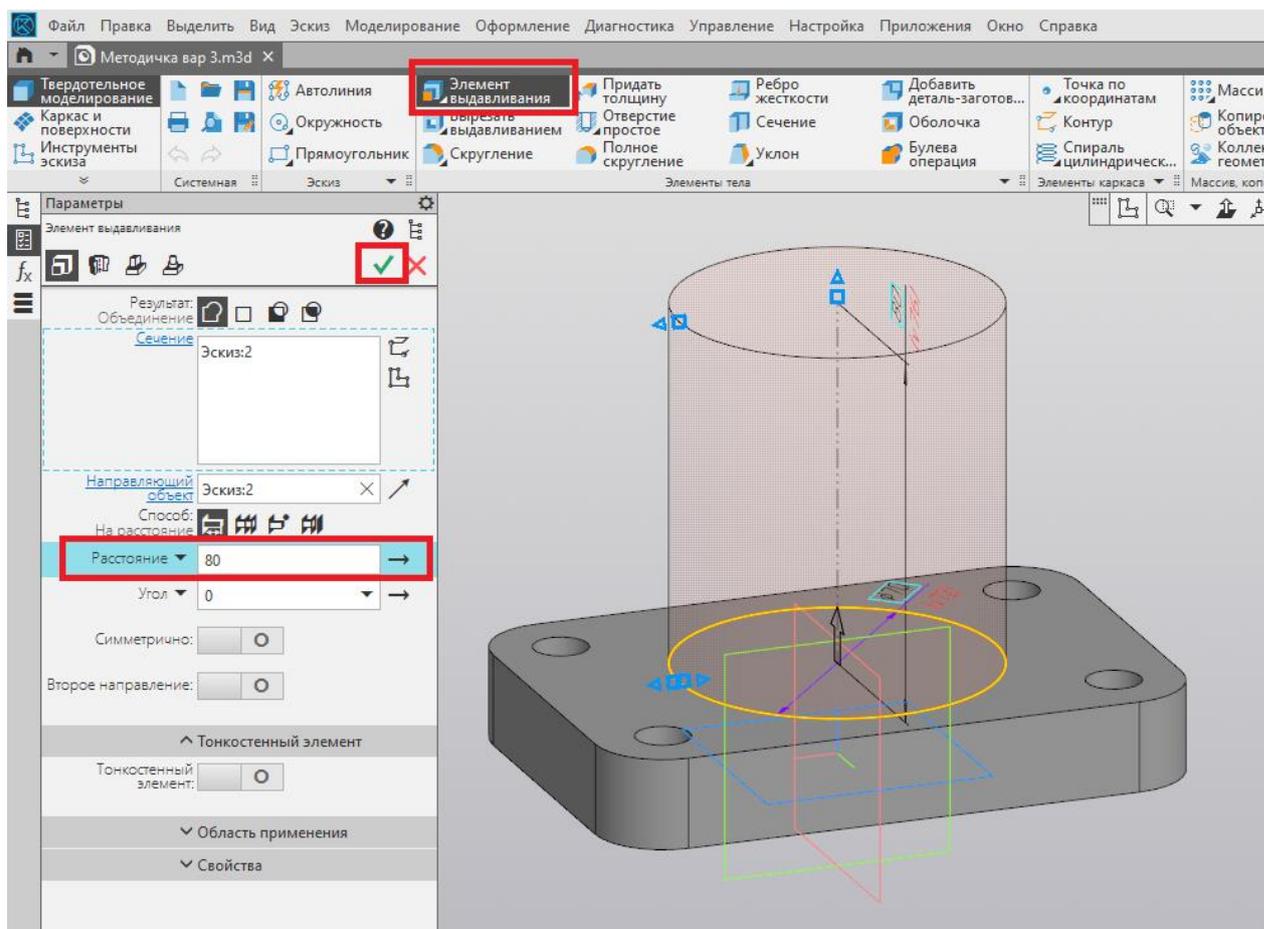


Рис. 142

15. В плоскости ZX создаём новый эскиз (рис. 143).

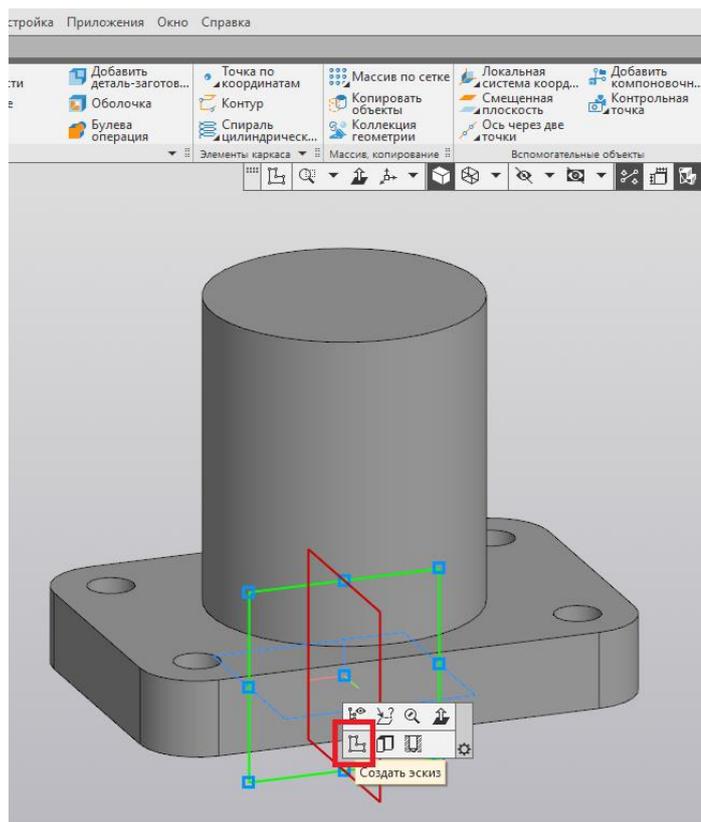


Рис. 143

16. При помощи команды «Отрезок» строим контур для ребра жёсткости (рис. 144).

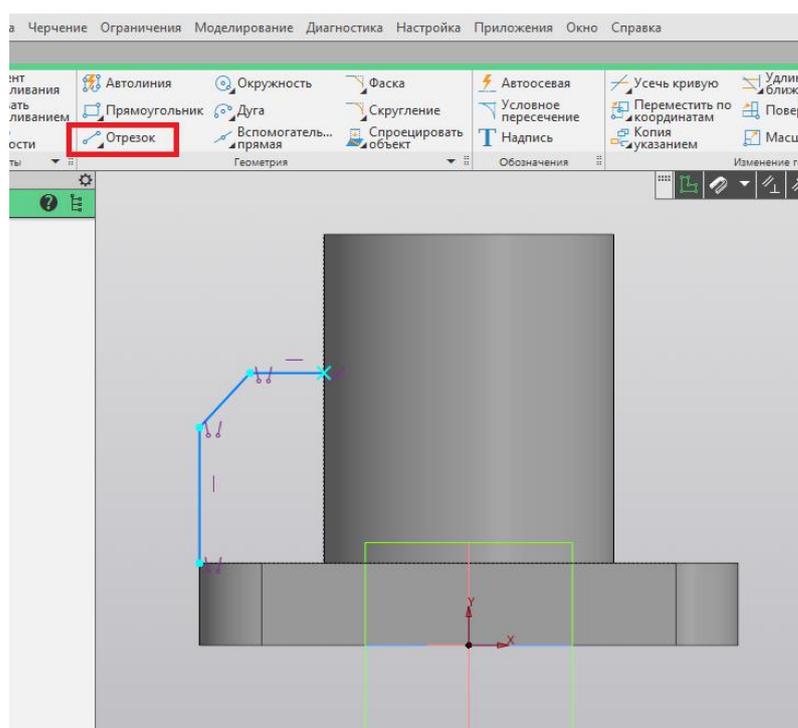


Рис. 144

17. Проставляем заданные размеры (рис. 145).

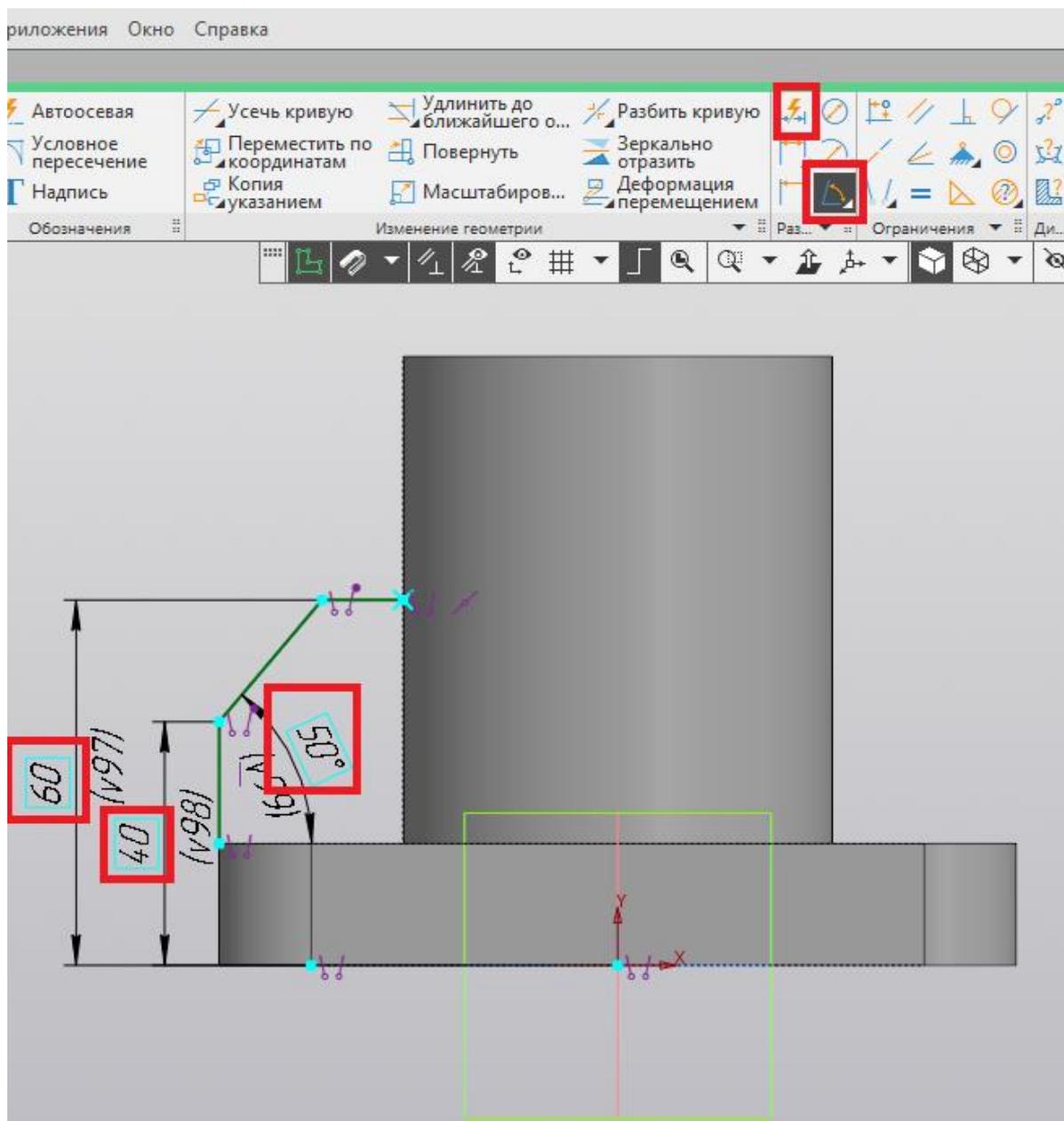


Рис. 145

18. Завершаем построение эскиза нажатием на пиктограмму «Создать эскиз» (рис. 146).

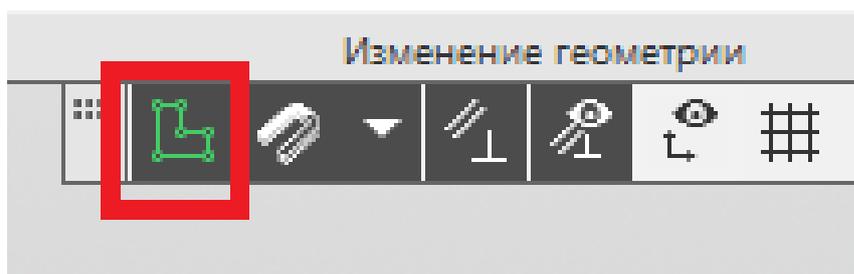


Рис. 146

19. При помощи команды «Ребро жёсткости» выполняем построение ребра жёсткости толщиной 18 мм. Завершаем выполнение команды нажатием на зелёную галочку (рис. 147).

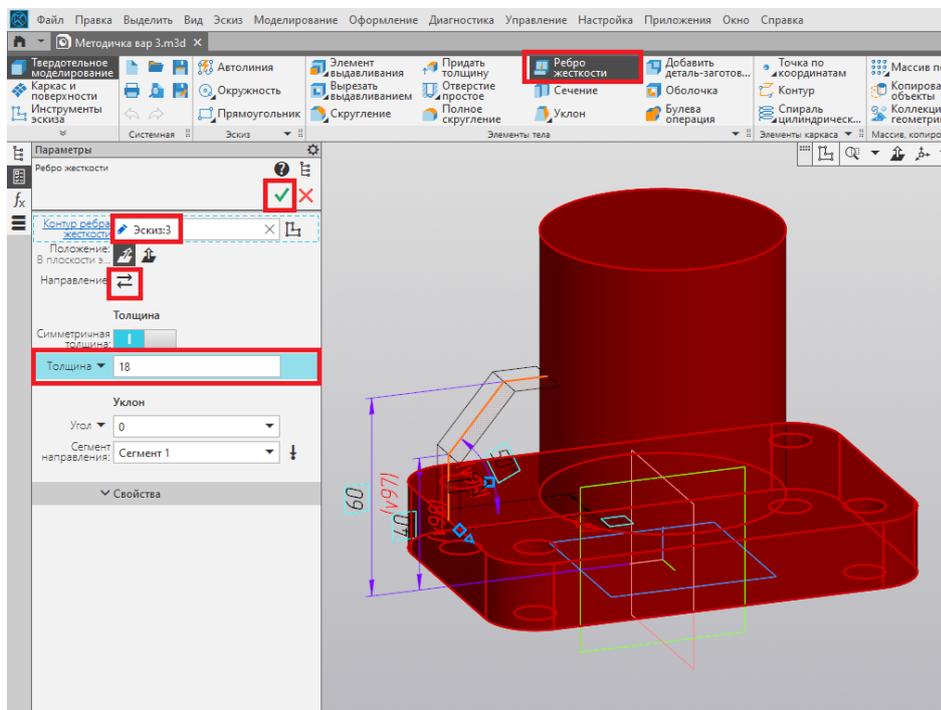


Рис. 147

20. При помощи команды «Зеркальный массив» отражаем ребро жёсткости относительно плоскости ZY. Завершаем выполнение команды нажатием на зелёную галочку (рис. 148).

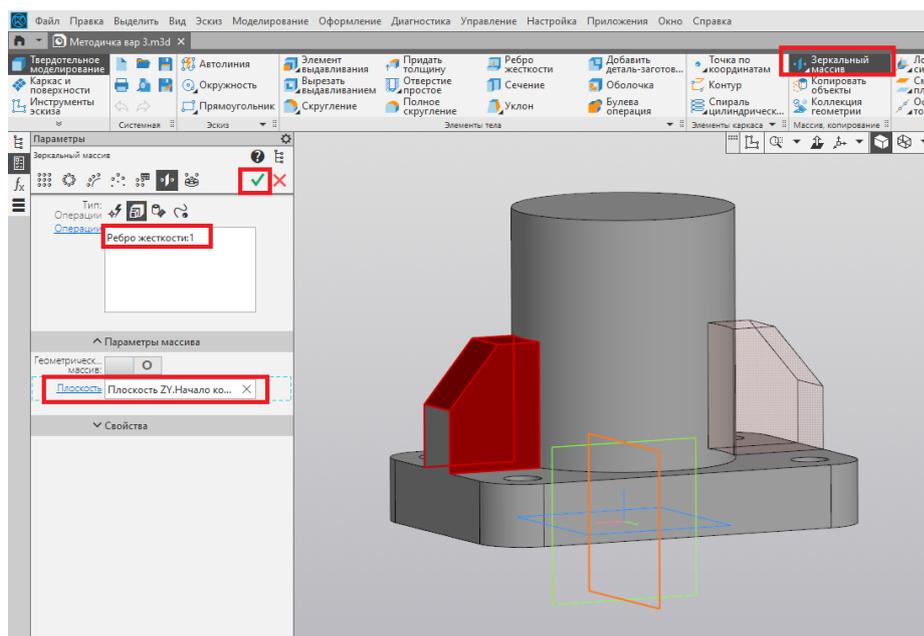


Рис. 148

21. В верхней части цилиндра создаём новый эскиз (рис. 149).

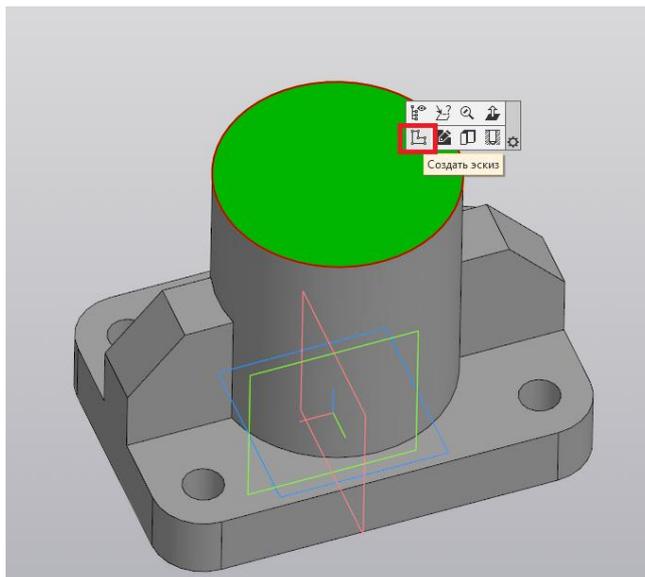


Рис. 149

22. Из начала координат строим окружность при помощи команды «Окружность». С помощью команды «Диаметр» задаём диаметр, равный 45 мм (рис. 150).

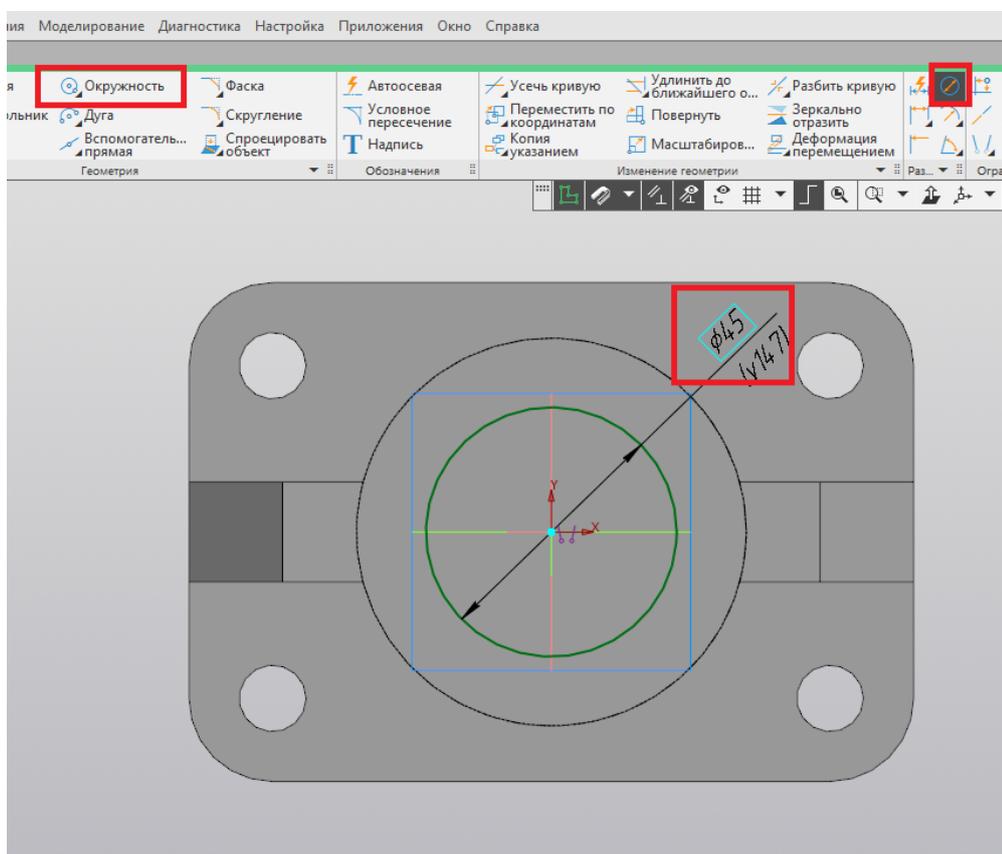


Рис. 150

23. Завершаем построение эскиза нажатием на пиктограмму «Создать эскиз» (рис. 151).

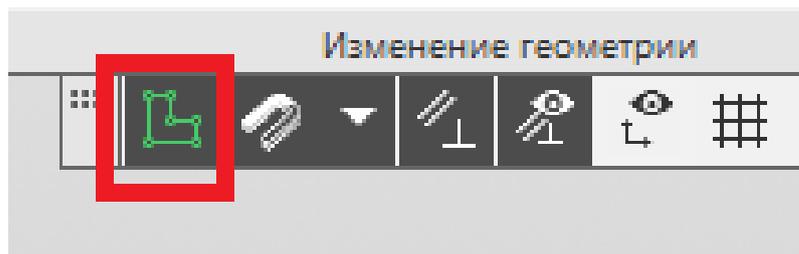


Рис. 151

24. При помощи команды «Вырезать выдавливанием» выполняем цилиндрическое отверстие на глубину 65 мм. Завершаем выполнение команды нажатием на зелёную галочку (рис. 152).

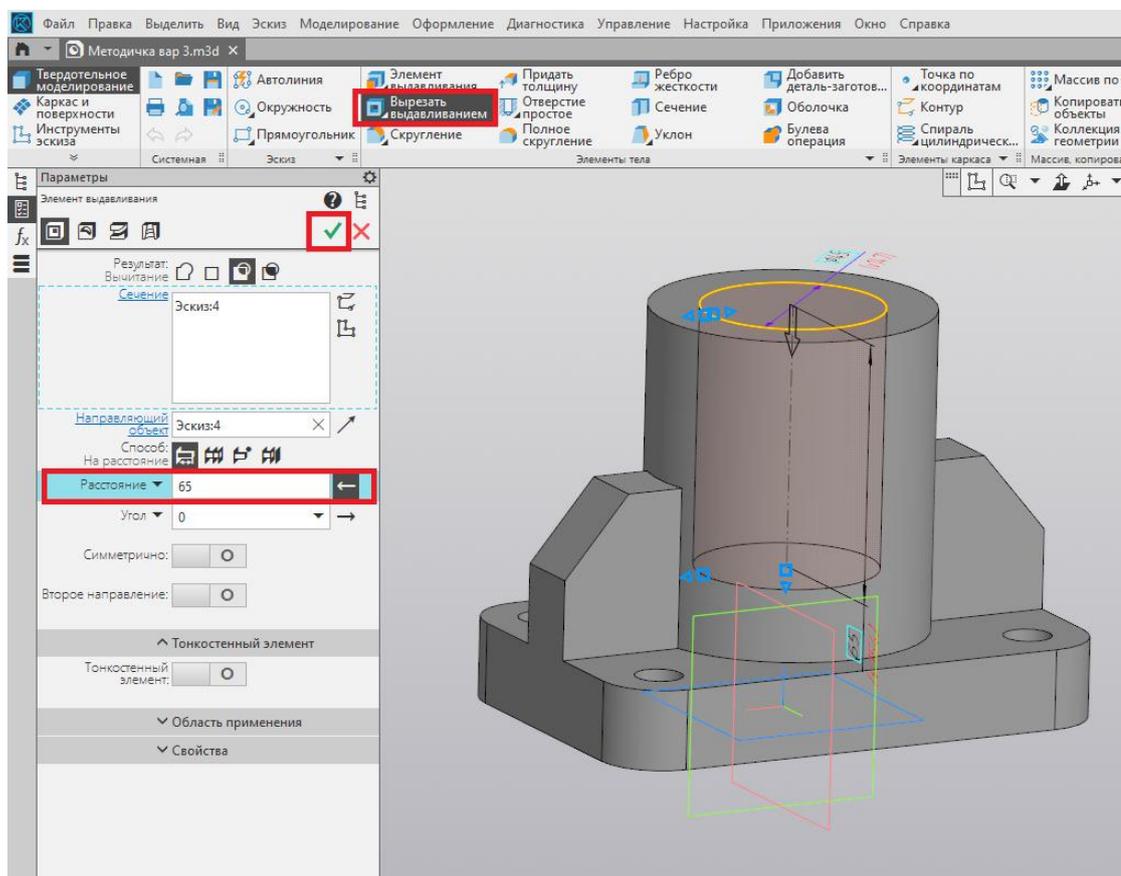


Рис. 152

25. На нижней грани отверстия создаём новый эскиз (рис. 153).

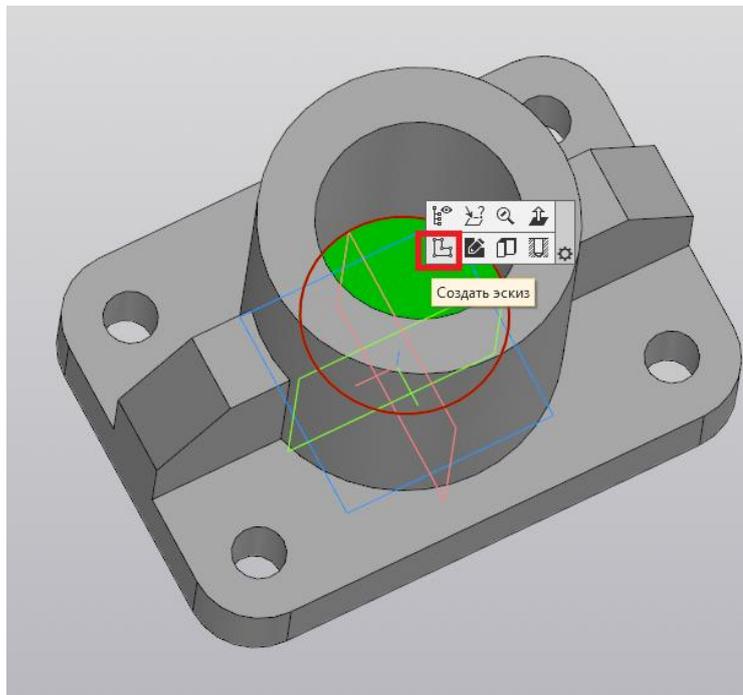


Рис. 153

26. Из начала координат строим окружность и две параллельные линии (рис. 154).

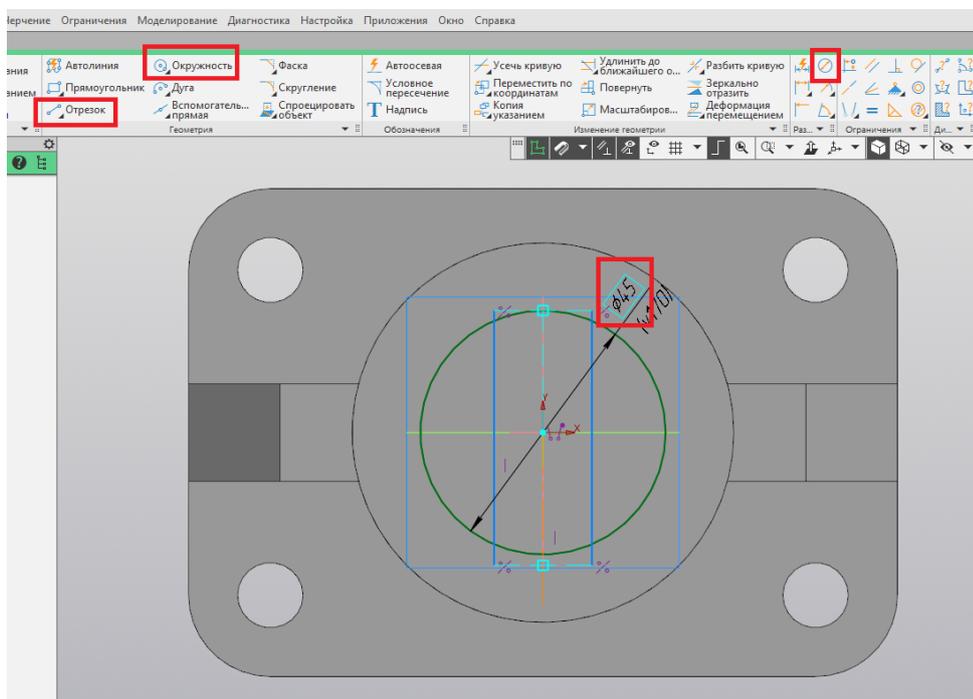


Рис. 154

27. При помощи команды «Усечь кривую» отсекаем боковые части окружности и хвостики прямых, выходящие за контур окружности (рис. 155).

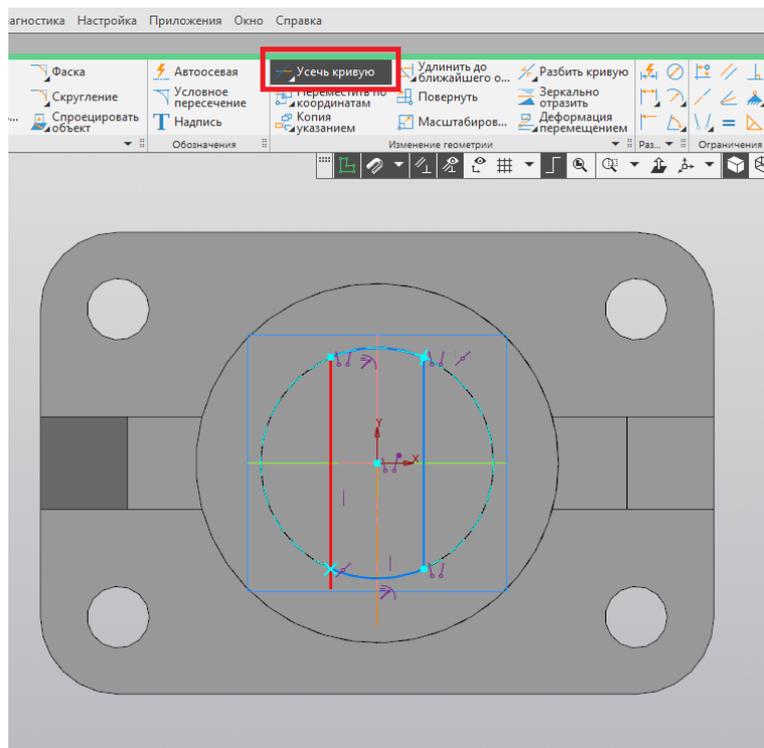


Рис. 155

28. Проставляем заданные размеры (рис. 156).

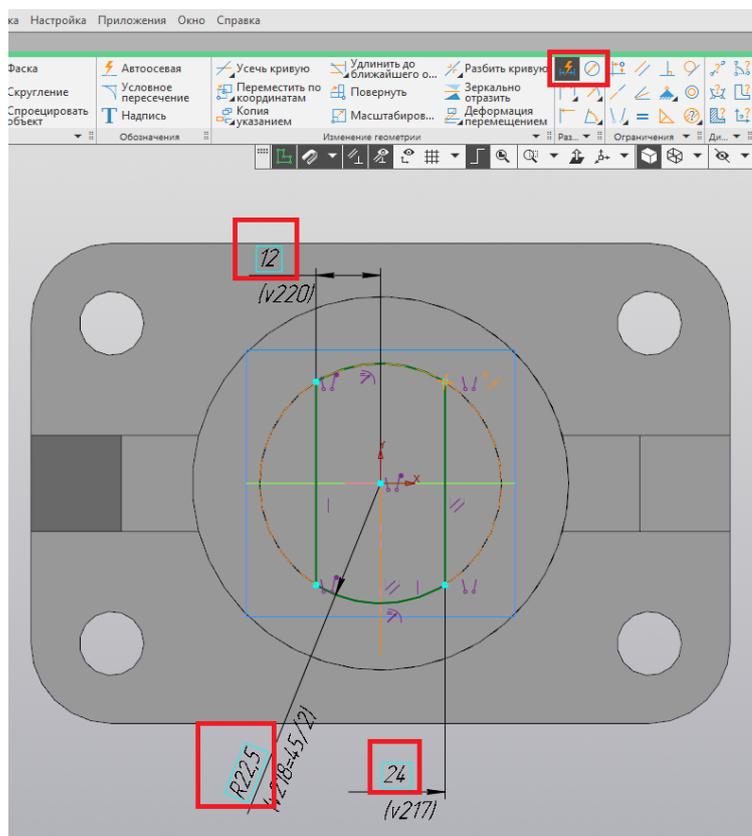


Рис. 156

29. При помощи команды «Вырезать выдавливанием» вырезаем насквозь полученный контур. Завершаем выполнение команды нажатием на зелёную галочку (рис. 157).

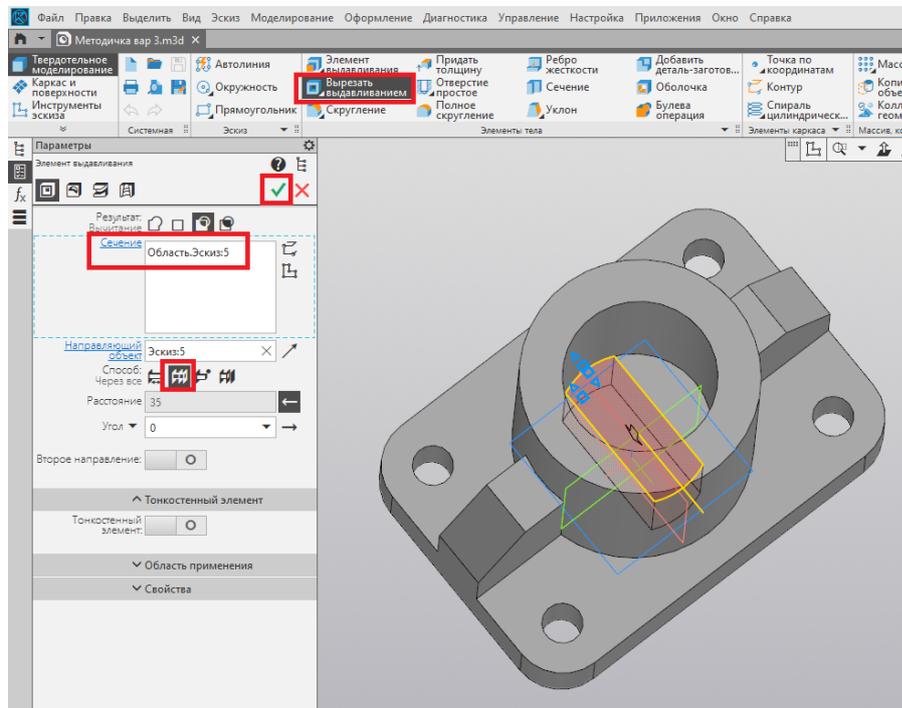


Рис. 157

30. Создаём новый эскиз в плоскости ZX (рис. 158).

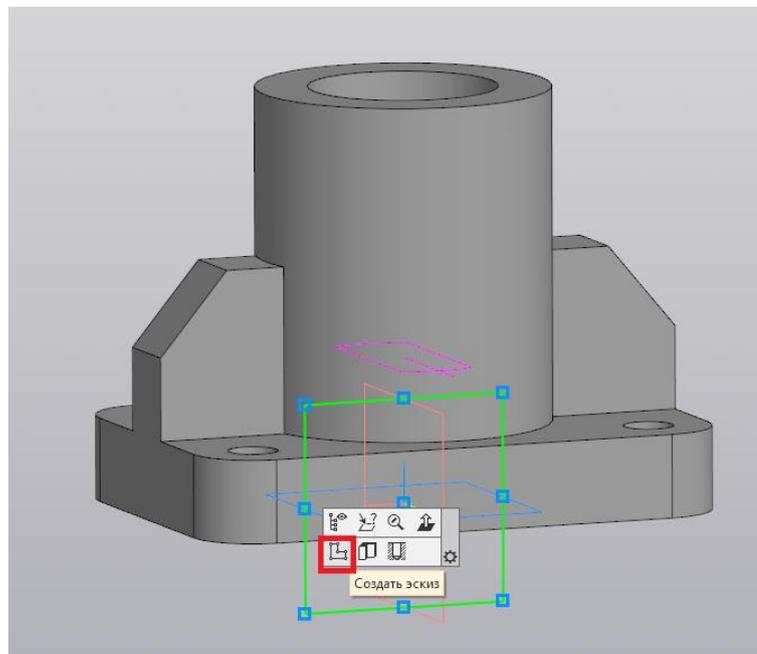


Рис. 158

31. На уровне начала координат строим окружность диаметром 30 мм. Расстояние от центра до начала координат равно 65 мм (рис. 159).

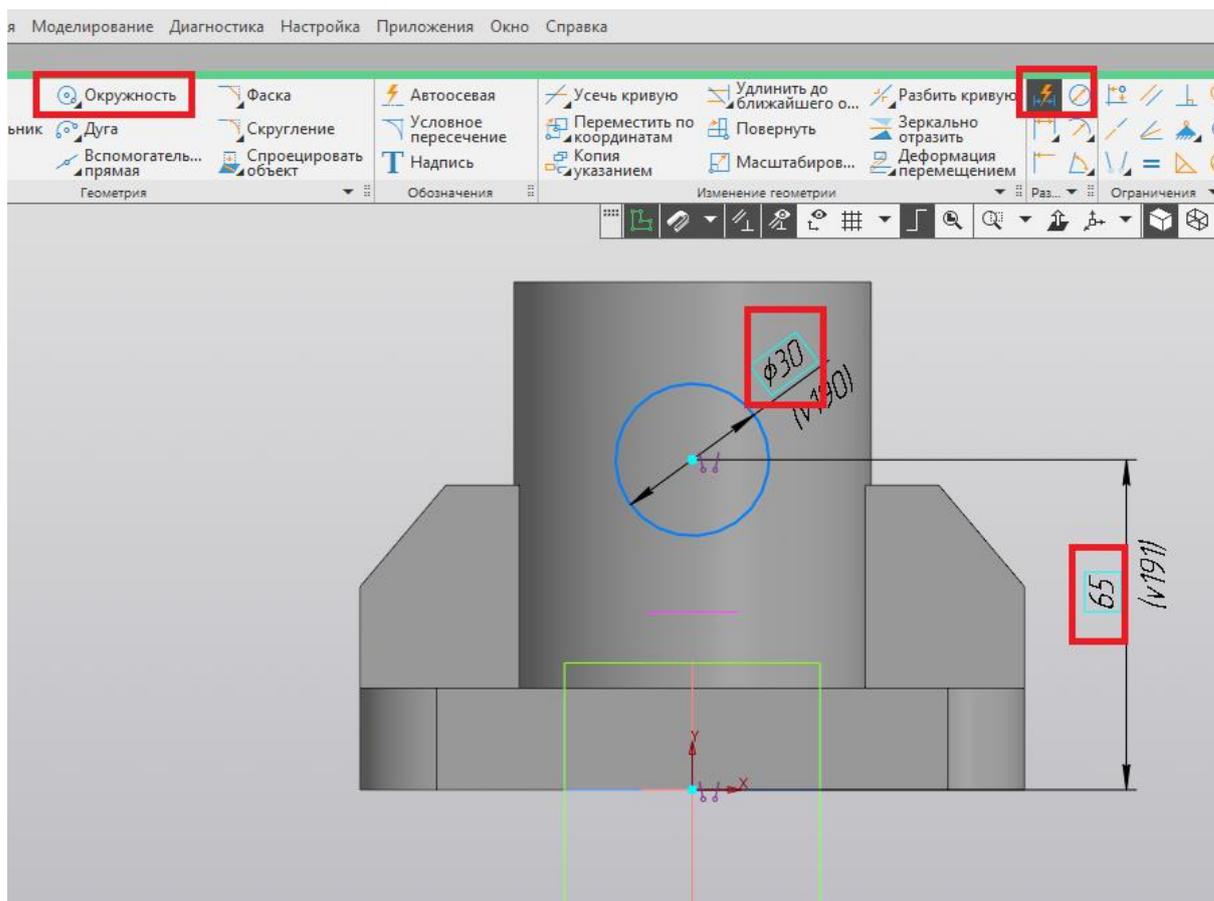


Рис. 159

32. Завершаем построение эскиза нажатием на пиктограмму «Создать эскиз» (рис. 160).

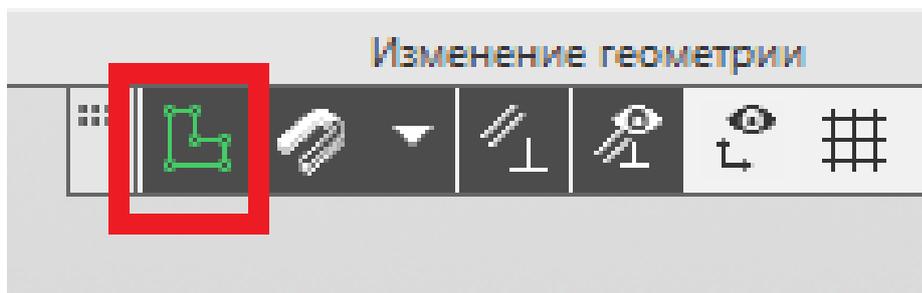


Рис. 160

33. При помощи команды «Вырезать выдавливанием» выполняем из полученного эскиза сквозное цилиндрическое отверстие (рис. 161).

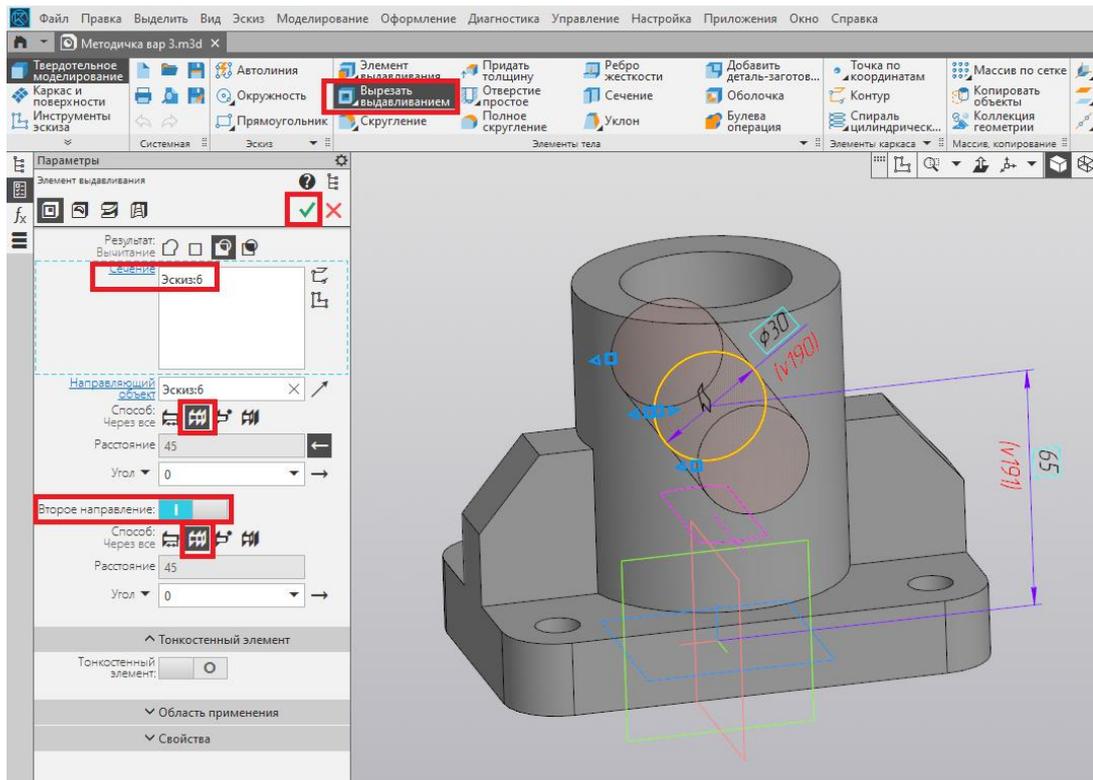


Рис. 161

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЯ №2

1. Для задания материала нажимаем правой кнопкой мыши в дереве построений на позицию «Деталь» и заходим в свойства модели (рис. 162).

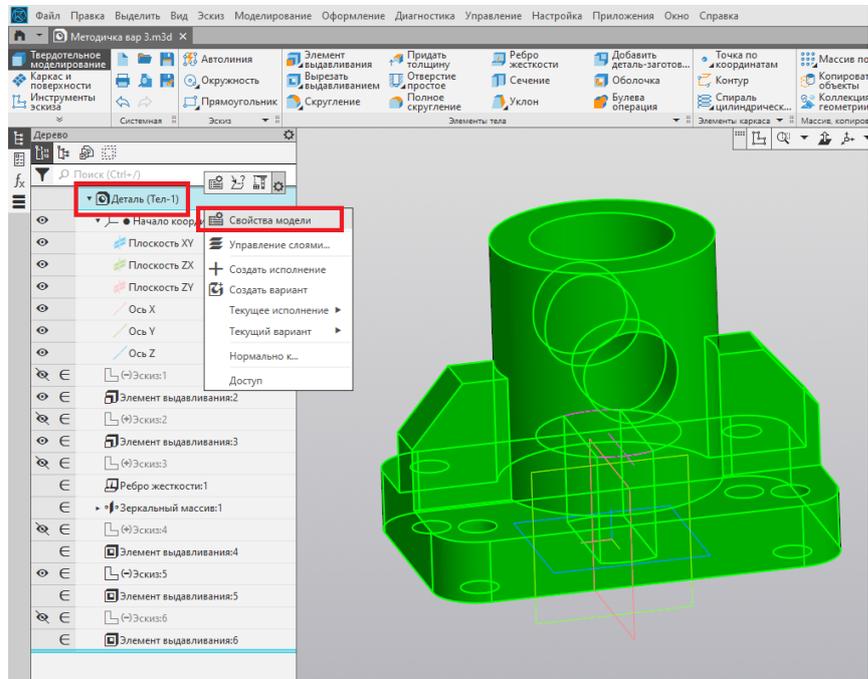


Рис. 162

2. Из библиотеки материалов выбираем необходимый материал (рис. 163).

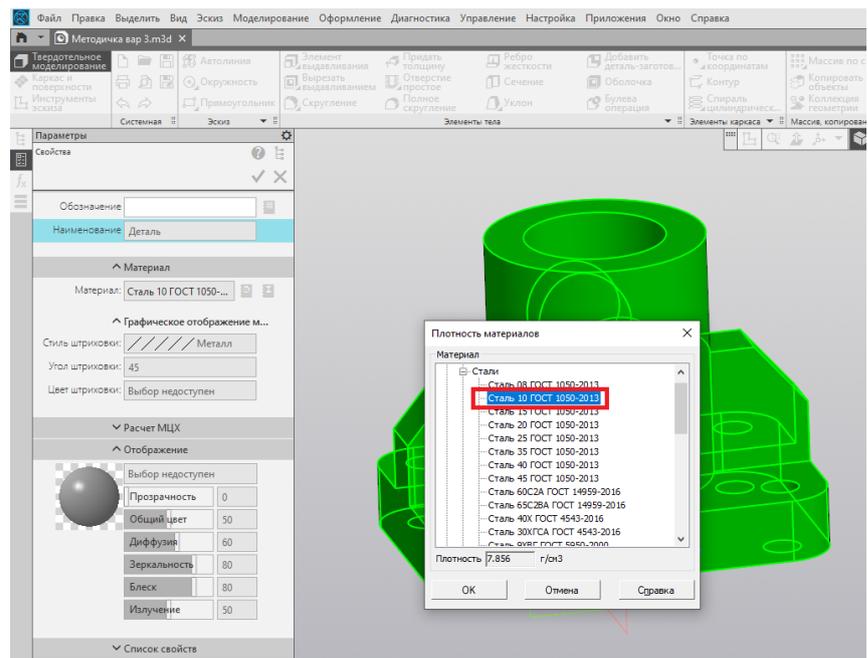


Рис. 163

3. Завершаем выполнение команды нажатием на зелёную галочку.
4. Площадь и объём модели детали получаем при использовании команды «МЦХ модели» (рис. 164).

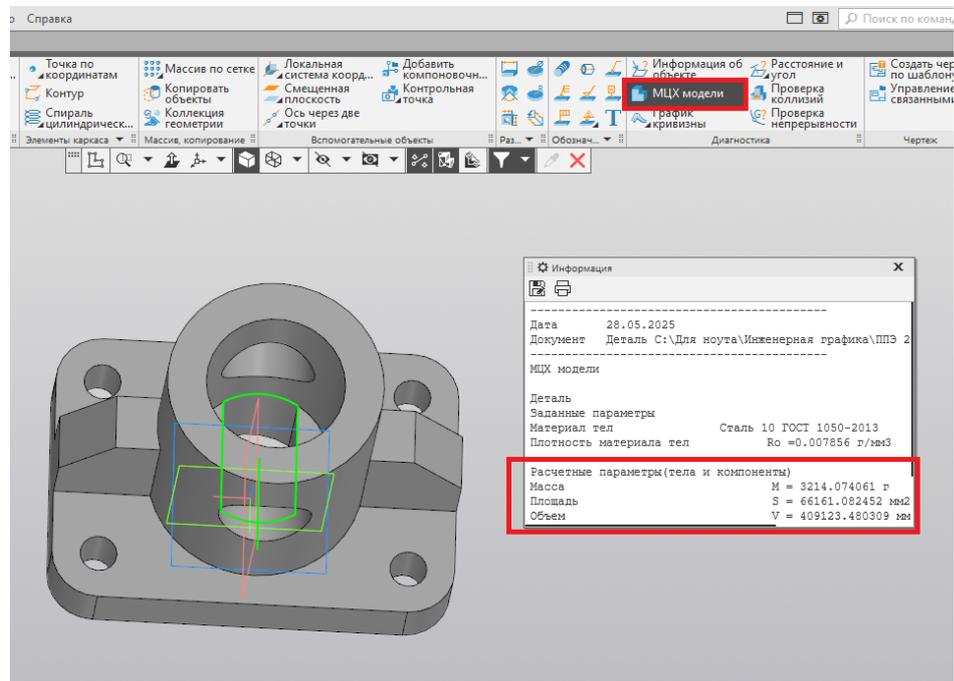


Рис. 164

5. Сохраняем файл в формате *.m3d.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЯ №3

1. Открываем раздел прочностного анализа APM FEM (рис. 165).

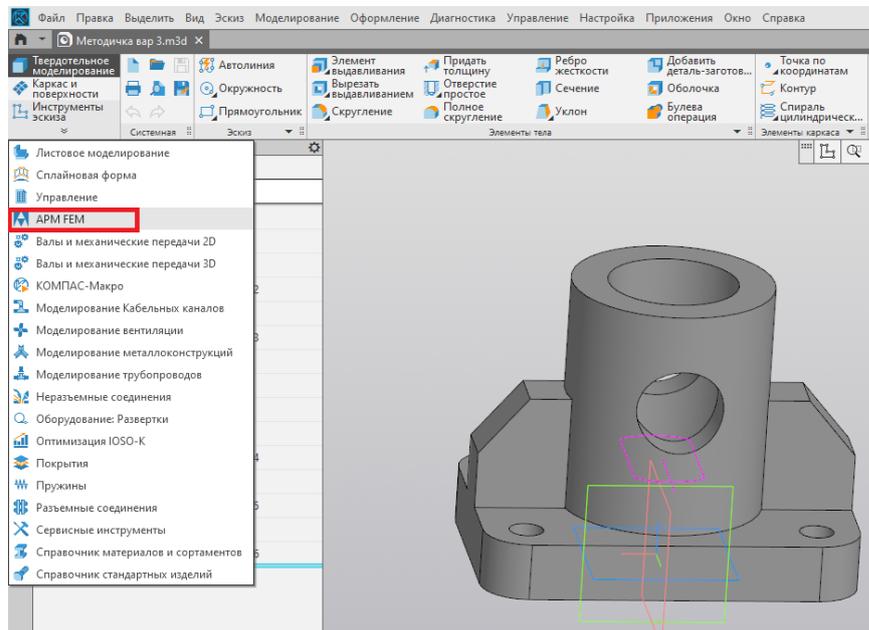


Рис. 165

2. Нажимаем клавишу F5 для перестройки модели и сохраняем наш файл. После этого появляется вкладка «Прочностной анализ».

3. При помощи команды «Закрепление» закрепляем нижнюю грань детали. Завершаем команду нажатием на зелёную галочку (рис. 166).

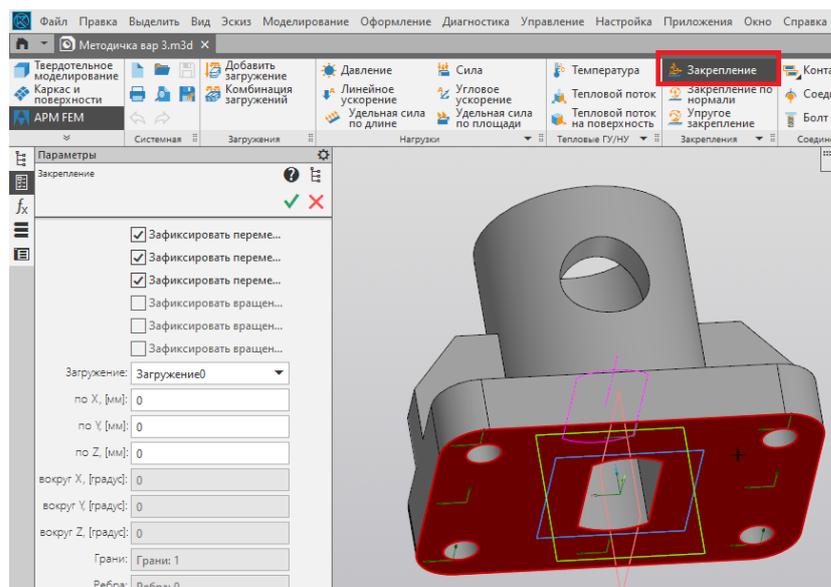


Рис. 166

4. Добавляем распределённую нагрузку на верхнюю грань детали при помощи команды «Сила». Указываем значение $-100\ 000$ по направлению Z и нажимаем клавишу Enter. Завершаем команду нажатием на зелёную галочку (рис. 167).

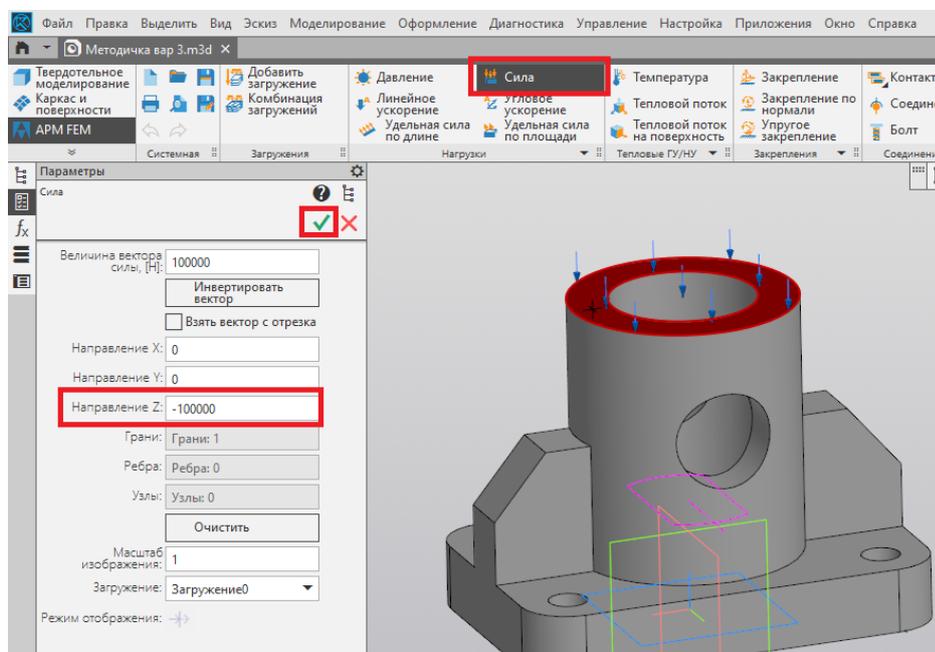


Рис. 167

5. Делаем скриншот с деревом построений, где прописана сила и закрепление (рис. 168).

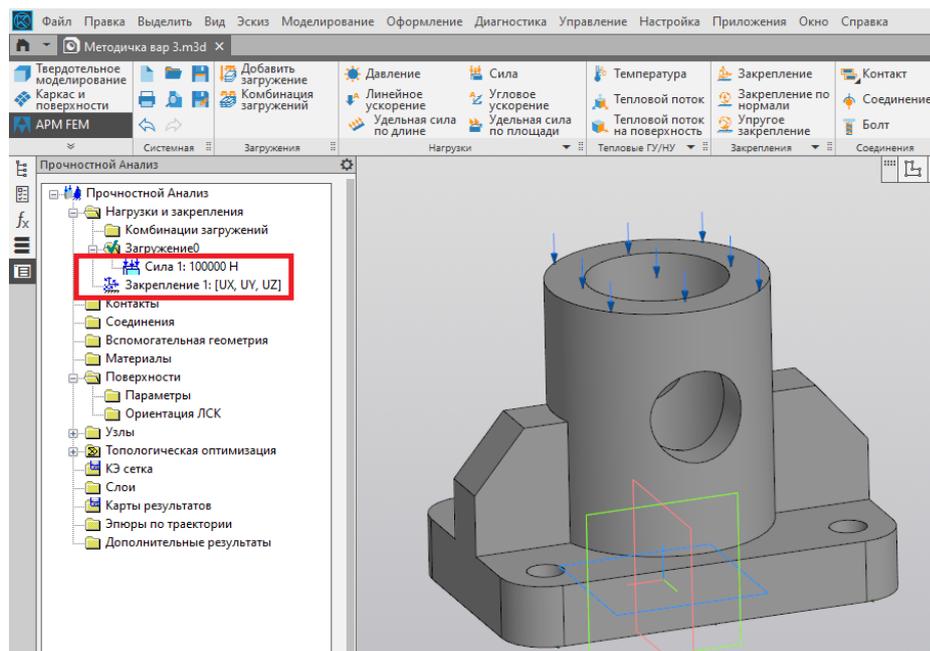


Рис. 168

6. Выбираем команду «Генерация КЭ сетки» и устанавливаем значения, указанные на рис. 169.

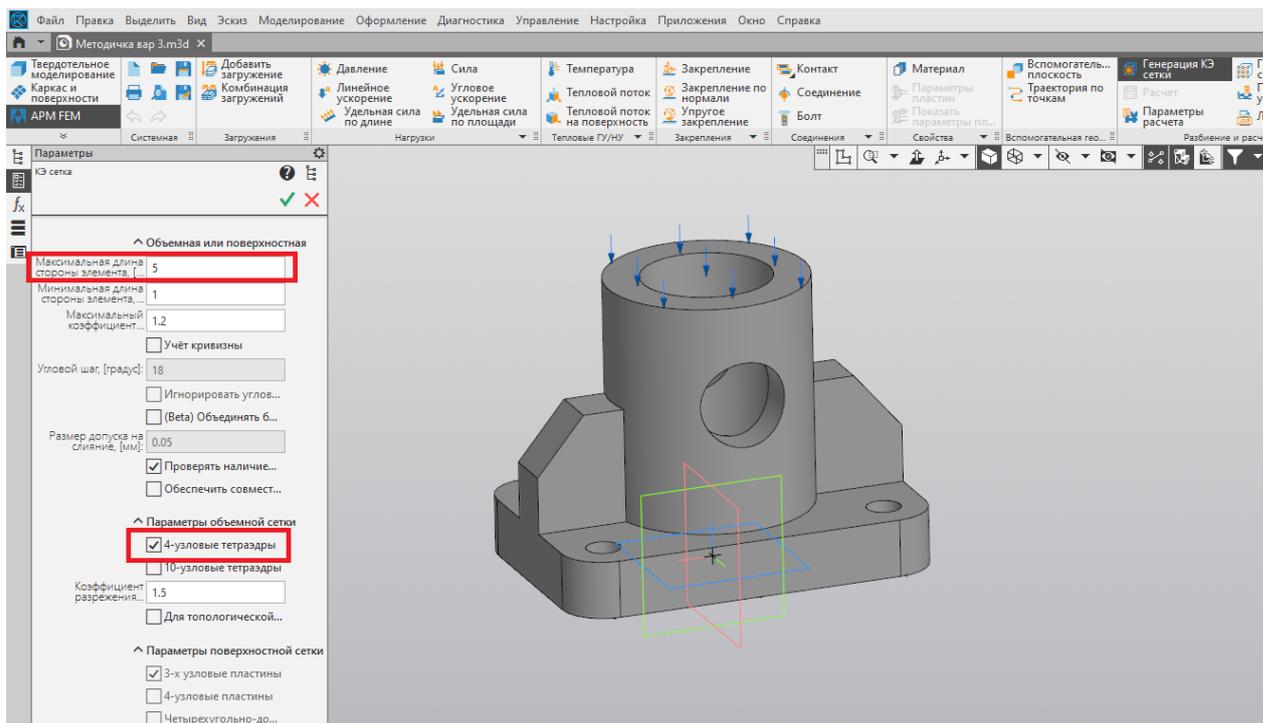


Рис. 169

7. Далее выбираем команду «Расчет» (рис. 170, 171).

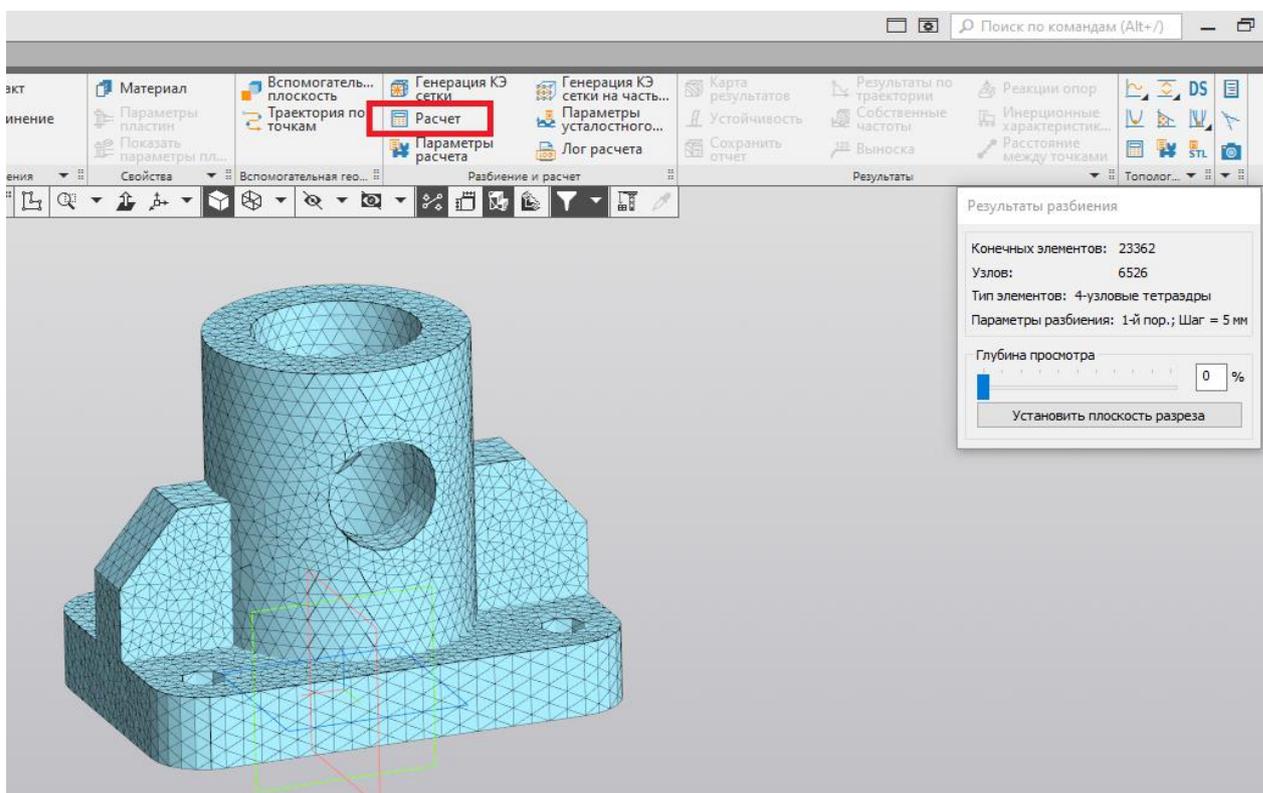


Рис. 170

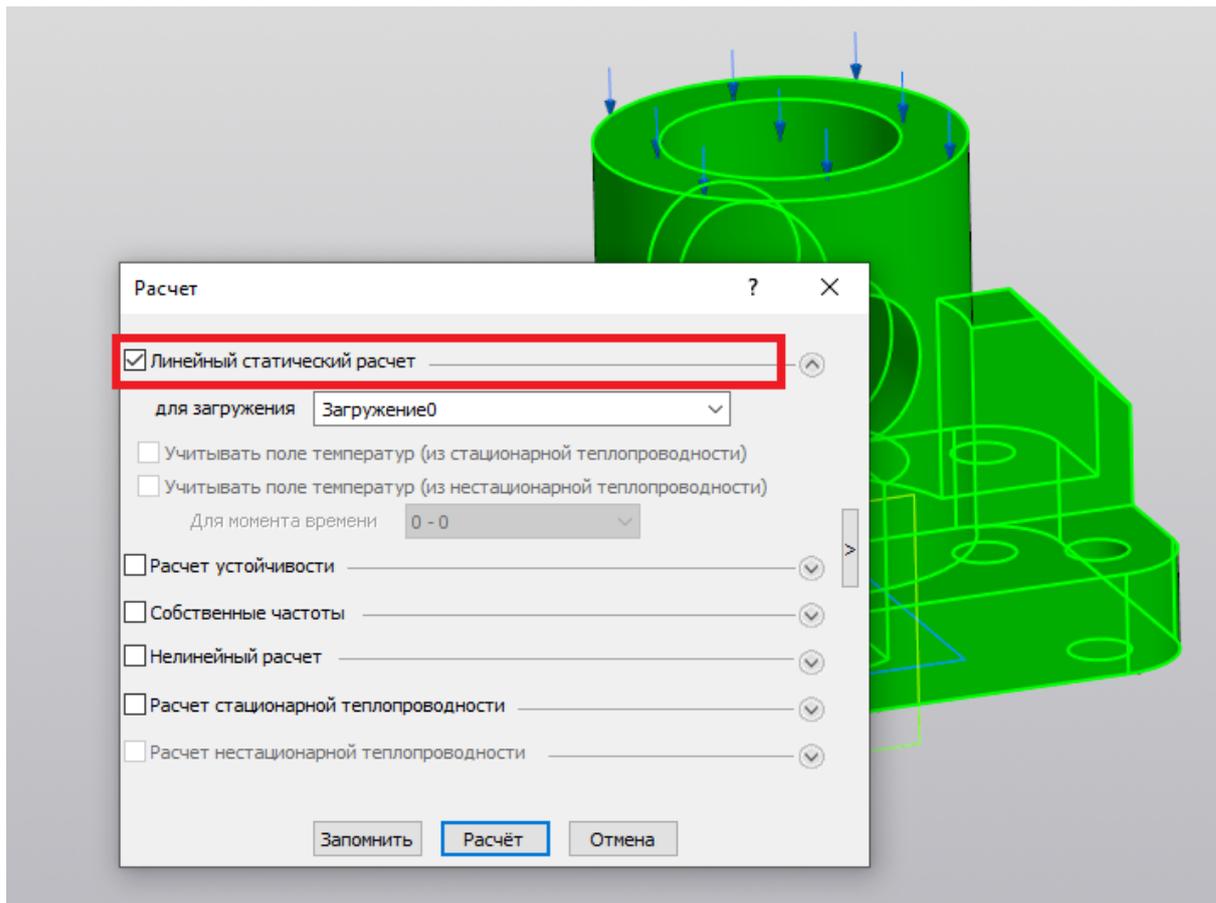


Рис. 171

8. После этого нажимаем команду «Карта результатов» (рис. 172).

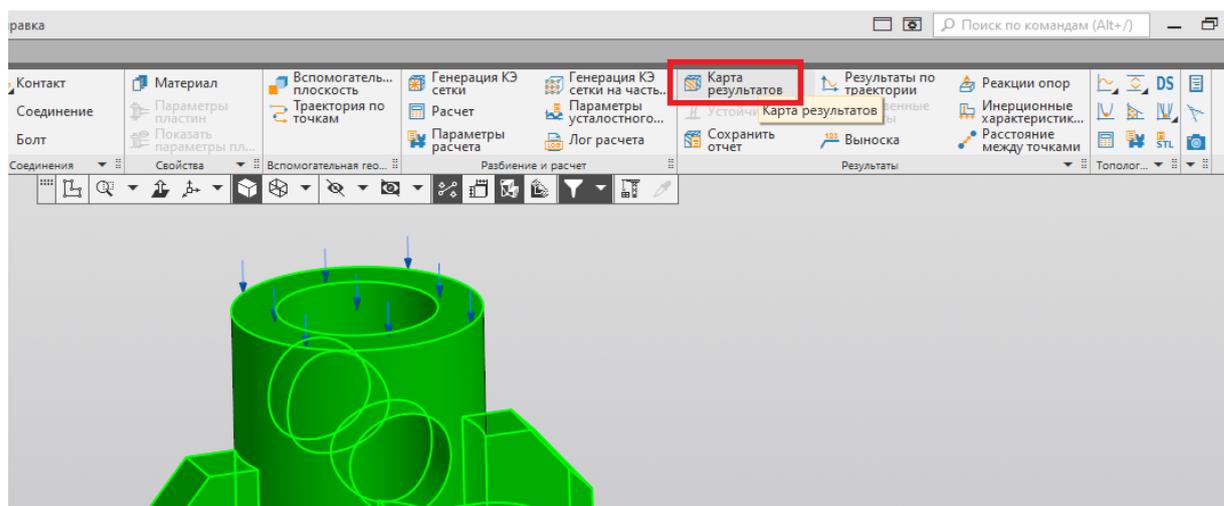


Рис. 172

9. Указываем параметры вывода результатов (рис. 173).

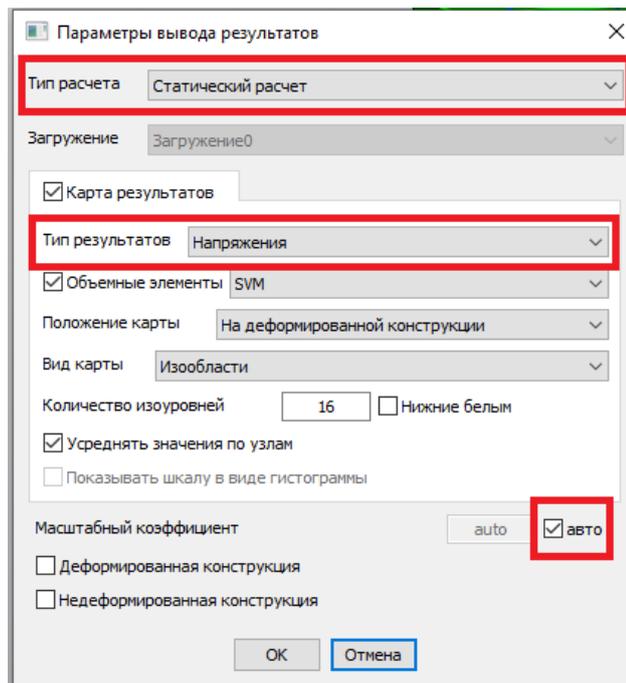


Рис. 173

10. Получаем цветную карту распределения напряжений и делаем её скриншот (рис. 174).

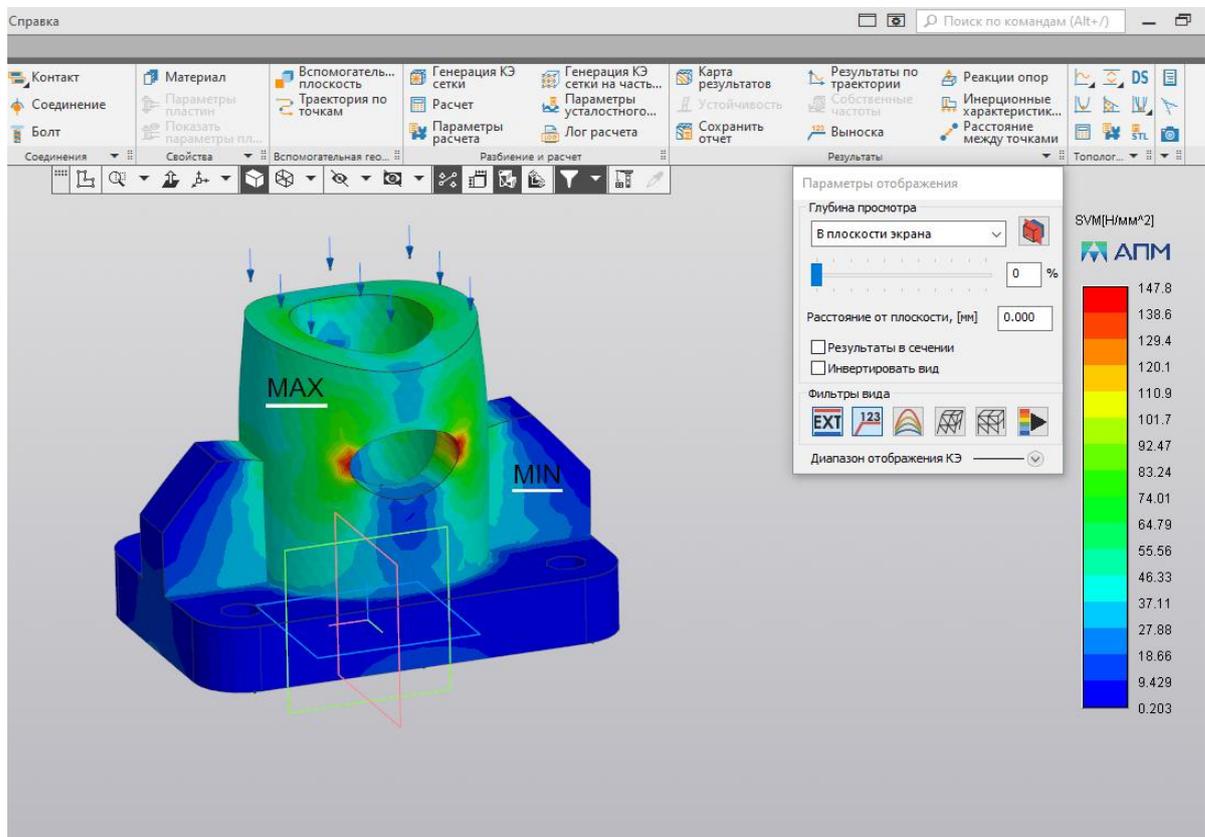


Рис. 174

ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ ОШИБКИ

1. При построении трёхмерных моделей деталей одной из самых частых ошибок является выполнение отверстий на этапе, когда ещё не добавлены все внешние части модели. В дальнейшем это может приводить к получению некорректной формы модели детали.

2. При выполнении эскиза основания корпуса начало координат часто находится не в центре симметрии. Впоследствии это приводит к тому, что приходится выполнять построения дополнительных рабочих плоскостей для использования команды «Зеркальный массив» и др.

3. На проверку предоставляются файлы с расширениями, отличными от требуемых в тексте задания.

4. При выполнении трёхмерной сборки на проверку часто сдают только файл со сборкой (*.a3d) без файлов компонентов.

5. Участники забывают приложить к файлам с моделями деталей необходимые скриншоты.

РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При выполнении резьбовых отверстий стоит обращать внимание на шаг резьбы. Если в обозначении шаг не указан, то это значит, что он крупный. Соответственно, если указан, то – мелкий. Эти данные помогут выбрать нужный раздел, в котором подбирается тип резьбы в программе.

2. При присвоении материала модели детали важен номер ГОСТа, т.к. для каждого материала существует большое количество разновидностей.

3. При загрузке модели детали в слайсер Ultimaker Cura стоит следить, чтобы модель детали не выходила за контур площадки 3D-принтера.

4. При выполнении трёхмерной сборки нужно отслеживать положения гаек и головок болта. На главном виде сборочного чертежа они всегда расположены таким образом, что видно три грани. Именно такое

расположение соблюдается и в трёхмерной сборке.

5. При выполнении статического расчёта требуется внимательно следить за областью, к которой прикладывается сила. При распределённой нагрузке сила прикладывается к грани, а не к ребру.