

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики
Кафедра основ конструирования машин

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

ПРОЦЕСС ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

ЭЛЕМЕНТОВ ПРИВОДНОЙ СТАНЦИИ

Часть 3

Методические указания для студентов всех форм обучения
по направлениям подготовки:

- 13.03.01 — Теплоэнергетика и теплотехника
- 13.03.02 — Электроэнергетика и электротехника
- 18.03.01 — Химическая технология
- 18.03.02 — Энерго- и ресурсосберегающие процессы
в химической технологии, нефтехимии
и биотехнологии

Составитель
Л. В. Смирнов

Санкт-Петербург
2023

Утверждено
на заседании кафедры ОКМ
28.09.2023 г., протокол № 2

Рецензент Д. А. Ковалёв

Методические указания соответствуют программам и учебным планам дисциплины «Прикладная механика» для студентов, обучающихся по направлениям подготовки: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», 18.03.01 «Химическая технология, 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

В методических указаниях приводится пример создания элементов приводной станции в программе КОМПАС-3D. Показаны пошаговые инструкции по созданию трехмерных объектов: промежуточного вала, шпонок, подшипника, крышек подшипника, корпуса подшипника, упругой втулочно-пальцевой муфты, зубчатой муфты.

Методические указания предназначены для бакалавров очной и заочной форм обучения.

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД
в качестве методических указаний

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=2020169 паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 16.11.2023 г Рег. № 5263/23

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Моделирование промежуточного вала и шпонок	5
Моделирование подшипников	24
Моделирование корпуса подшипников	39
Моделирование низкой глухой крышки	72
Моделирование низкой сквозной крышки	85
Моделирование упругой втулочно-пальцевой муфты	99
Моделирование зубчатой муфты	120
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	171
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ	172

ВВЕДЕНИЕ

В рамках дисциплины «Прикладная механика» выполняется курсовой проект или курсовая работа в зависимости от учебного плана. Для эффективного построения всех элементов схемы подготовлены пошаговые инструкции по созданию всех элементов, включенных в приводную станцию.

В процессе создания конструкторской документации больше не используется двумерная графика, а делается упор на работу в трехмерном пространстве с последующим генерированием чертежей по имеющейся трехмерной модели.

Расчет всех элементов приводной станции подробно описан в методических указаниях [1-4]. В данных методических указаниях с применением программного обеспечения типа КОМПАС-3D выполняется построение трехмерных моделей по уже имеющимся значениям, характерным для каждого элемента приводной станции.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ВАЛА И ШПОНОК

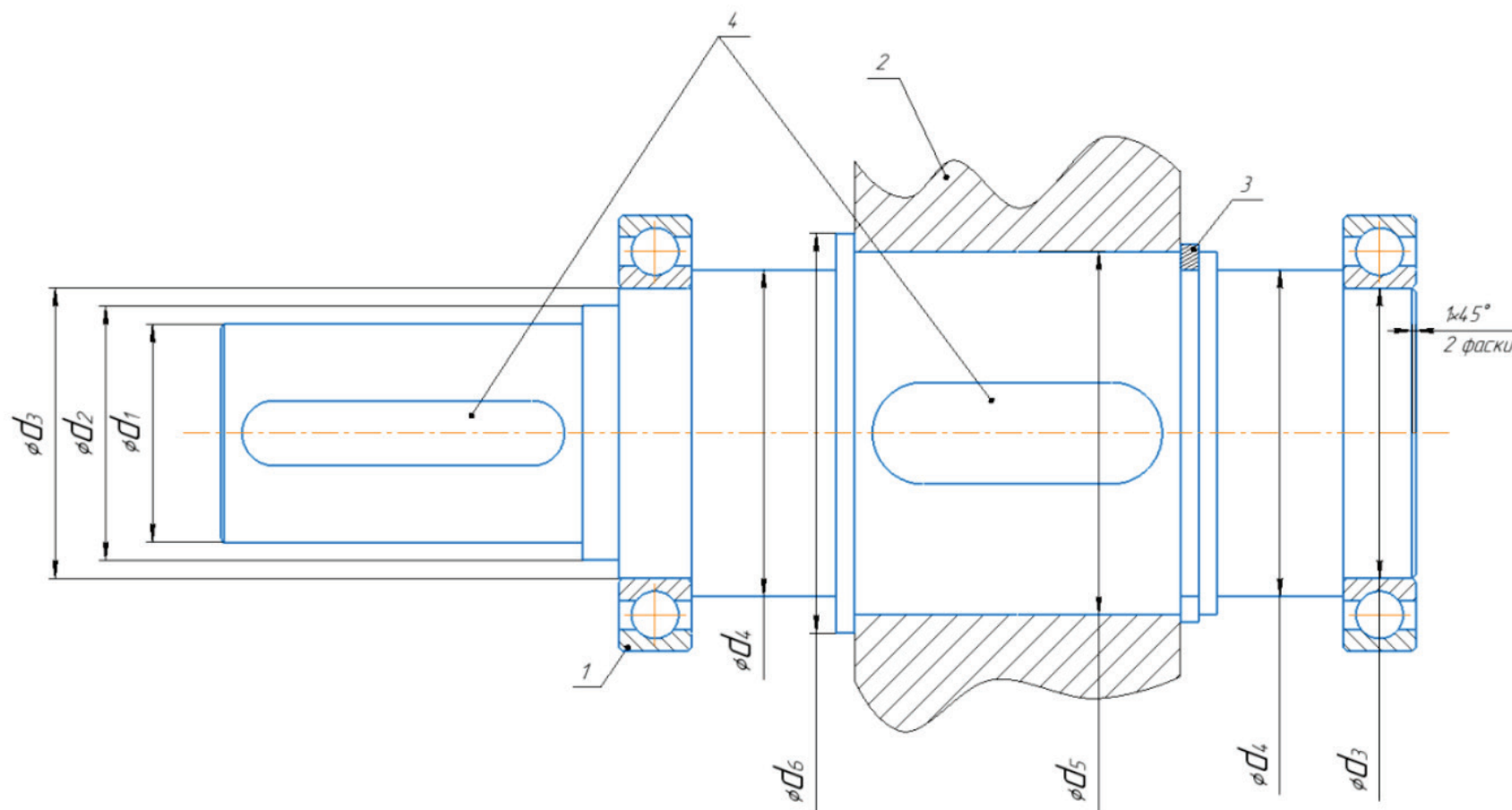


Рисунок 1 – Конструкция промежуточного вала, диаметры
1 – подшипник, 2 – зубчатое колесо, 3 – упорное кольцо, 4 – шпонки

В зависимости от типа открытой передачи конструкция промежуточного вала слегка видоизменяется, но принцип построения остается одним и тем же. Промежуточный вал, изображенный на рисунке 1, характерен для открытой зубчатой передачи. В методических указаниях [1-2] приводится расчет и схемы построения для других типов вала.

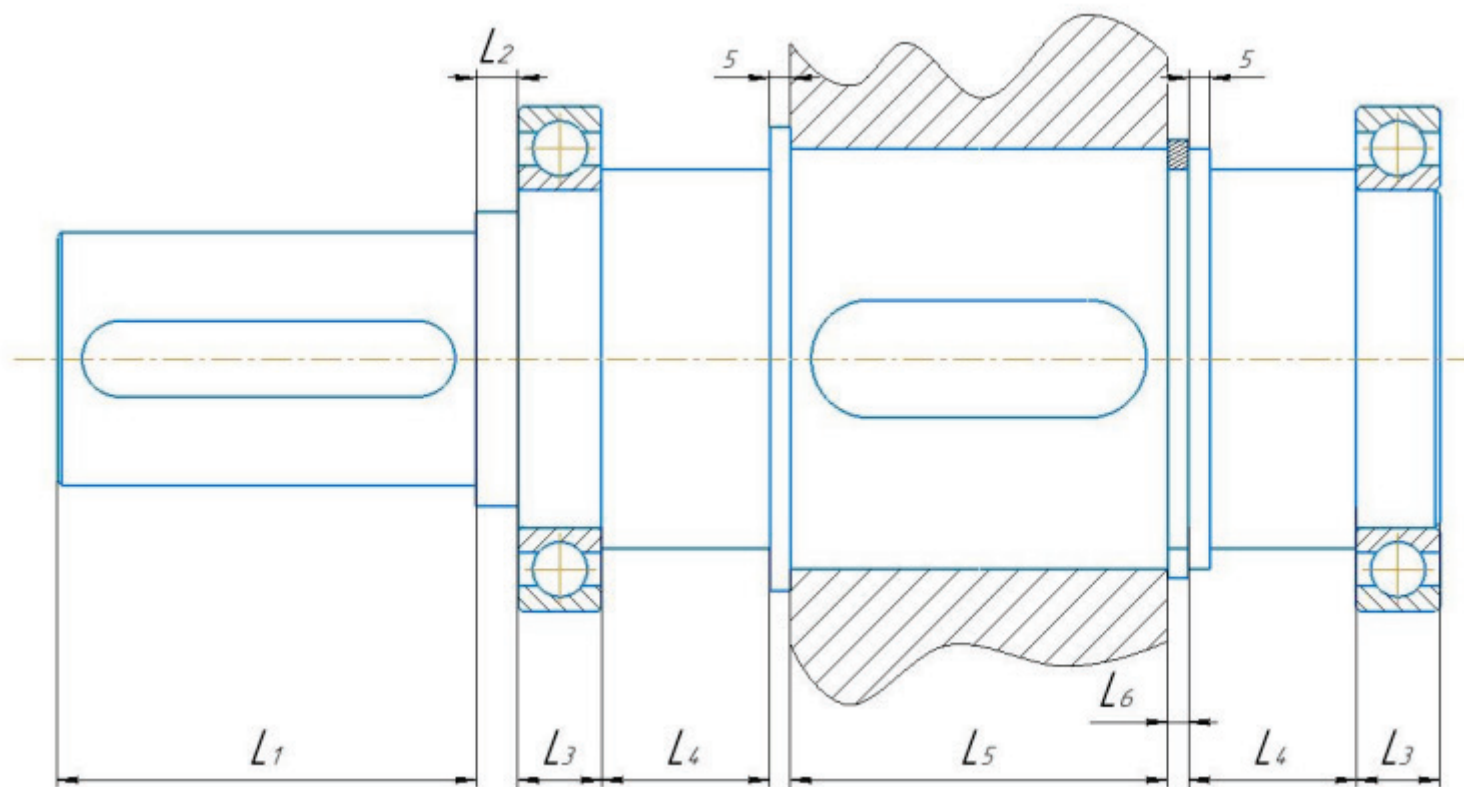


Рисунок 2 – Конструкция промежуточного вала, расстояния

Длина первого участка L_1 находится по формуле (1), как 1,5 диаметра выходного участка вала d_1 :

$$L_1 = 1,5 \cdot d_1 \quad (1)$$

Длина участка L_2 постоянна и равна 20 (мм). Длина участка L_3 зависит от ширины подшипника. Длина участка L_4 постоянна и равна 40 (мм). Длина участка L_5 равна ширине зубчатого колеса. Длиной участка L_6 является ширина упорного пружинящего кольца или канавки под него.

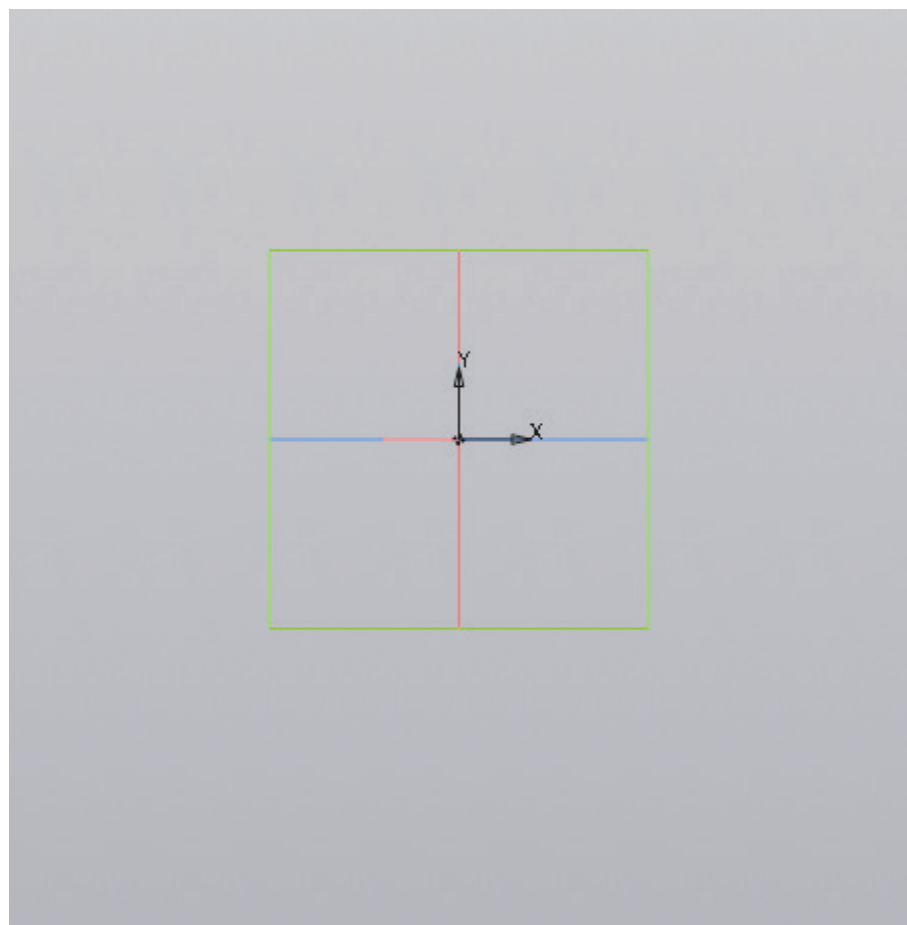


Рисунок 3 – Создание эскиза

Выбрав для создания эскиза одну из центральных плоскостей, в данном случае эскиз создан на плоскости XY , следует приступить к построению вспомогательных прямых.

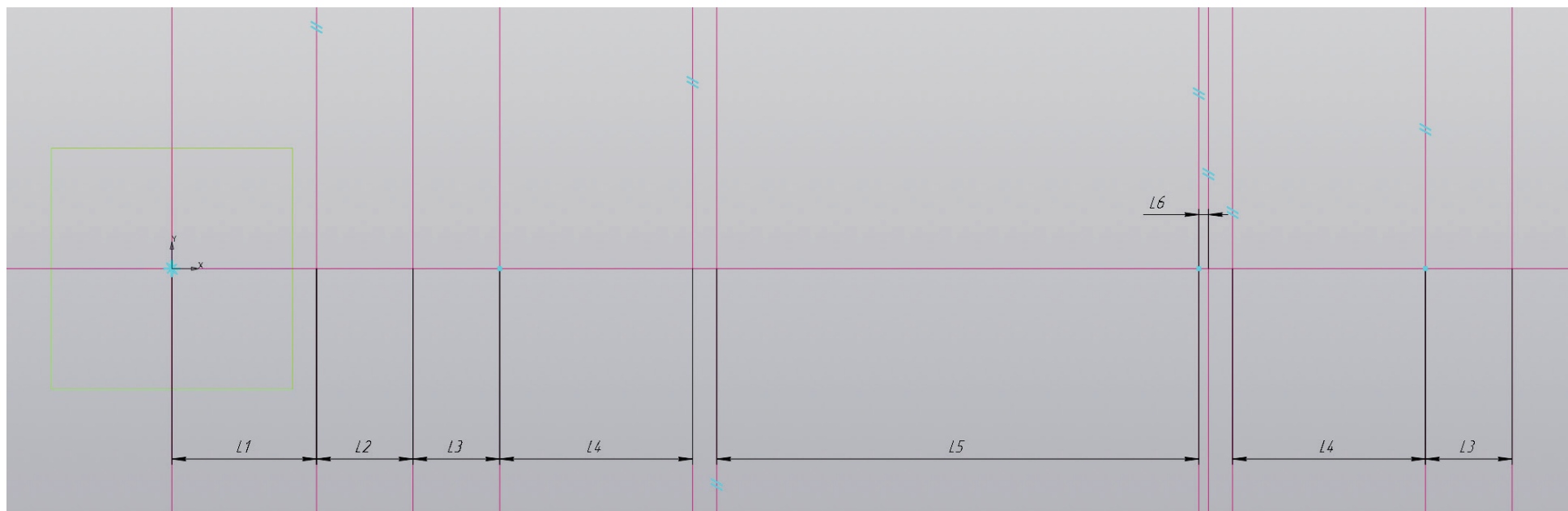


Рисунок 4 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

В начале координат проводится вертикальная и горизонтальная вспомогательные прямые. От вертикальной прямой предстоит отложить несколько параллельных прямых согласно размерам участков (рис. 4).

Закончив построение вертикальных прямых, предстоит построить параллельные прямые от горизонтальной вспомогательной прямой, расположенной в начале координат. На рисунке 5. показаны радиусы, поскольку построение вала будет вестись через элемент вращения. Следовательно, построение полного контура не является целесообразным.

Выполнив построение вспомогательных прямых, предстоит создать контур промежуточного вала как элемента вращения. Для этого в произвольном месте горизонтальной прямой, находящейся по центру, нужно разместить осевую линию произвольной длины, как показано на рисунках 6 и 7.

Закончив построение эскиза предстоит выбрать на панели инструментов «Элемент вращения», для этого необходимо раскрыть список команд «Элемент выдавливания». После чего задать угол поворота эскиза относительно оси на 360 градусов (рис. 8). На рисунке 9 представлена трехмерная модель промежуточного вала. После того, как получена трехмерная модель, необходимо сделать фаски на первой и последней поверхностях (рис. 10). Для того, чтобы закончить моделирование промежуточного вала, необходимо на первом и пятом участках создать шпоночные канавки.

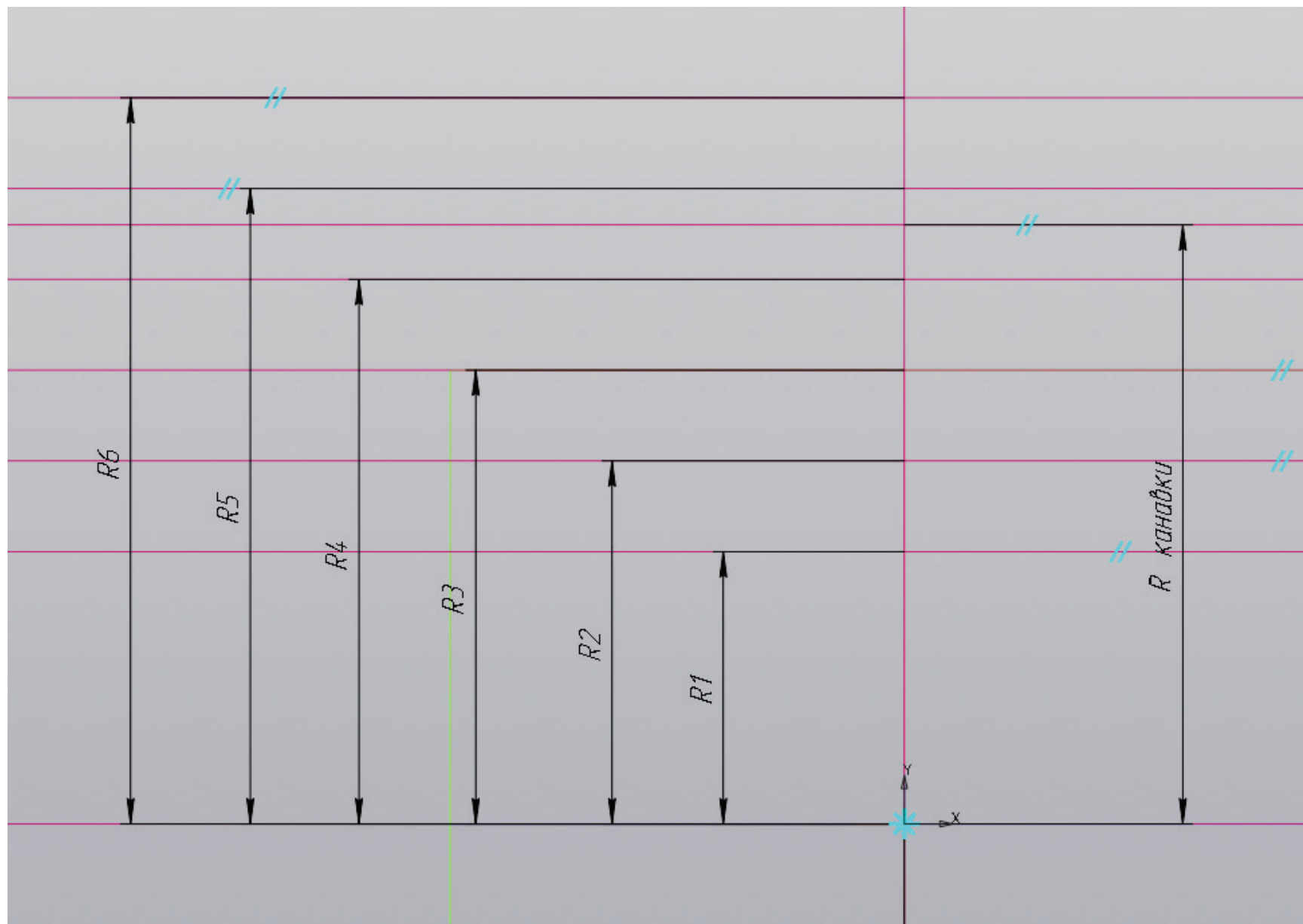


Рисунок 5 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

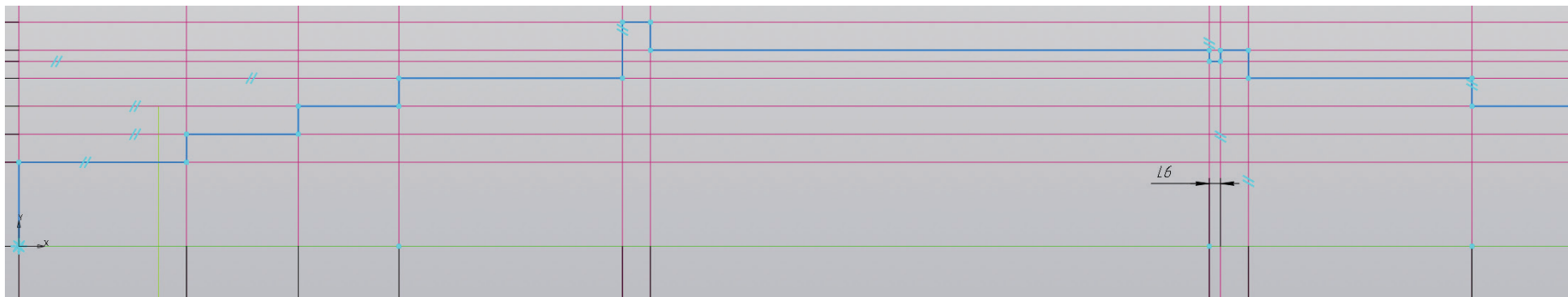


Рисунок 6 – Работа с эскизом, создание контура

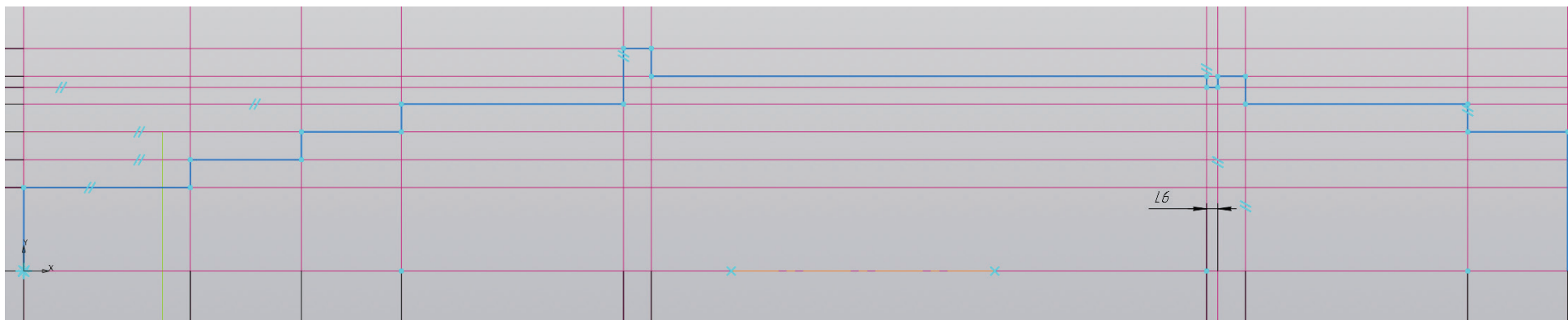


Рисунок 7 – Работа с эскизом, осевая линия

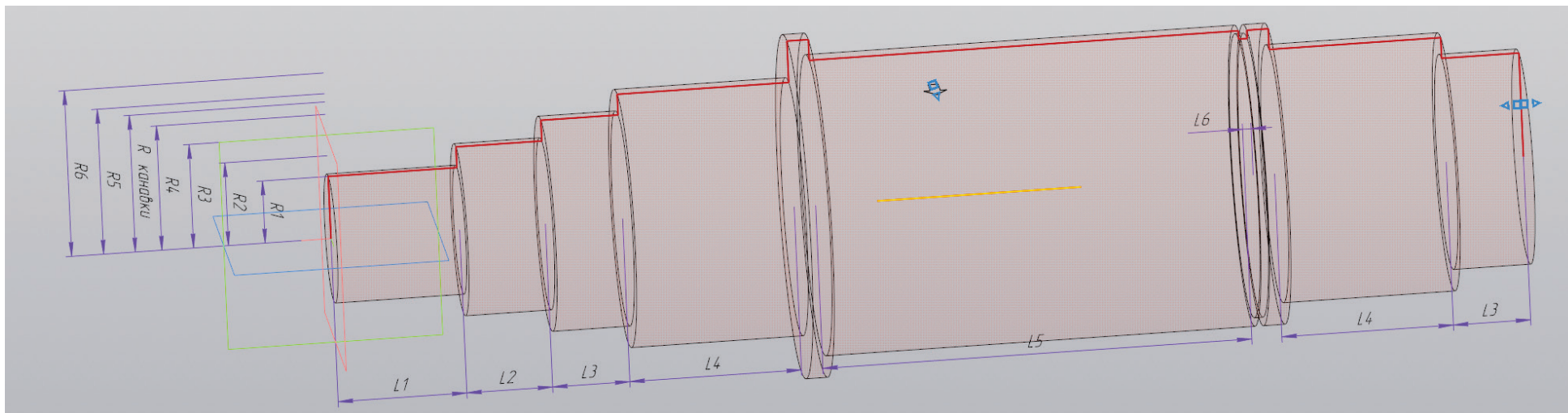


Рисунок 8 – Создание трехмерной модели промежуточного вала

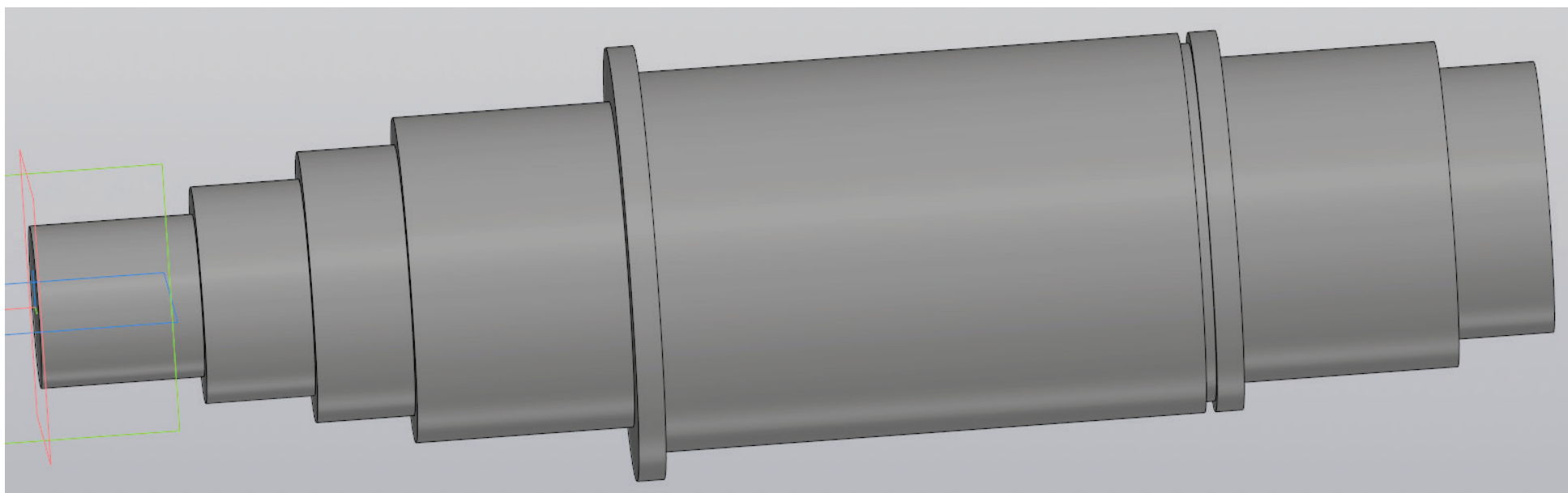


Рисунок 9 – Трехмерная модель промежуточного вала без шпоночных канавок

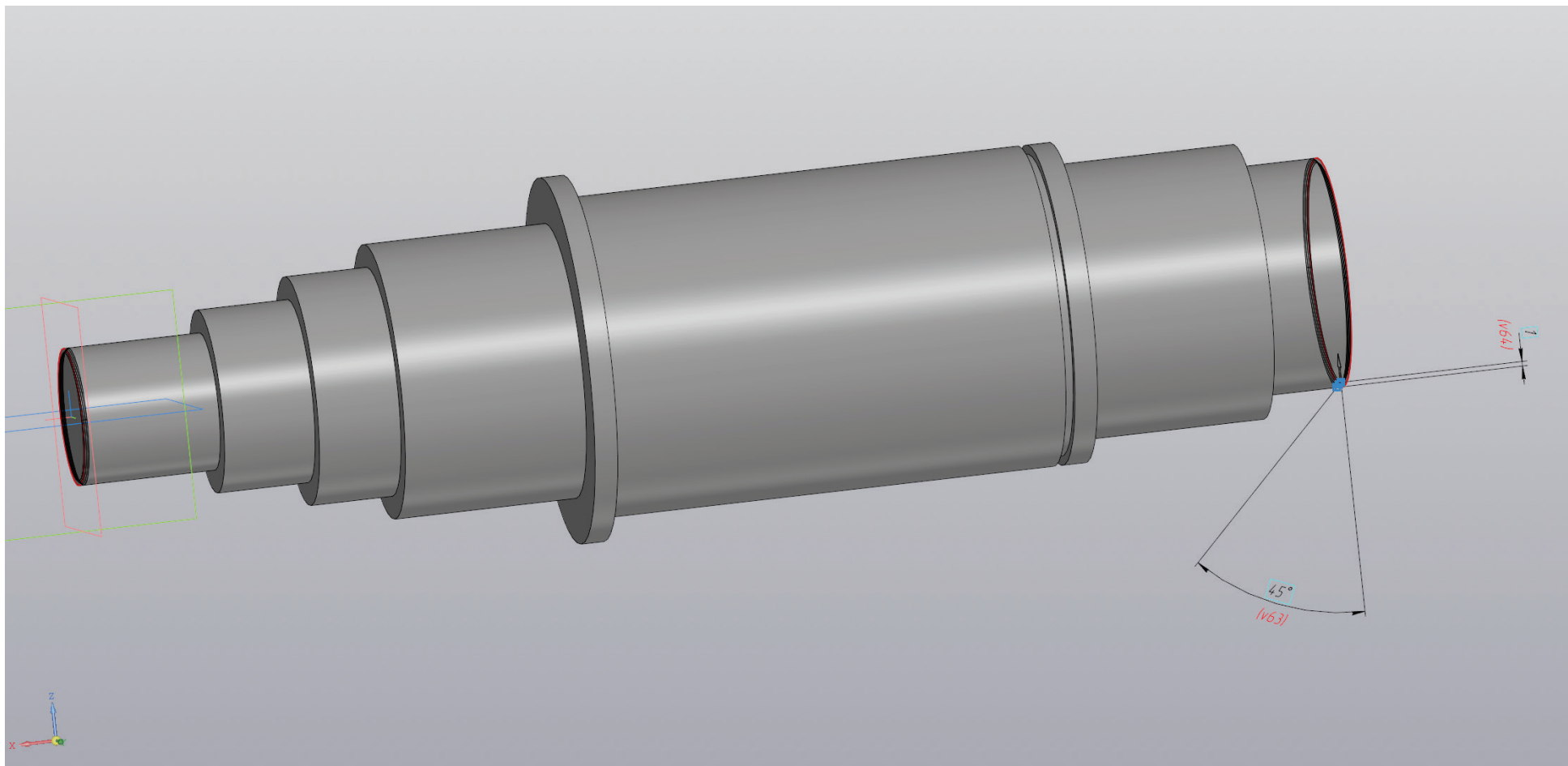


Рисунок 10 – Создание фасок на валу

На рисунке 10 показано создание фасок на первом и последнем участках вала. Также можно создать фаски непосредственно в эскизе и с помощью элемента вращения создать вал уже с фасками.

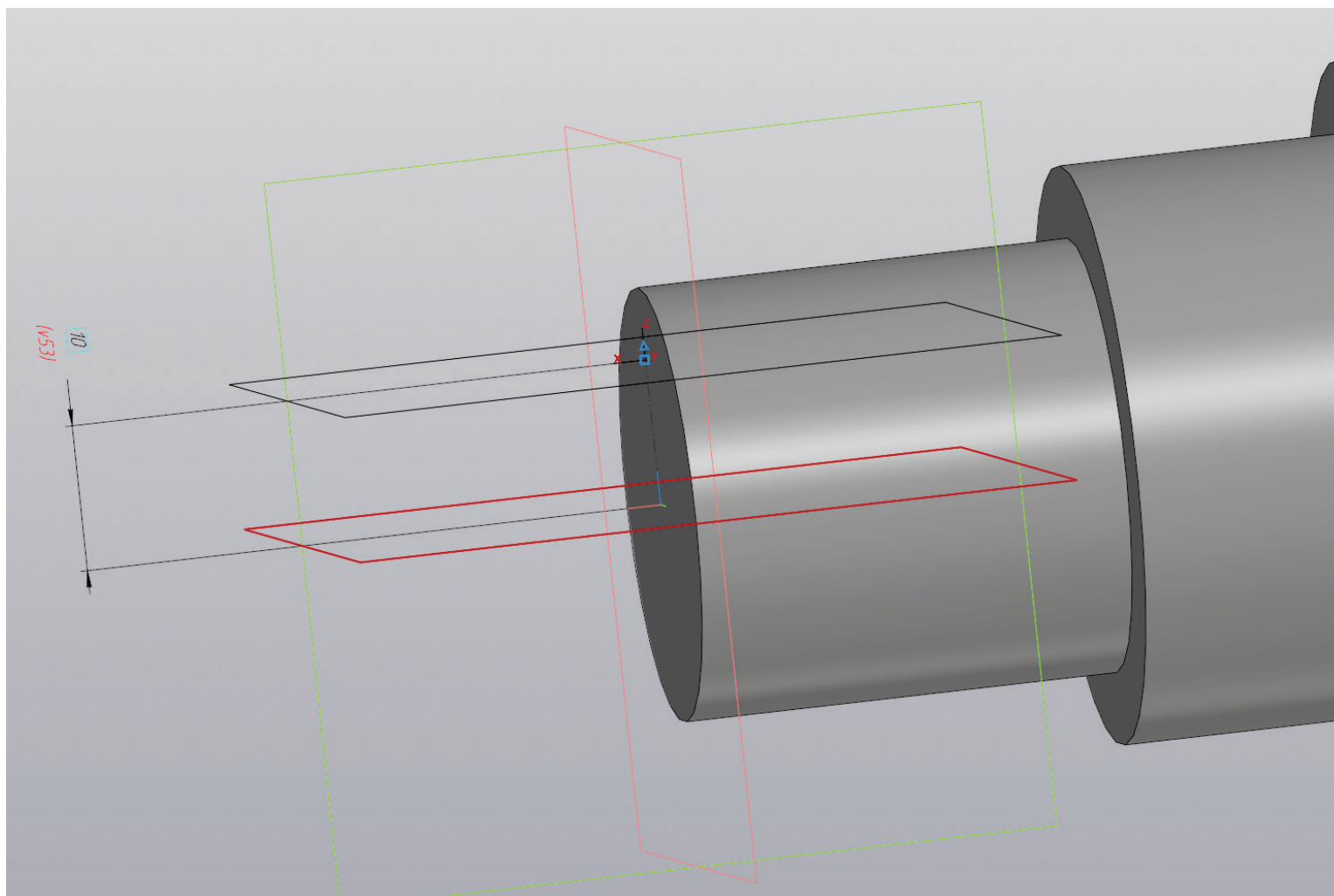


Рисунок 11 – Создание вспомогательной плоскости

Для того, чтобы создать шпоночную канавку на промежуточном валу, необходимо зайти в ГОСТ 23360-78 и свериться с диаметром вала. Ввиду того, что шпонки располагаются на участках первого и пятого диаметра, они будут различаться как по длине, так и по другим параметрам. От центральной плоскости предстоит отложить расстояние, равное половине диаметра первого участка, и вычесть из него половину высоты шпонки (рис. 11).

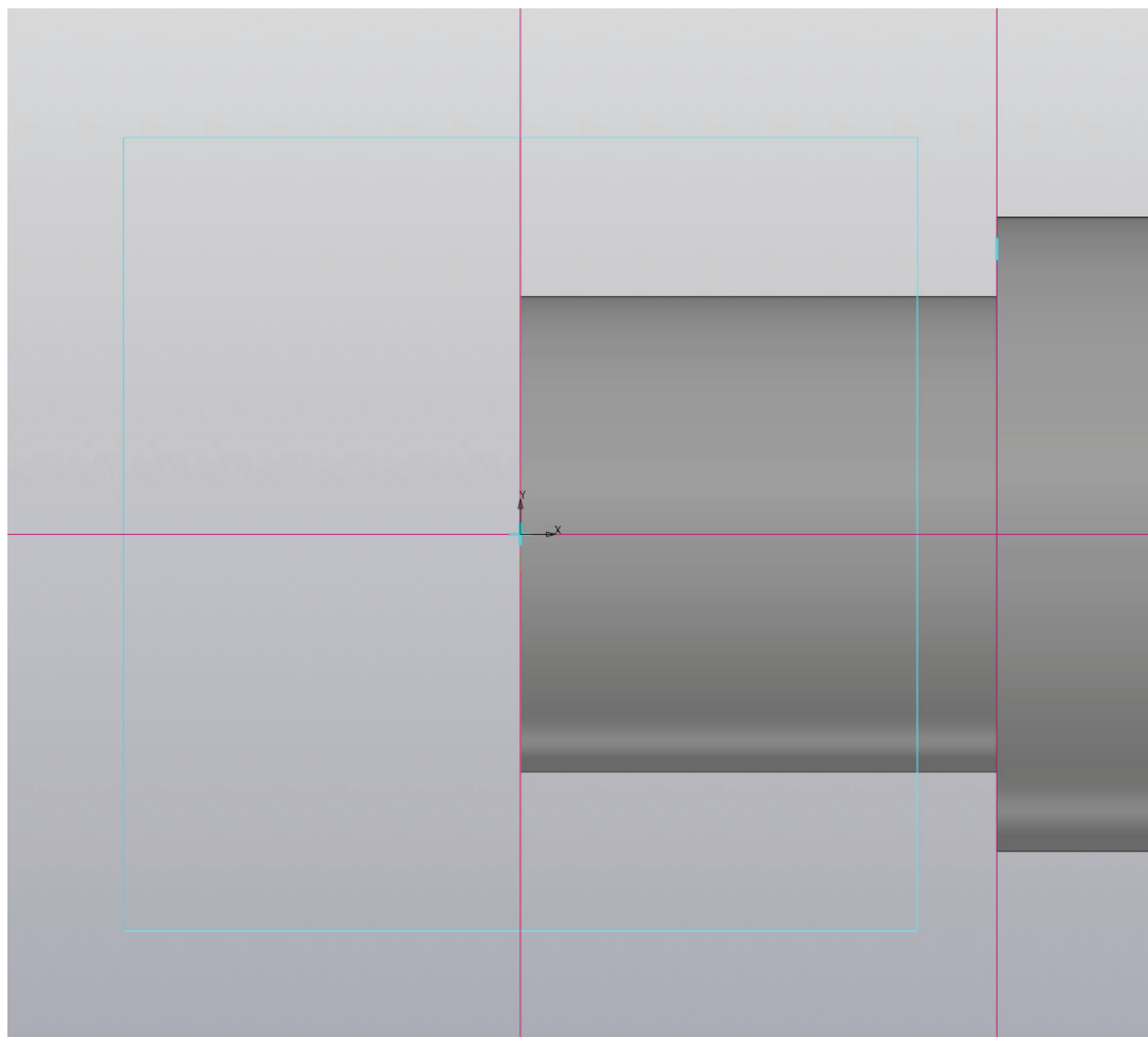


Рисунок 12 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

На образованной плоскости необходимо создать эскиз и отложить на нем вспомогательные прямые, как показано на рисунке 12. Горизонтальная прямая находится в начале координат, а вертикальные в начале и конце участка вала.

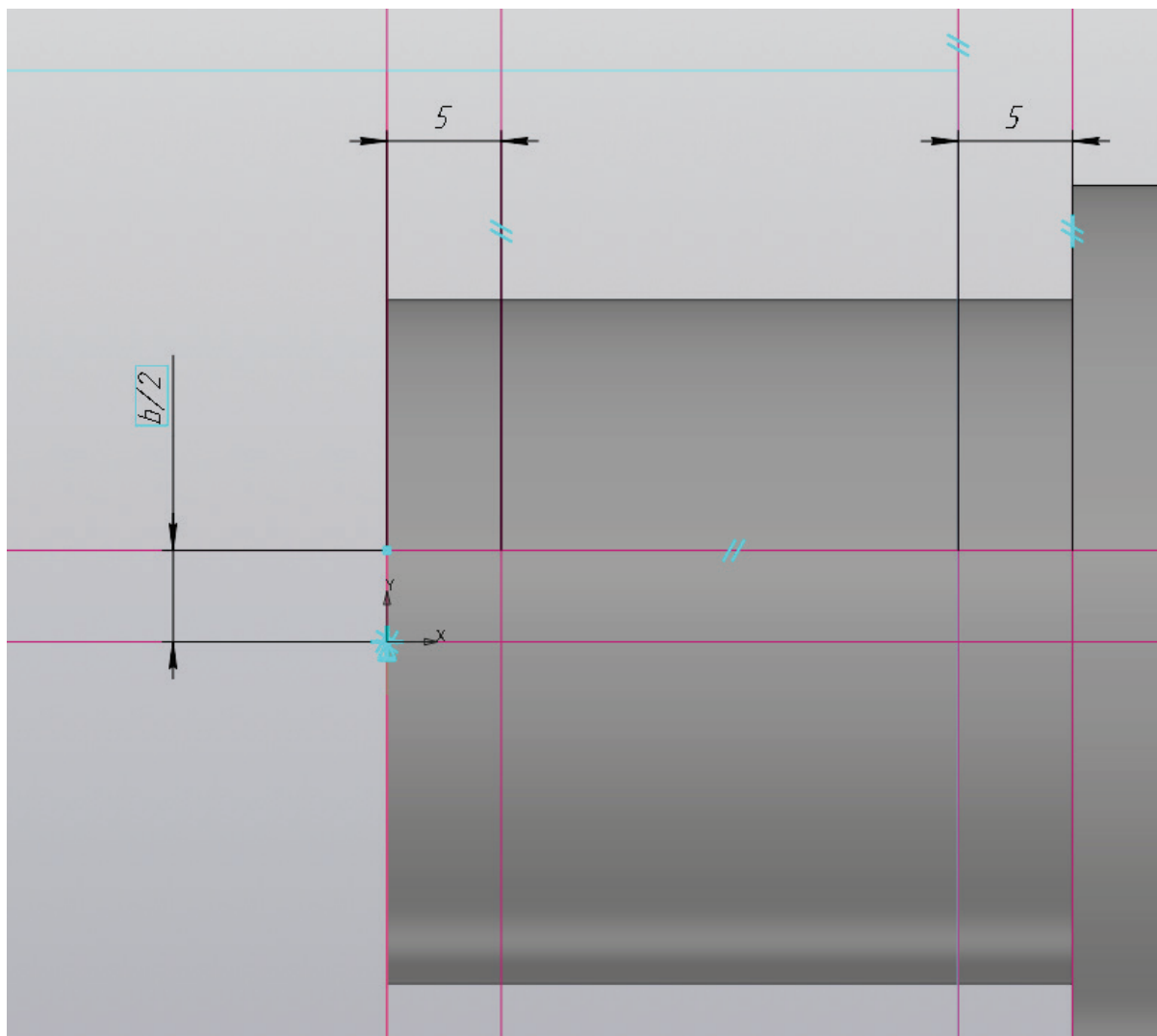


Рисунок 13 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

От вертикальных прямых необходимо отложить по параллельной прямой на расстояние 5 (мм), при этом необходимо соблюдать размеры длины шпонки согласно значению из ГОСТа. После этого от центральной прямой в одну сторону откладывается параллельная прямая, равная половине ширины шпонки (рис. 13).

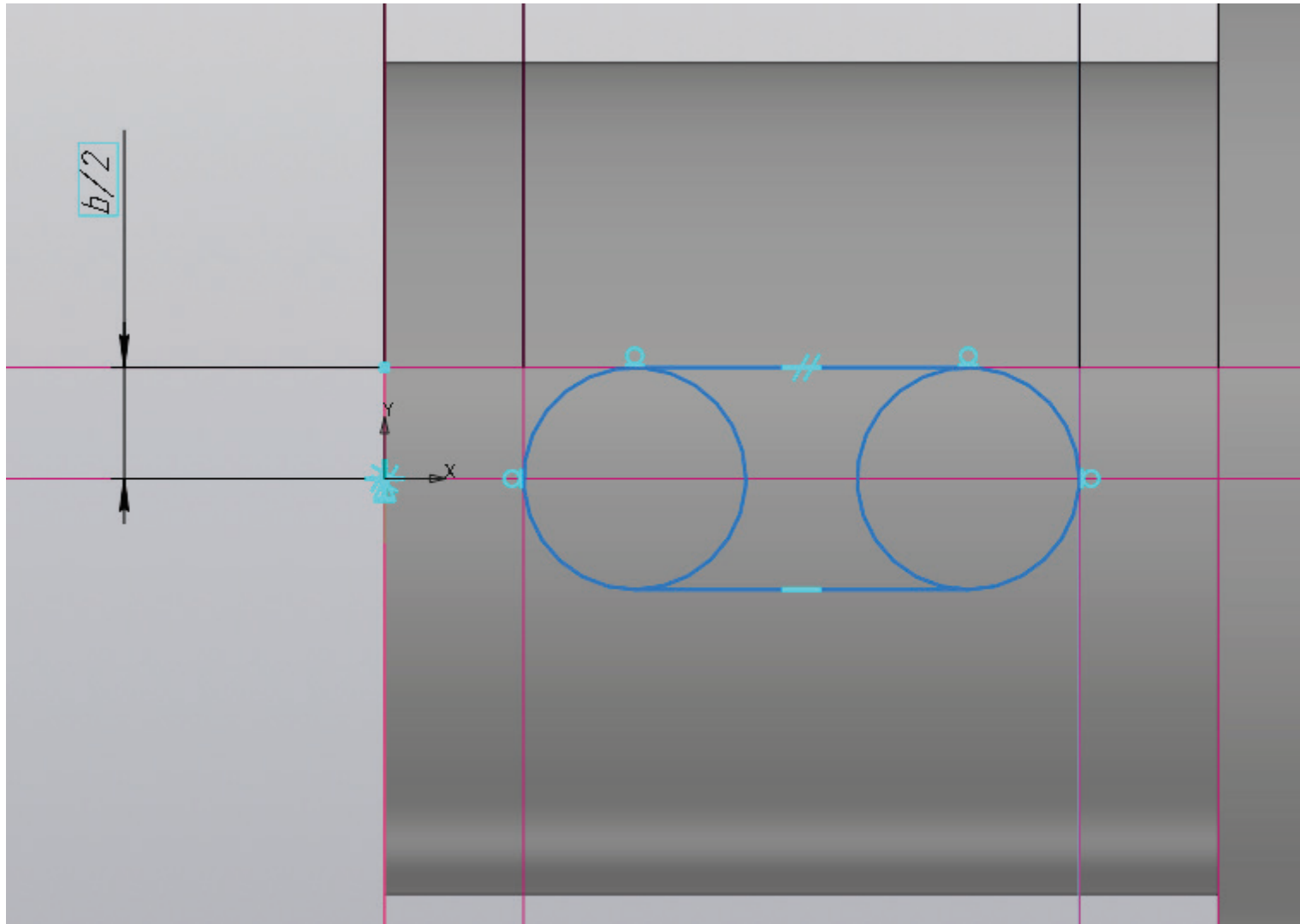


Рисунок 14 – Работа с эскизом, создание контура

С помощью функции «Окружность по двум кривым» выполняется построение окружности, касательной к прямым, как на рисунке 14, после чего с помощью функции «Отрезок» окружности соединяются между собой с двух сторон.

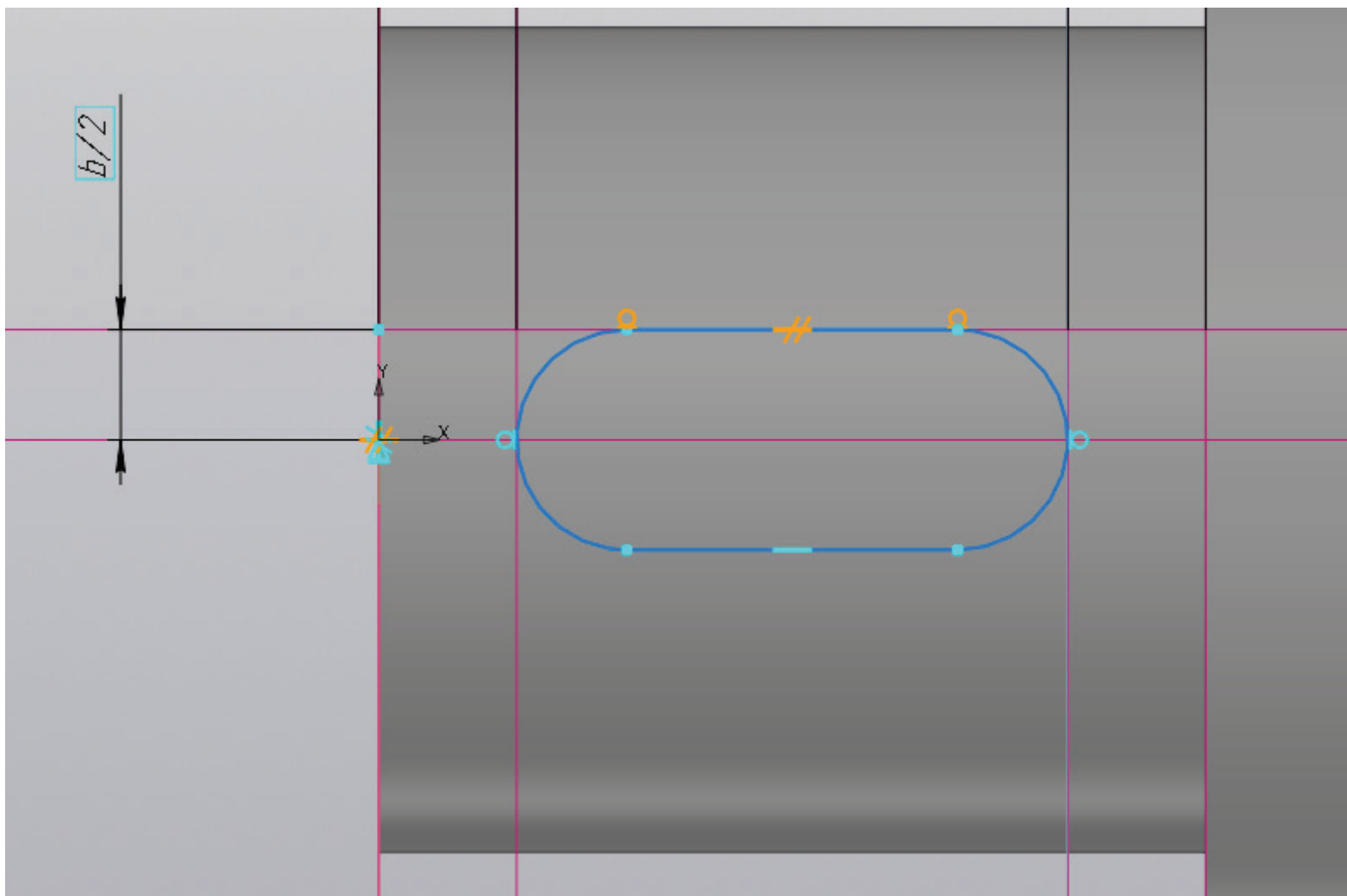


Рисунок 15 – Завершенный эскиз шпоночной канавки

Соединив все элементы, необходимо удалить ненужные части с помощью функции «Усечь кривую», как показано на рисунке 15. После чего предстоит перейти к созданию объема.

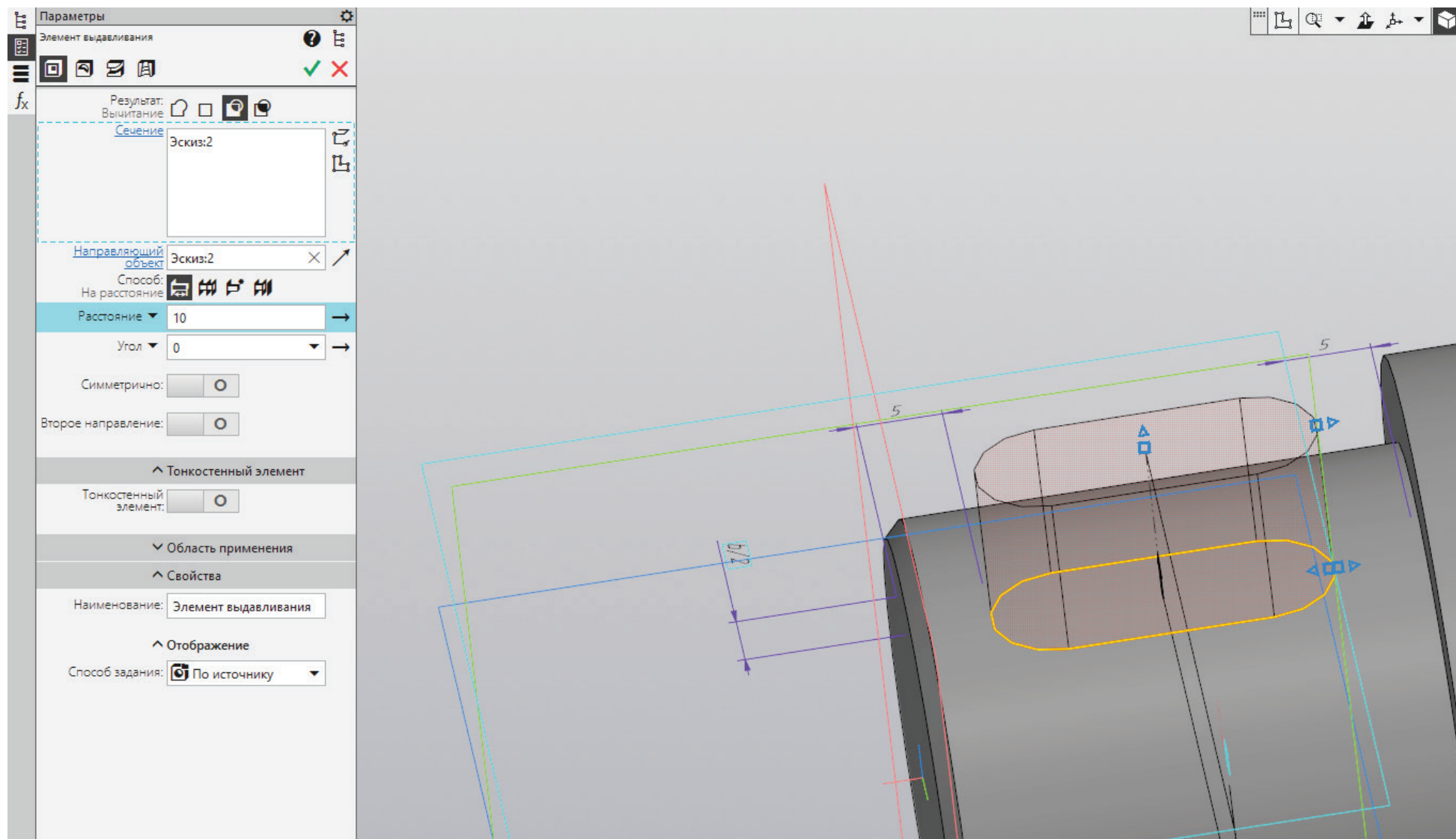


Рисунок 16 – Создание шпоночной канавки

Применив к эскизу команду «Вырезать выдавливанием», необходимо изменить направление вырезания эскиза.

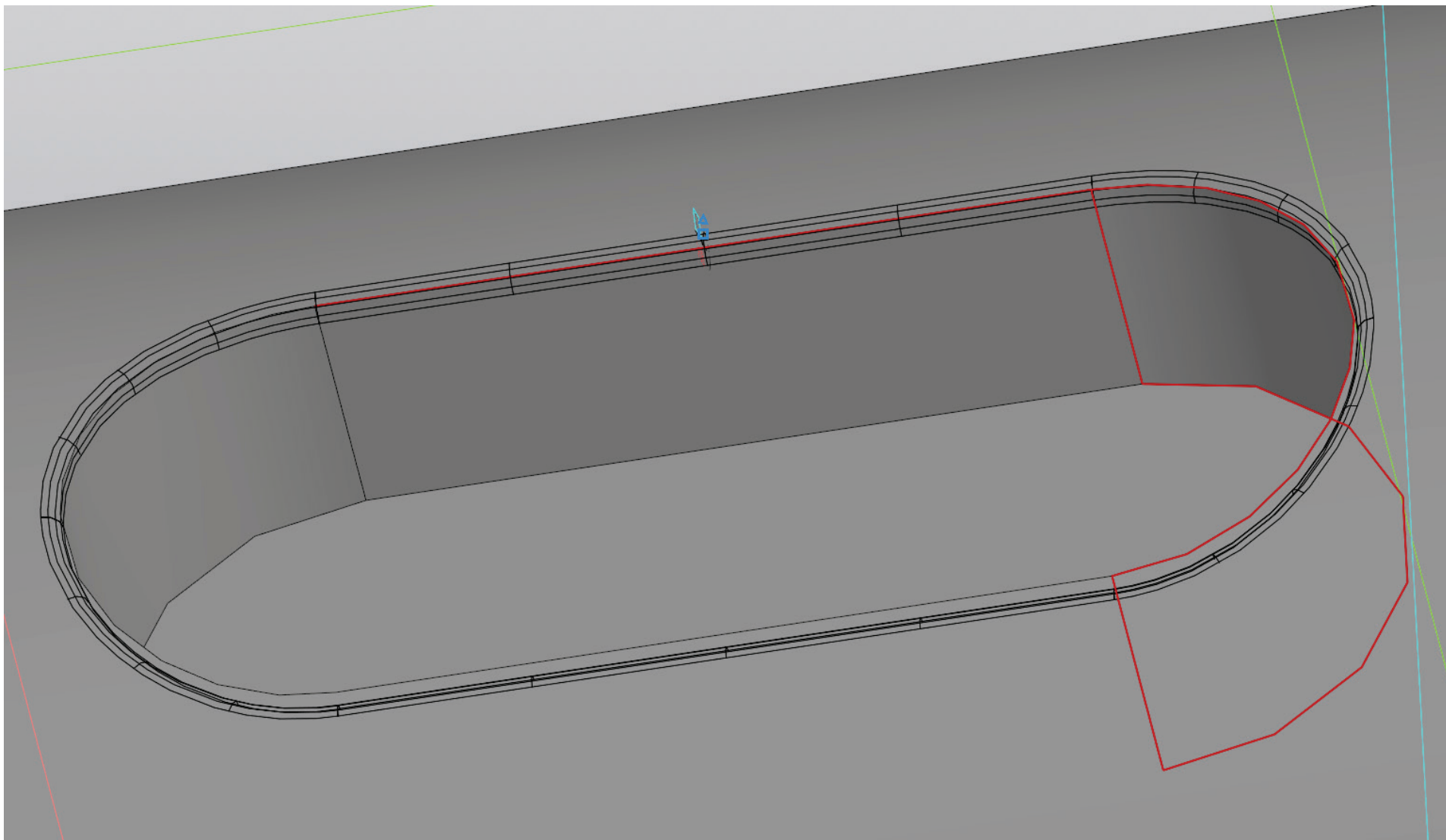


Рисунок 17 – Создание скругления на шпоночной канавке

Выполнив операцию вырезания, предстоит создать скругление на образованных гранях. Для этого применяется команда «Скругление». Радиус скругления также берется из ГОСТа.

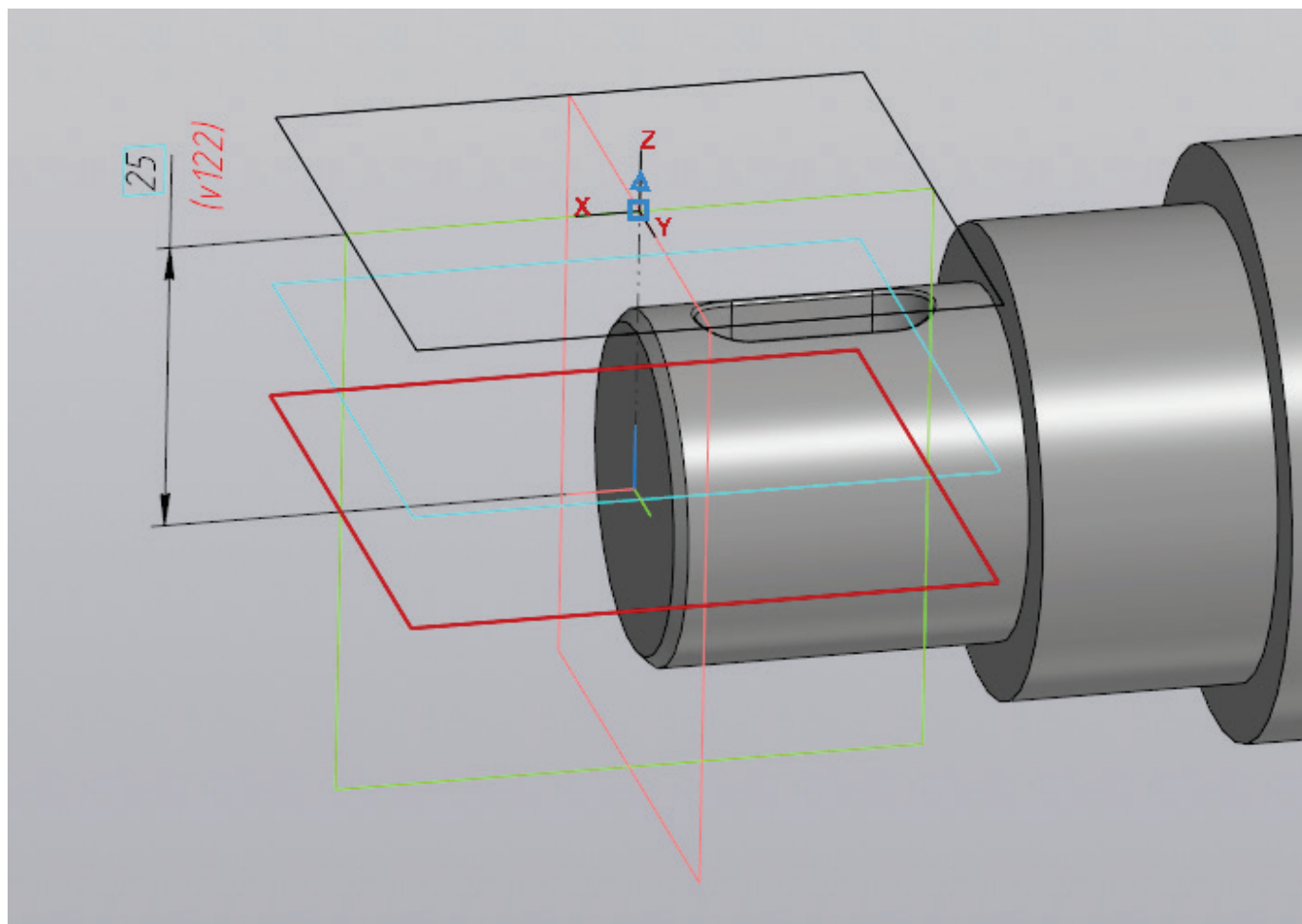


Рисунок 18 – Создание вспомогательной плоскости

Завершив создание первой шпоночной канавки, следует приступить к моделированию второй шпоночной канавки. Для этого также создается вспомогательная плоскость на расстоянии, равном половине диаметра пятого участка вала минус половина высоты шпонки согласно ГОСТ.

На образованной плоскости предстоит создать эскиз шпоночной канавки согласно размерам диаметра пятого участка вала по аналогии с построением первой шпоночной канавки.

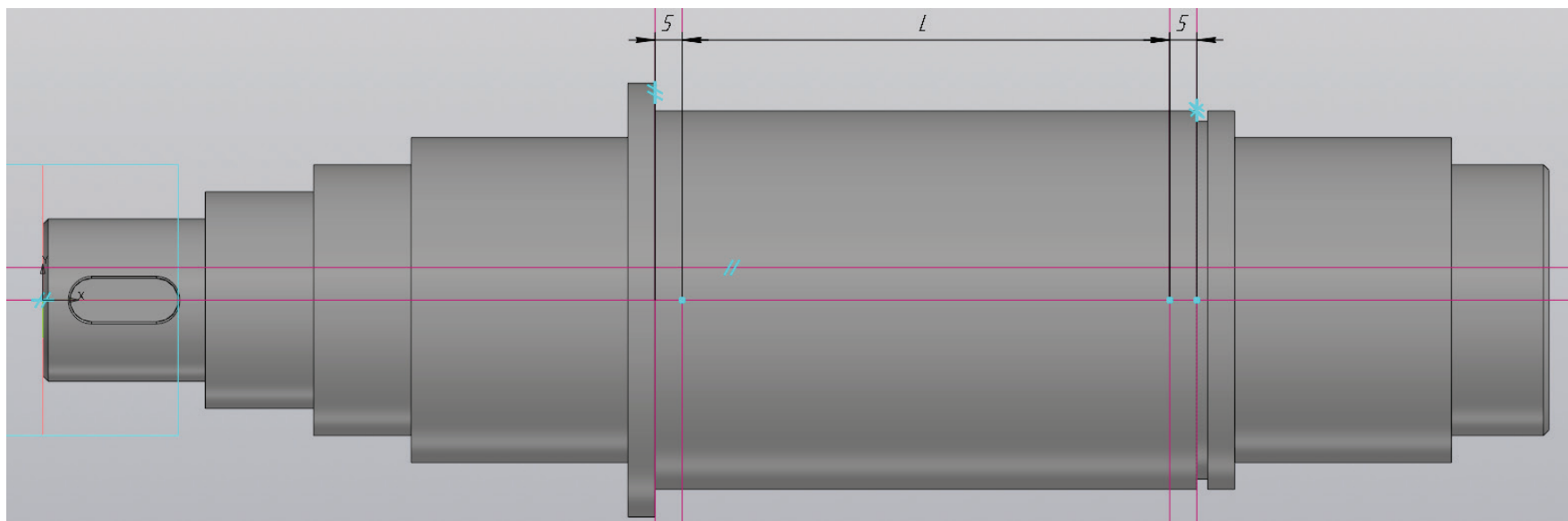


Рисунок 19 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

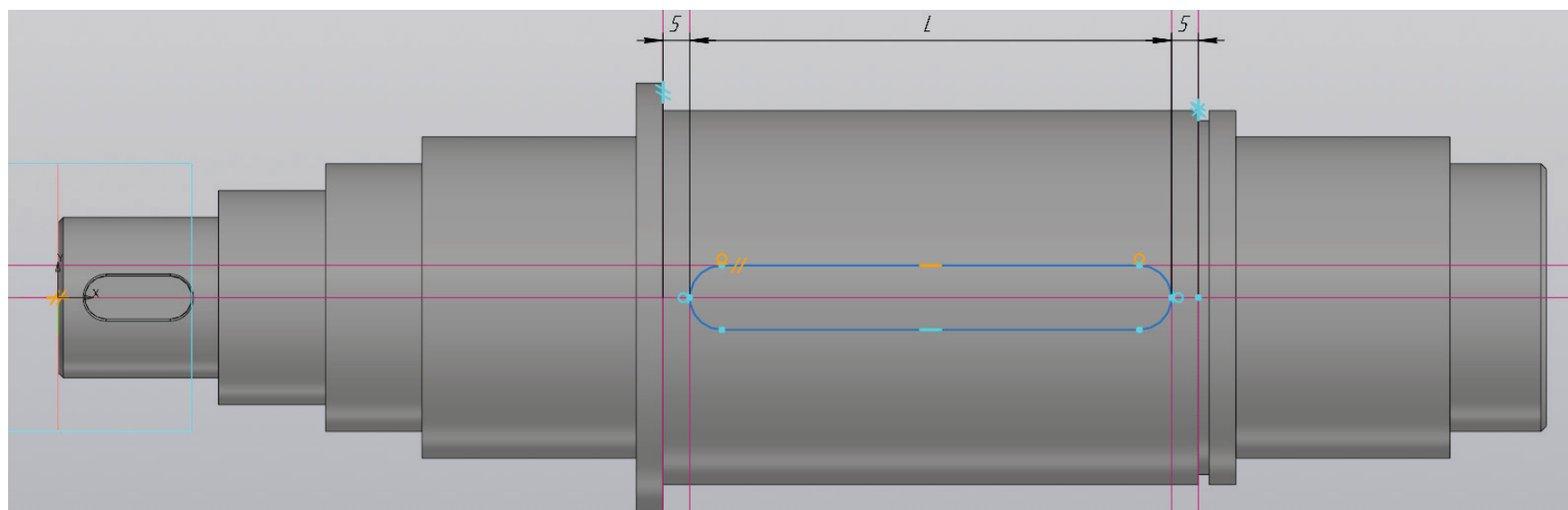


Рисунок 20 – Работа с эскизом, контур шпоночной канавки

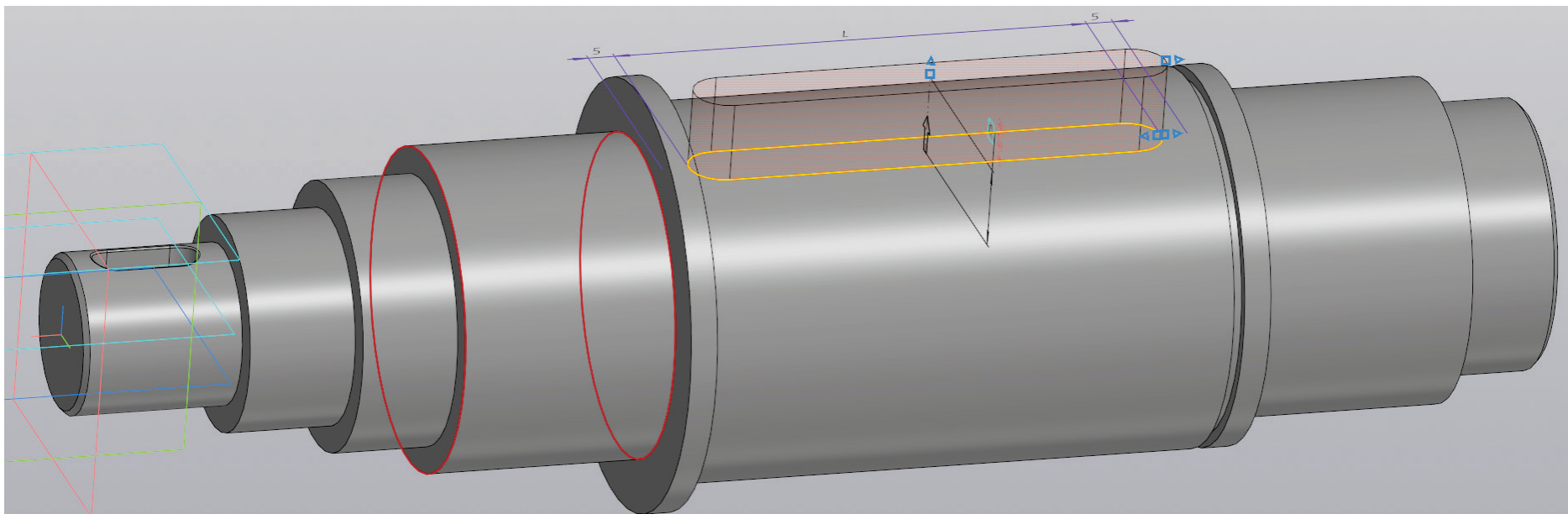


Рисунок 21 – Создание шпоночной канавки

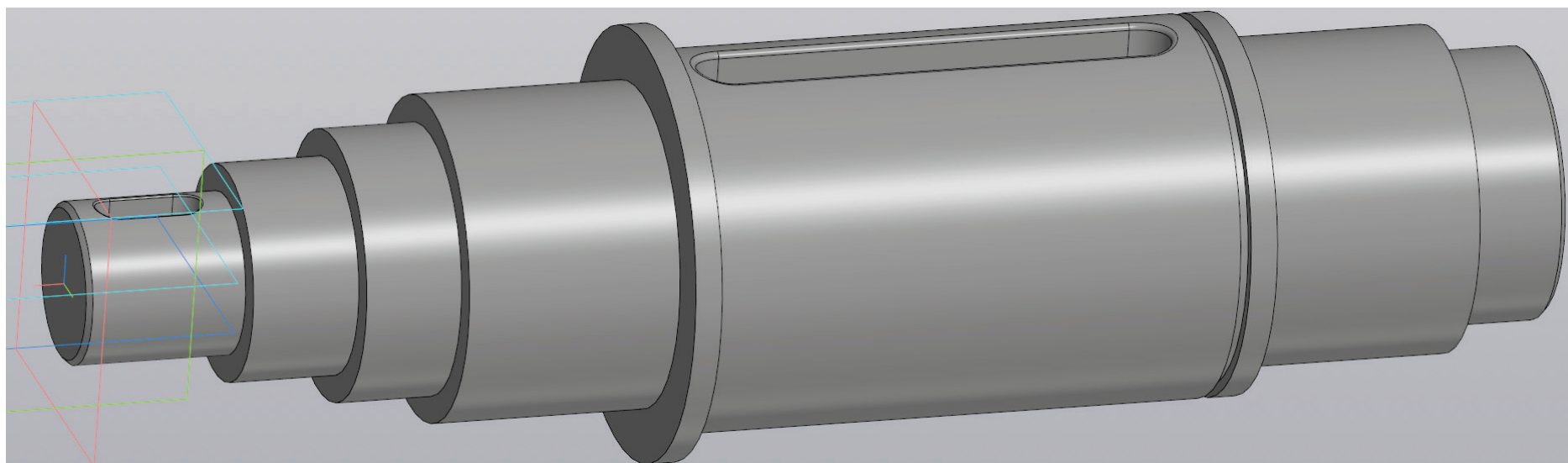


Рисунок 22 – Трехмерная модель промежуточного вала

Закончив моделирование промежуточного вала со шпоночными канавками, необходимо выполнить создание шпонок для каждого из участков вала. Для этого необходимо создать новую деталь, выбрать плоскость и создать на ней эскиз. После этого перейти в документ с промежуточным валом, открыть эскиз шпоночной канавки на первом участке вала и скопировать его за точку. Скопировав контур шпоночной канавки в буфер обмена, необходимо открыть новую созданную деталь и в эскизе выполнить вставку контура шпоночной канавки. Контур шпоночной канавки совпадает с размерами самой шпонки. Следовательно, для создания шпонки к полученному эскизу необходимо применить операцию выдавливания на расстояние, равное высоте шпонки согласно ГОСТ 23360-78.

Выполнив моделирование одной шпонки, подобным образом необходимо выполнить моделирование второй шпонки по эскизу на большем диаметре вала. На рисунке 23 приведены трехмерные модели шпонок, созданных подобным образом.

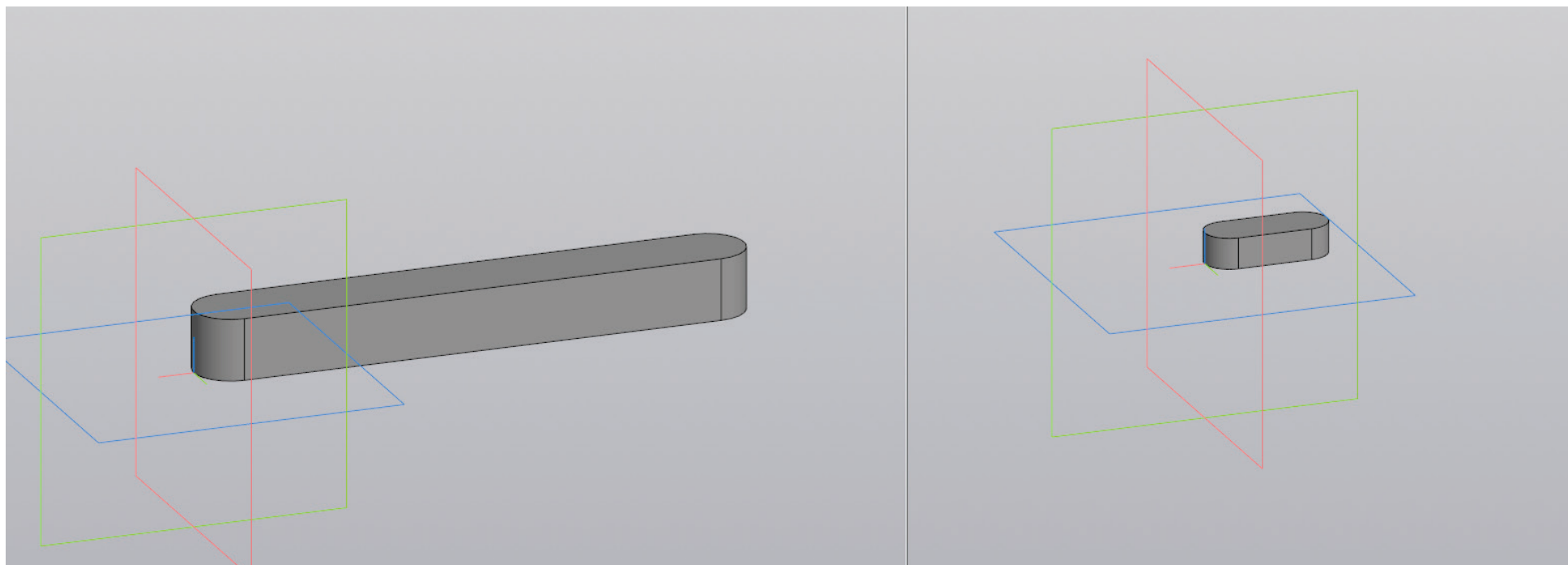


Рисунок 23 – Трехмерные модели шпонок для участков вала

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДШИПНИКОВ

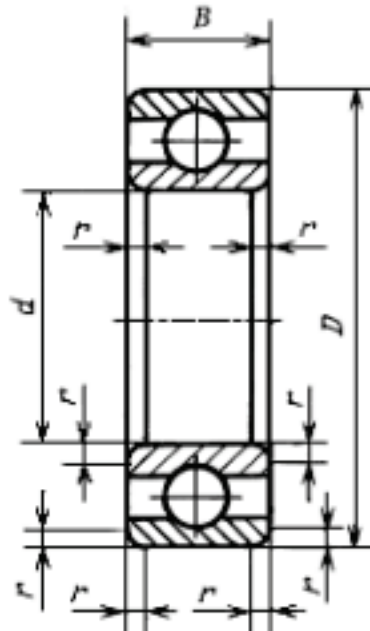


Рисунок 24 – Подшипник в разрезе [3]:

d – номинальный диаметр отверстия внутреннего кольца, D – номинальный диаметр наружной цилиндрической поверхности наружного кольца, B – номинальная ширина подшипника, r – номинальная координата монтажной фаски

На рисунке 24 представлены основные размеры подшипника. Для примера возьмем подшипник особо легкой серии с обозначением 100. По ГОСТ 8338–75, находим нужное обозначение подшипника и выписываем его характеристики, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики подшипника серии 104 [3]

Обозначение подшипника	d , мм	D , мм	B , мм	r , мм	Количество шариков
104	20	42	12	1	9

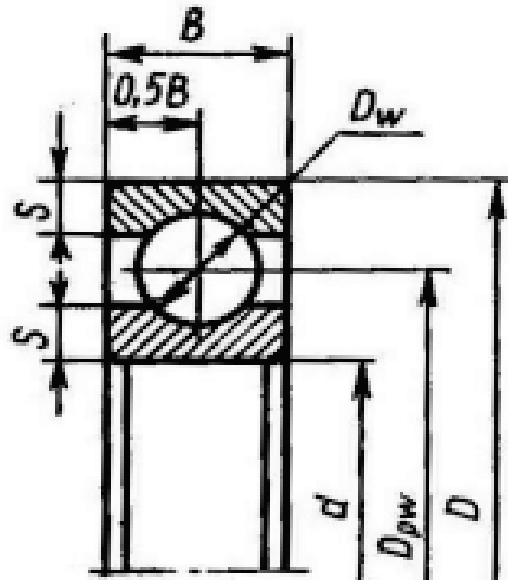


Рисунок 25 – Внутренняя конструкция подшипника [4]:

d – номинальный диаметр отверстия внутреннего кольца; D_{pw} – диаметр окружности, проходящий через центр шарика; D_w – диаметр шарика; S – толщина колец; B – номинальная ширина подшипника

Вычерчивание внутренней конструкции подшипника представлено на рисунке 25. Для расчета диаметра окружности проходящий через центр шарика (D_{pw}) используется формула (2); диаметр шарика (D_w) вычисляется по формуле (3); толщина колец (S), рассчитывается по формуле (4).

$$D_{pw}=0,5(D+d) \quad (2)$$

$$D_w=0,32(D-d) \quad (3)$$

$$S=0,15(D-d) \quad (4)$$

После того, как по формуле (2) рассчитано значение диаметра окружности, проходящей через центр шарика, выполняется построение. Соответственно, расстояние от центральной оси до центра шарика составляет половину от этого диаметра.

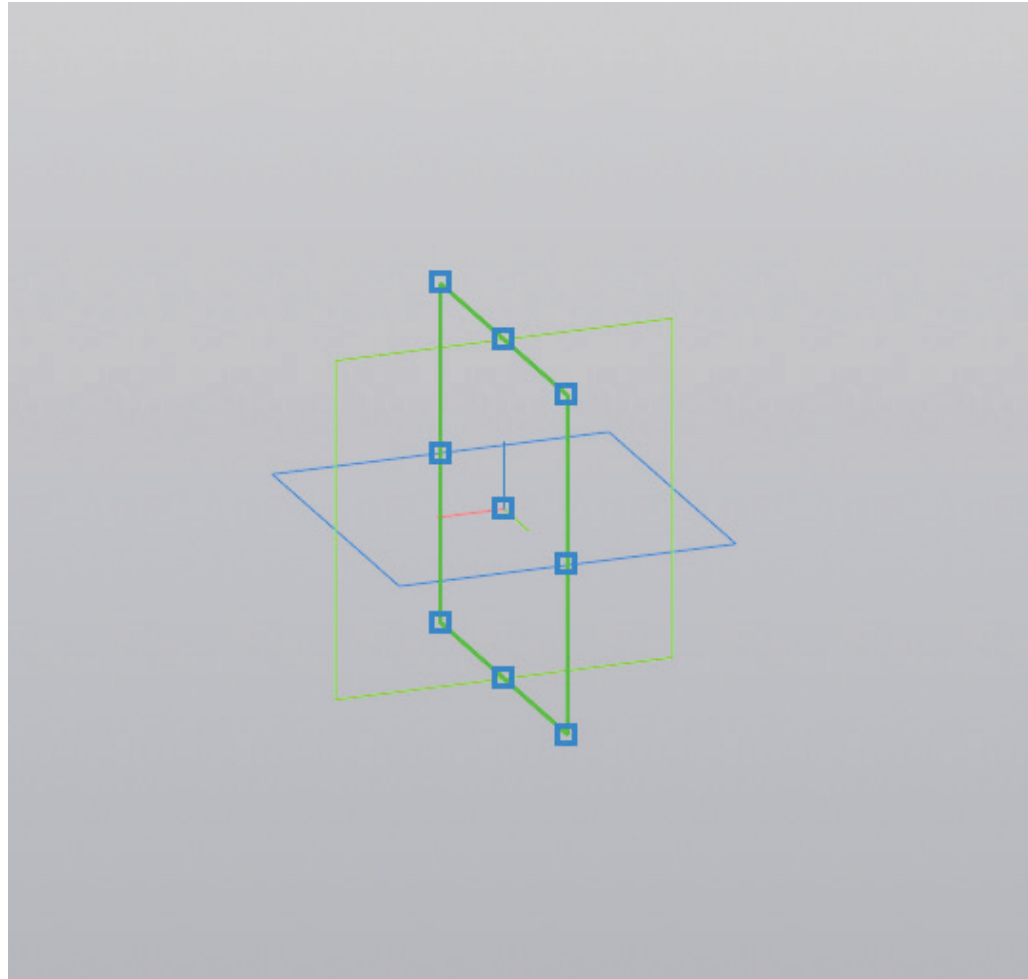


Рисунок 26 – Выбор плоскости для построения подшипника

На выбранной плоскости создается эскиз, на котором будет проектироваться выбранный подшипник серии 104. Рассчитав все необходимые параметры, необходимо начать построение с размещения вспомогательной горизонтальной прямой в начале координат. Затем от этой прямой откладываются параллельные прямые на расстоянии, равном половине номинального диаметра и половине диаметра окружности, проходящей через центр шарика. От прямой, характерной для половины номинального диаметра, откладывается параллельная прямая, равная толщине колец.

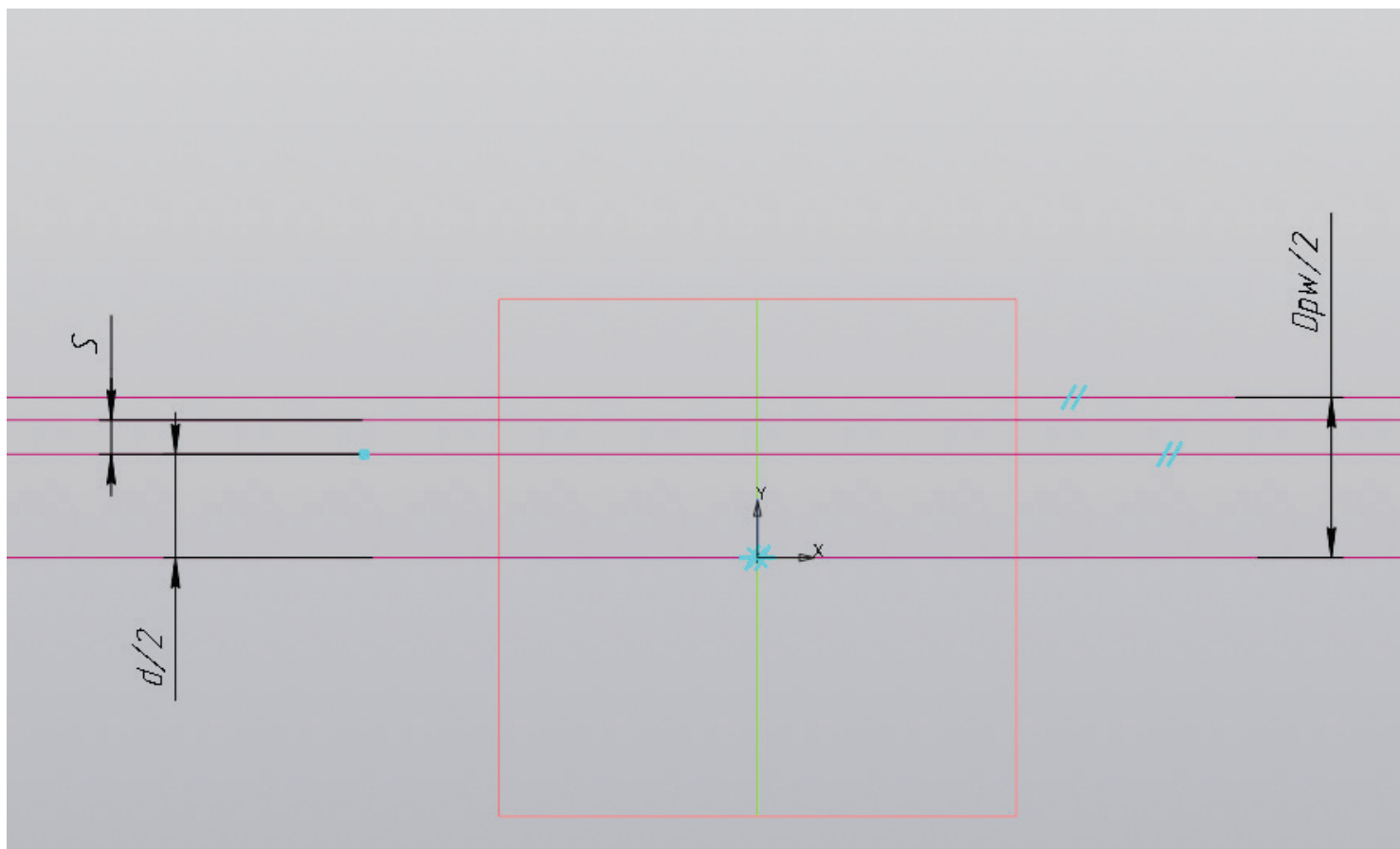


Рисунок 27 – Построения вспомогательных линий высоты подшипника

Проводится вертикальная прямая из начала координат, и от нее откладывается половина ширины подшипника в каждую сторону. Для этого необходимо поставить галочку «С двух сторон» при построении параллельной прямой.

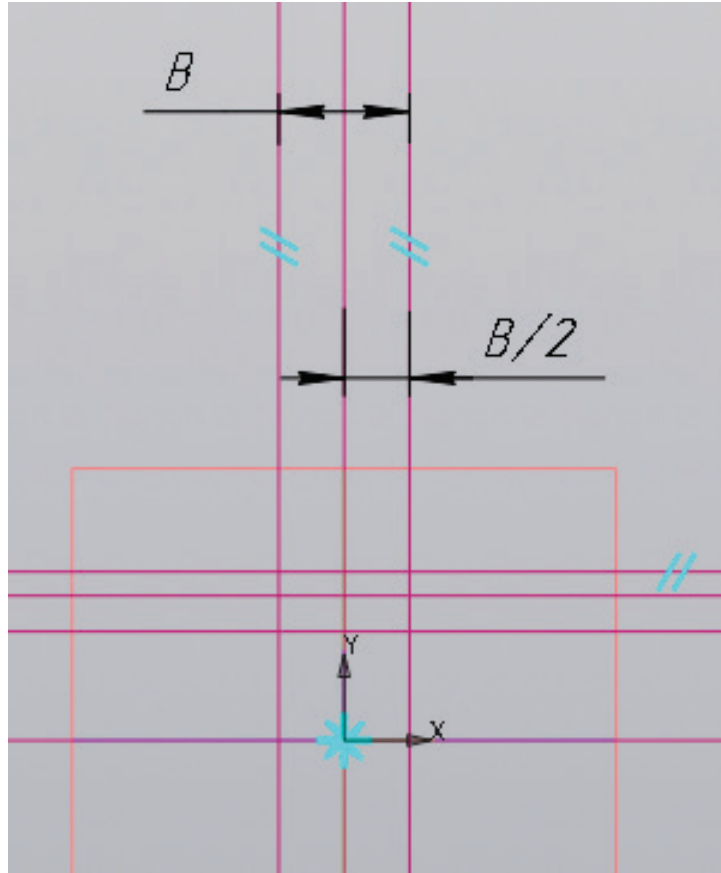


Рисунок 28 – Построения вспомогательных линий ширины подшипника

С применением команды «Отрезок» строится контур нижнего внутреннего кольца подшипника. После этого, используя команду «Окружность», зная диаметр шарика и расположение его центра, нужно построить окружность рассчитанного диаметра.

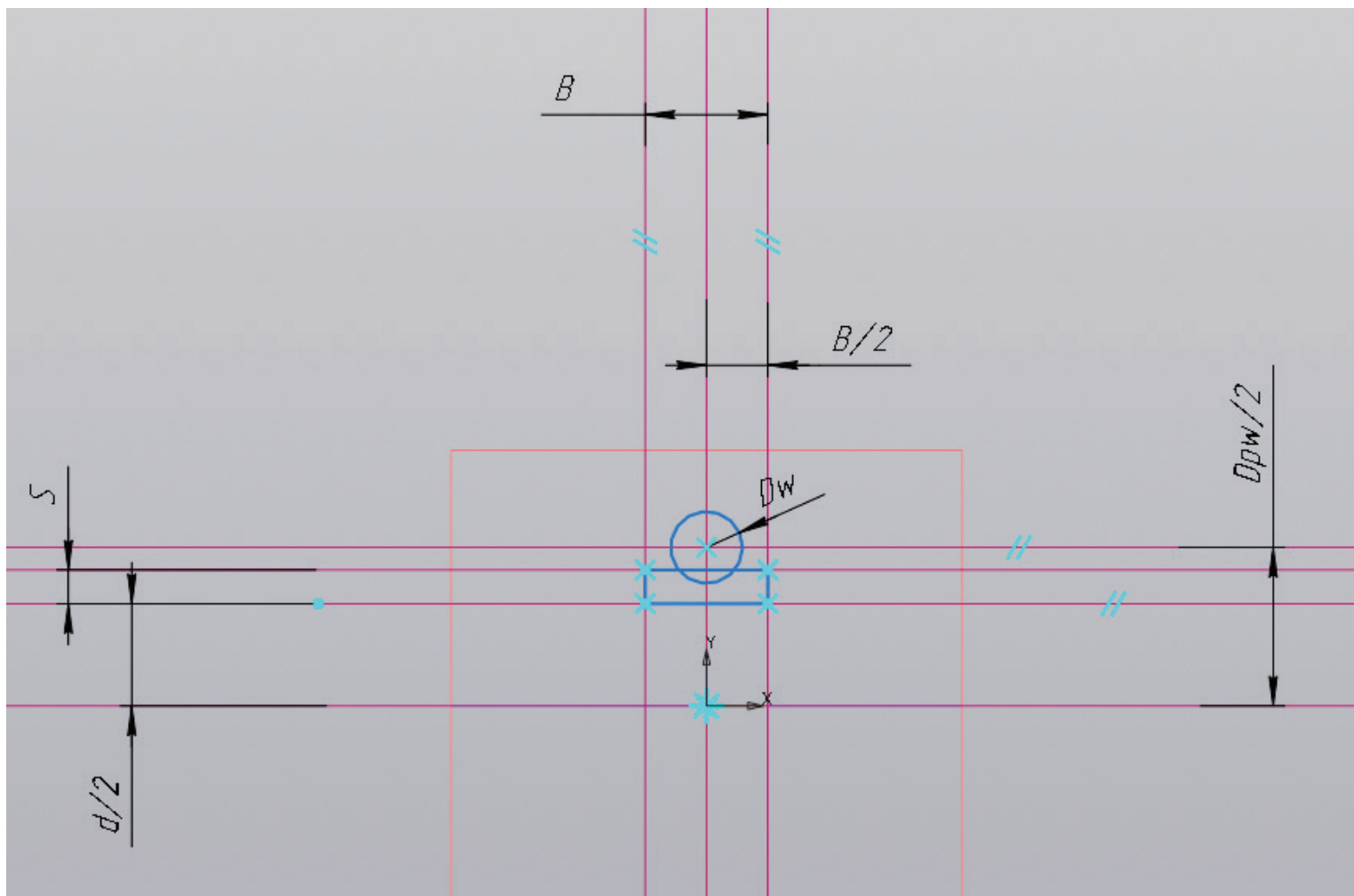


Рисунок 29 – Построение контура половины подшипника

Перед тем, как придать конечную форму внутреннему кольцу подшипника, для упрощения дальнейшей работы необходимо скопировать построенную окружность за начало координат. Это необходимо для того, чтобы при построении шариков не строить и не отмерять заново все расстояния для построения шара.

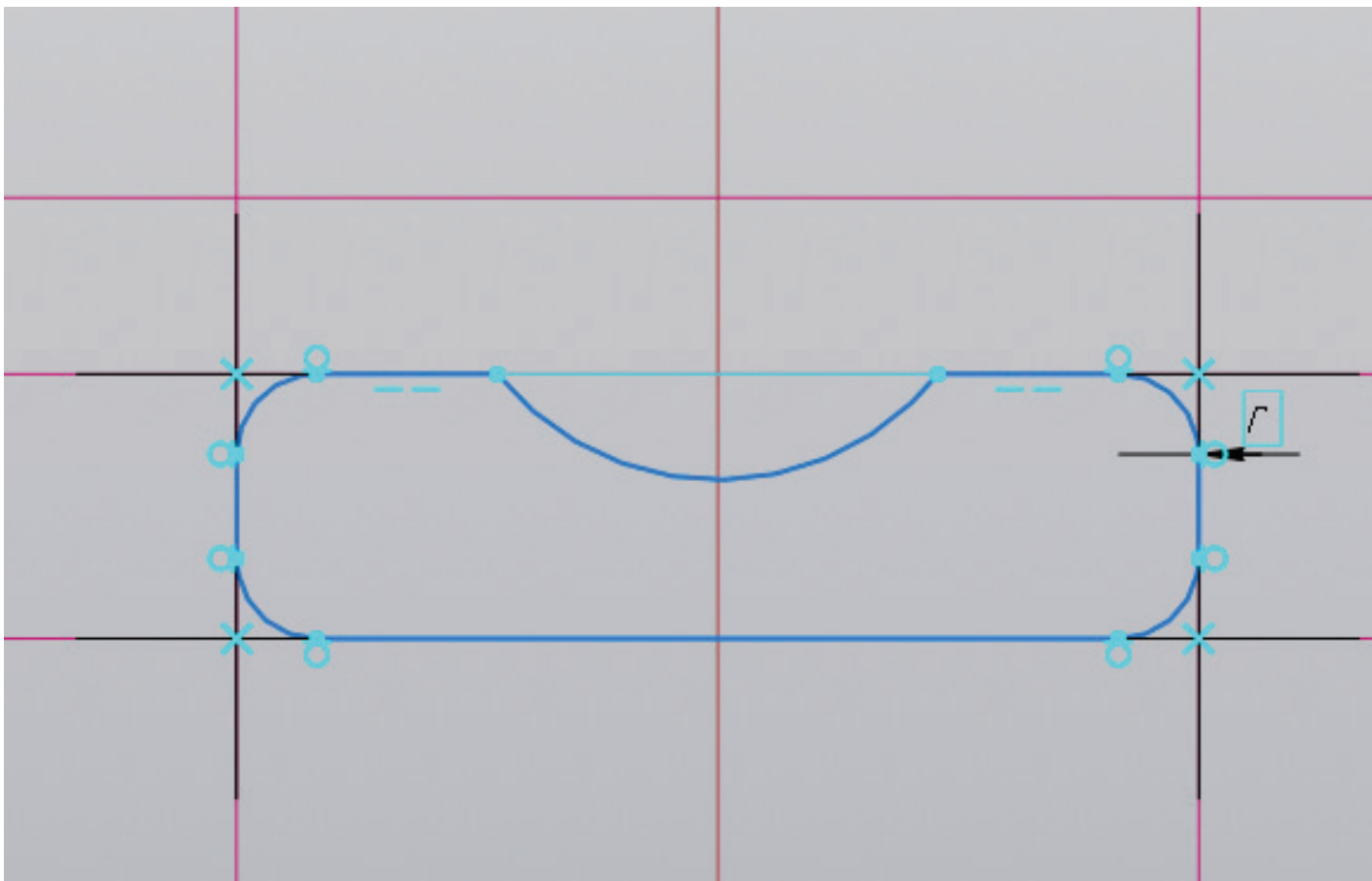


Рисунок 30 – Скругление исходной формы и удаление ненужных элементов

С использованием функции «Усечь кривую» удаляются лишние элементы, мешающие построению внутреннего кольца подшипника, затем с помощью функции «Скругление» убираются углы элемента.

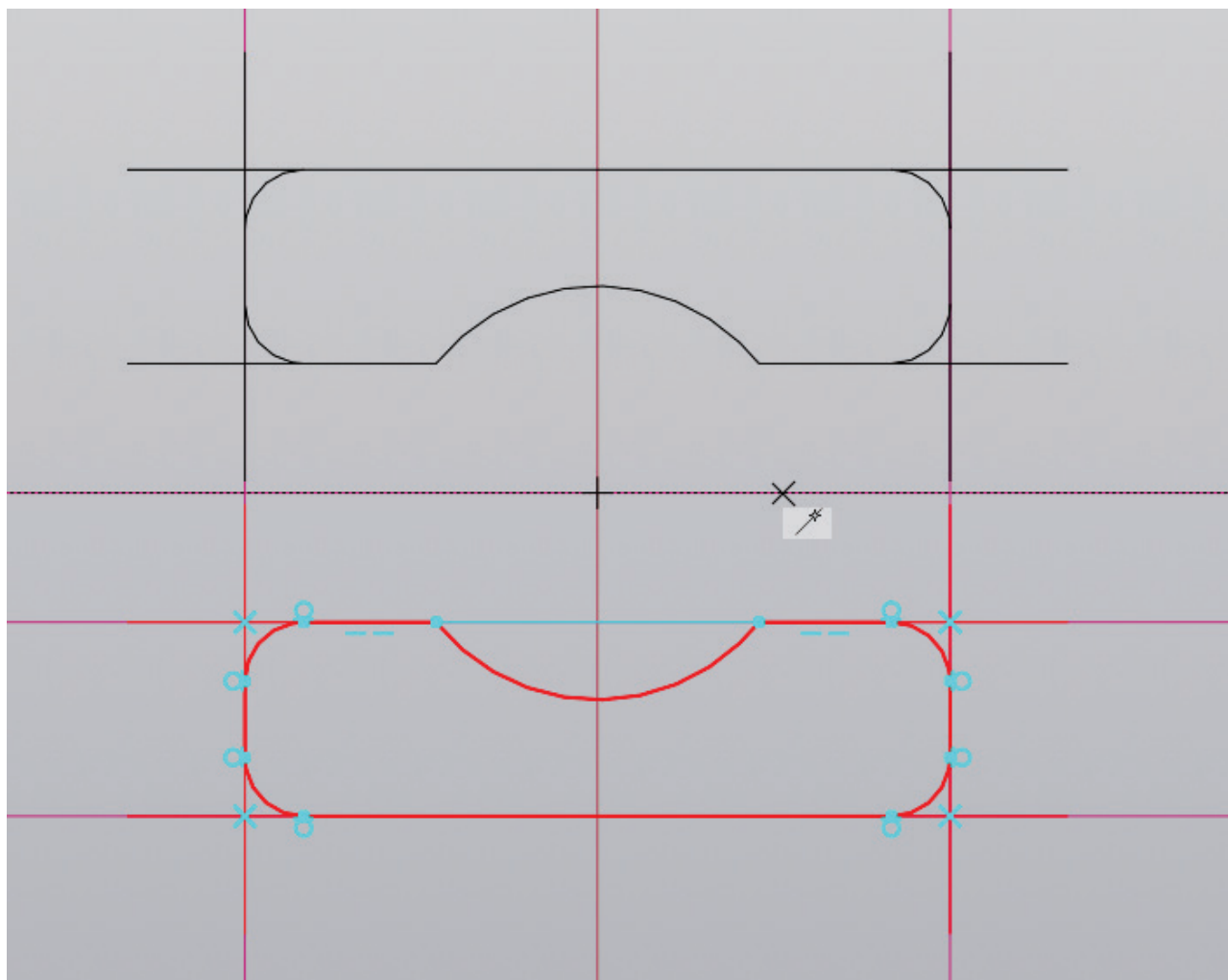


Рисунок 31 – Создание эскиза наружного кольца подшипника

Закончив создание формы, ее необходимо выделить и зеркально отразить относительно вспомогательной прямой, характерной половине диаметра окружности шарика.

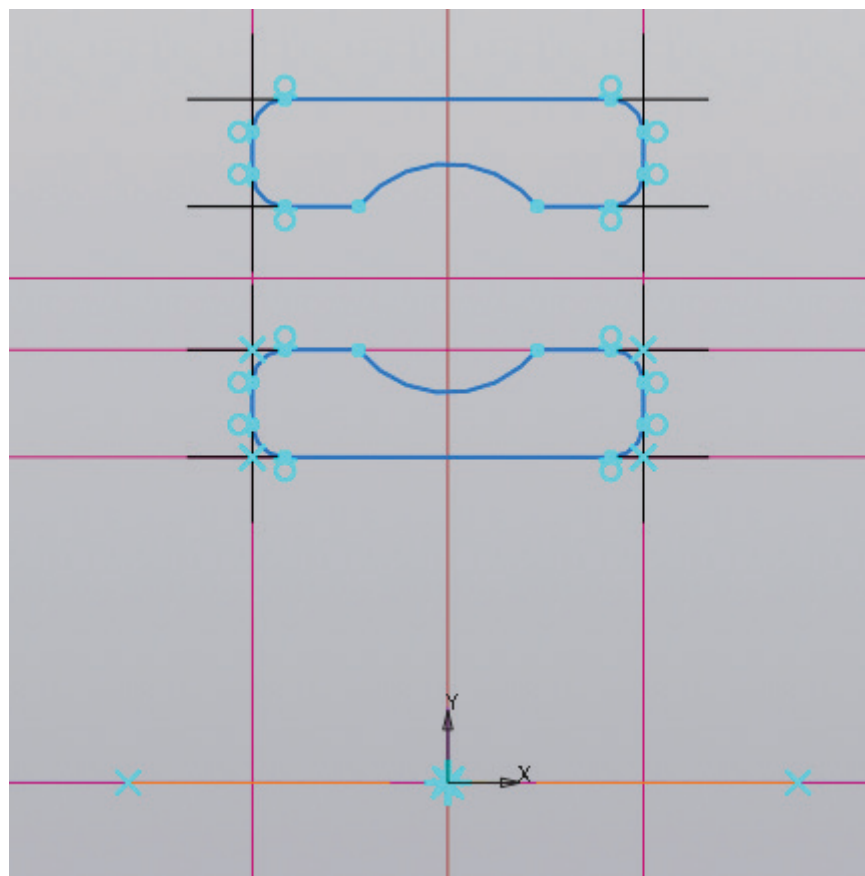


Рисунок 32 – Построение осевой линии в начале координат

Перед тем, как придать объем подшипнику, необходимо задать ось вращения. Для этого с помощью функции «Отрезок» в начале координат строим линию. После построения необходимо поменять тип линии на осевую.

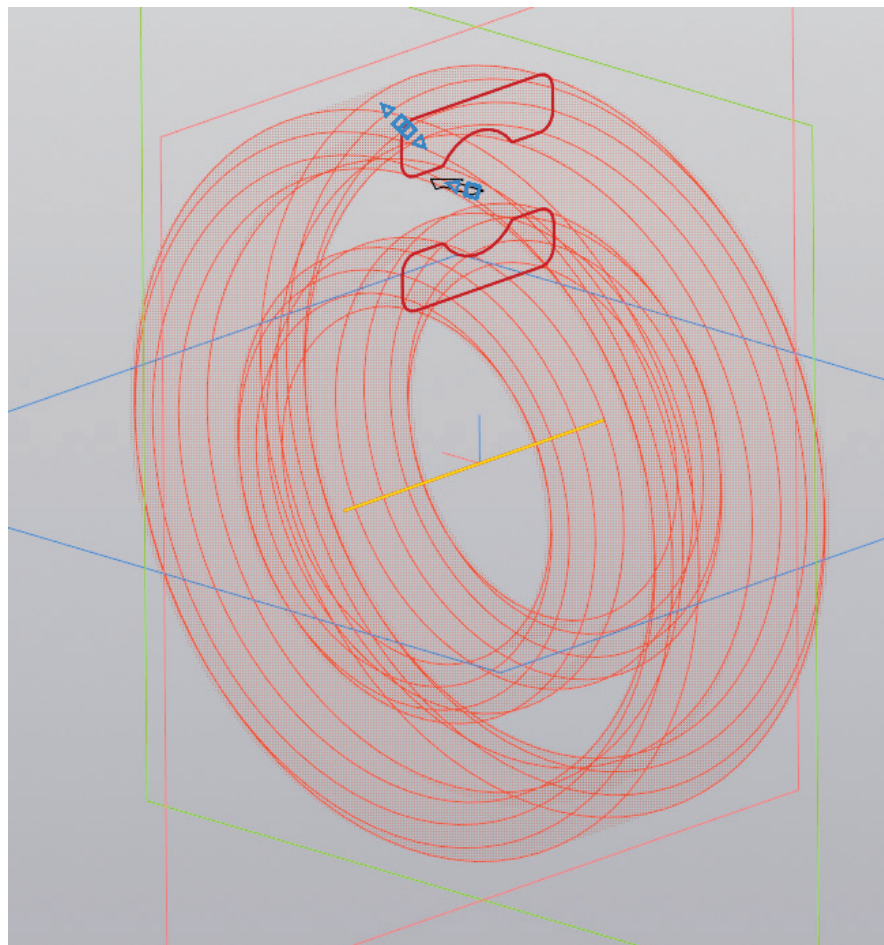


Рисунок 33 – Создание колец подшипника

Закончив создание плоского объекта, необходимо выйти из режима «Эскиз» и воспользоваться командой «Элемент вращения». Кроме того, этой командой можно воспользоваться и в режиме эскиза, она находится на панели твердотельного моделирования.

Создав внешнее и внутреннее кольца подшипника, необходимо создать шарики. Для этого предстоит выбрать ту же плоскость, что и ранее. Например, в данном варианте построение подшипника велось на плоскости ZY (красная плоскость).

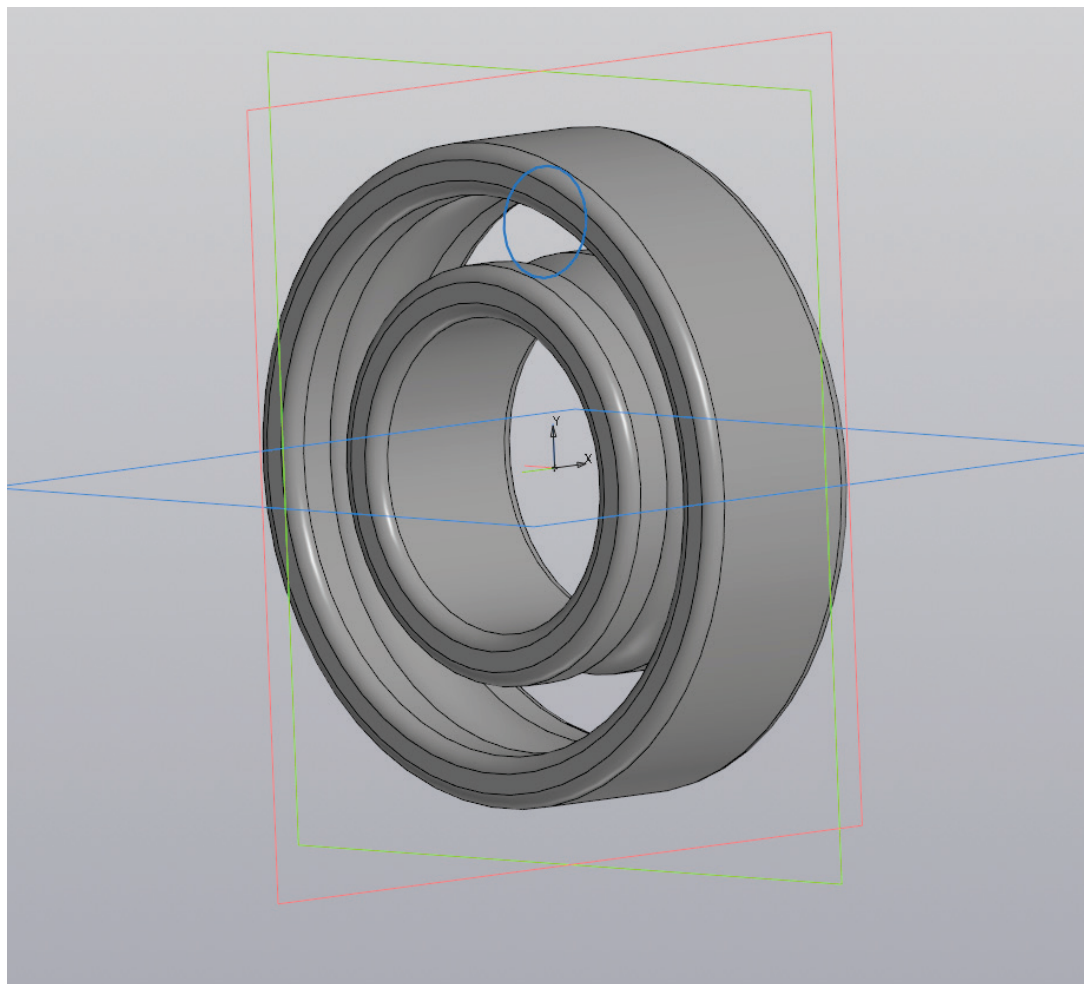


Рисунок 34 – Создание шарика в подшипнике

Создав новый эскиз на той же плоскости, необходимо достать уже построенную окружность на нужном расстоянии из буфера обмена. Для этого используется комбинация клавиш **Ctrl + V** или вызывается контекстное меню и выбирается пункт «Вставить». Важно помнить, что окружность копировалась за начало координат, следовательно, вставку следует делать именно в это место. Это нужно для того, чтобы заново не отмерять расстояния, и будущий шарик оказался в нужном месте.

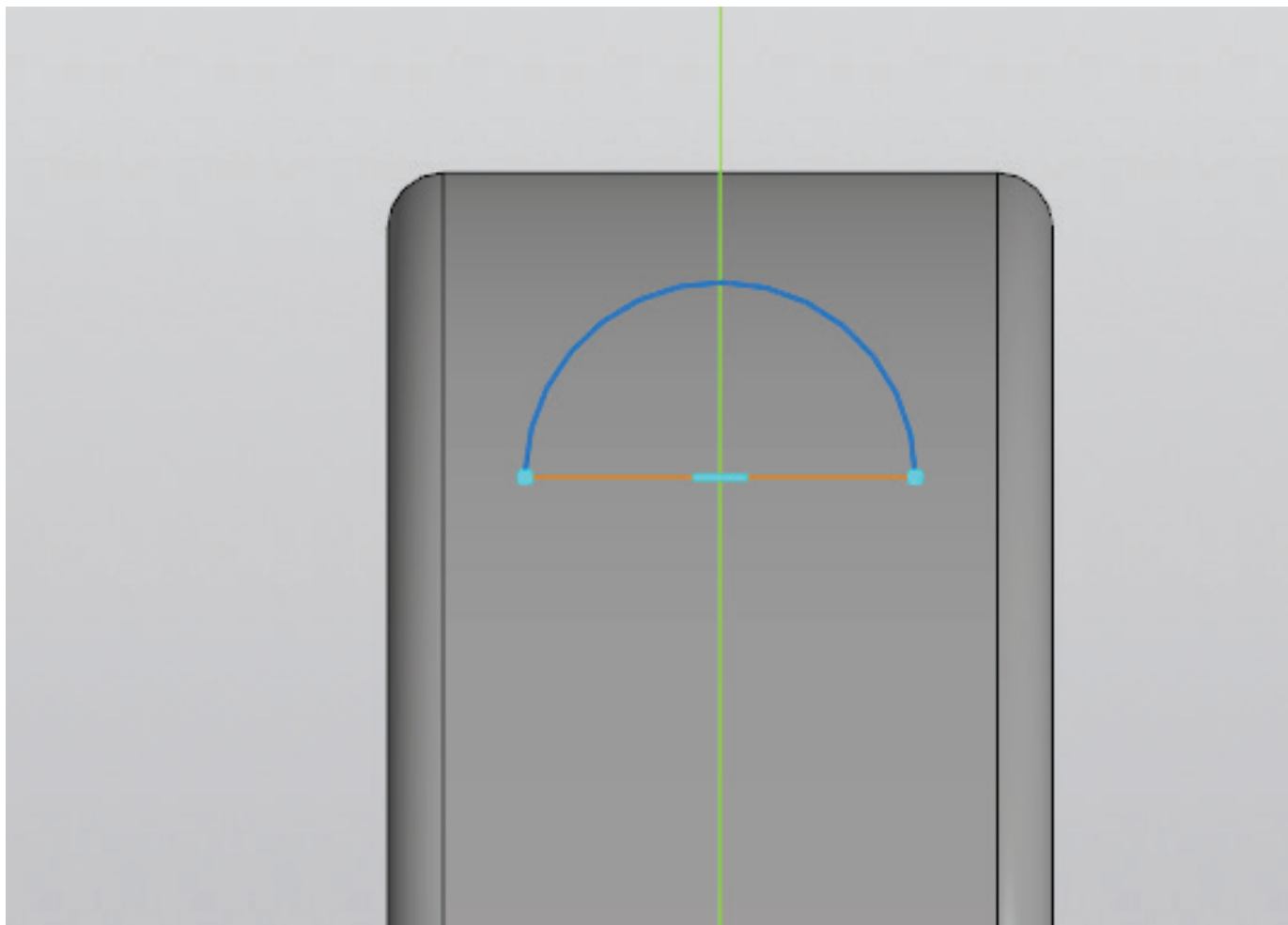


Рисунок 35 – Усечение окружности и создание оси вращения

Посередине окружности необходимо создать осевую линию и усечь лишнюю часть окружности. При этом не имеет значения будет осевая располагаться горизонтально или вертикально относительно начала координат.

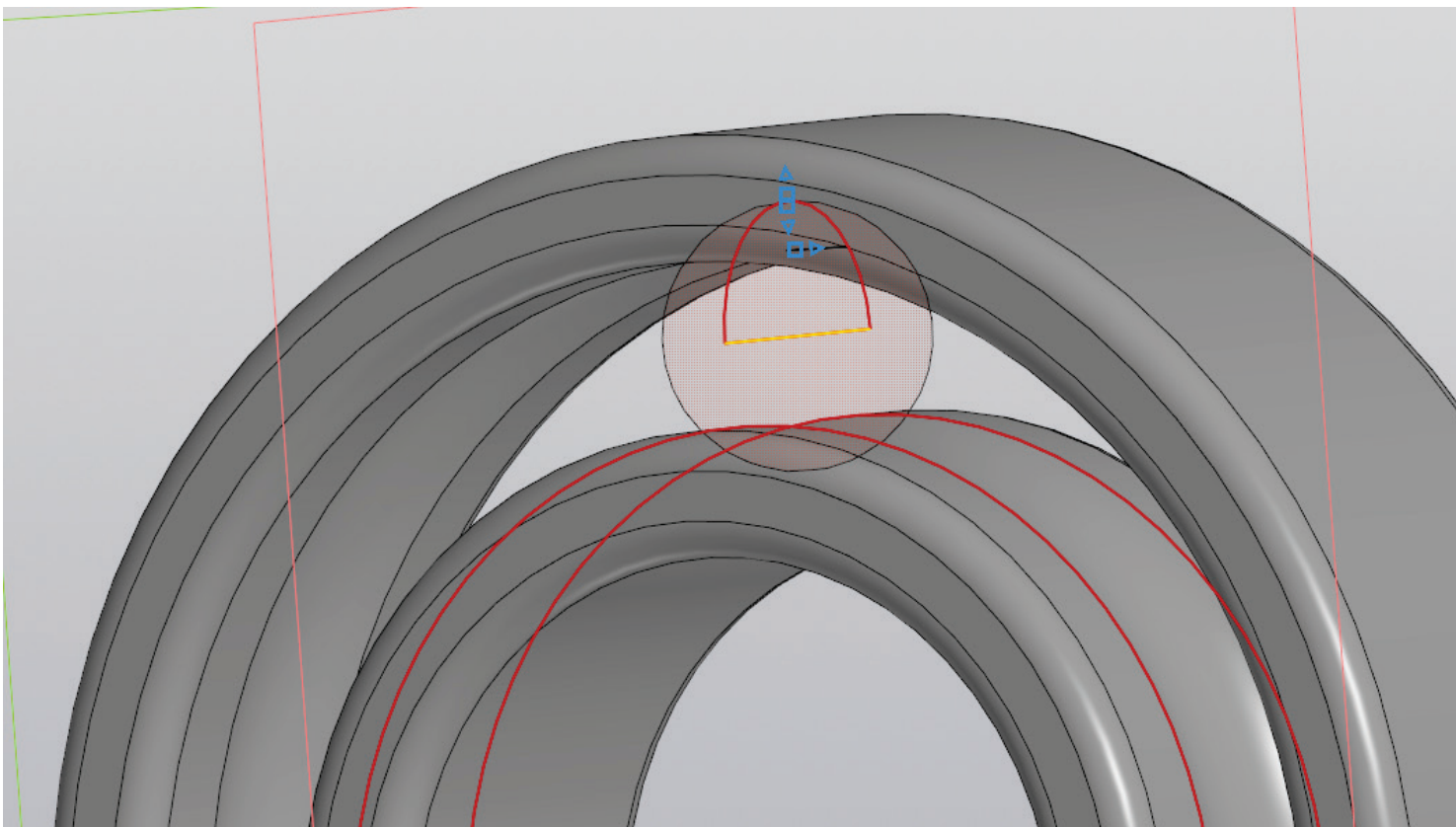


Рисунок 36 – Создание шарика в подшипнике

В результате применения команды «Элемент вращения» в трехмерном пространстве появляется один готовый шарик подшипника.

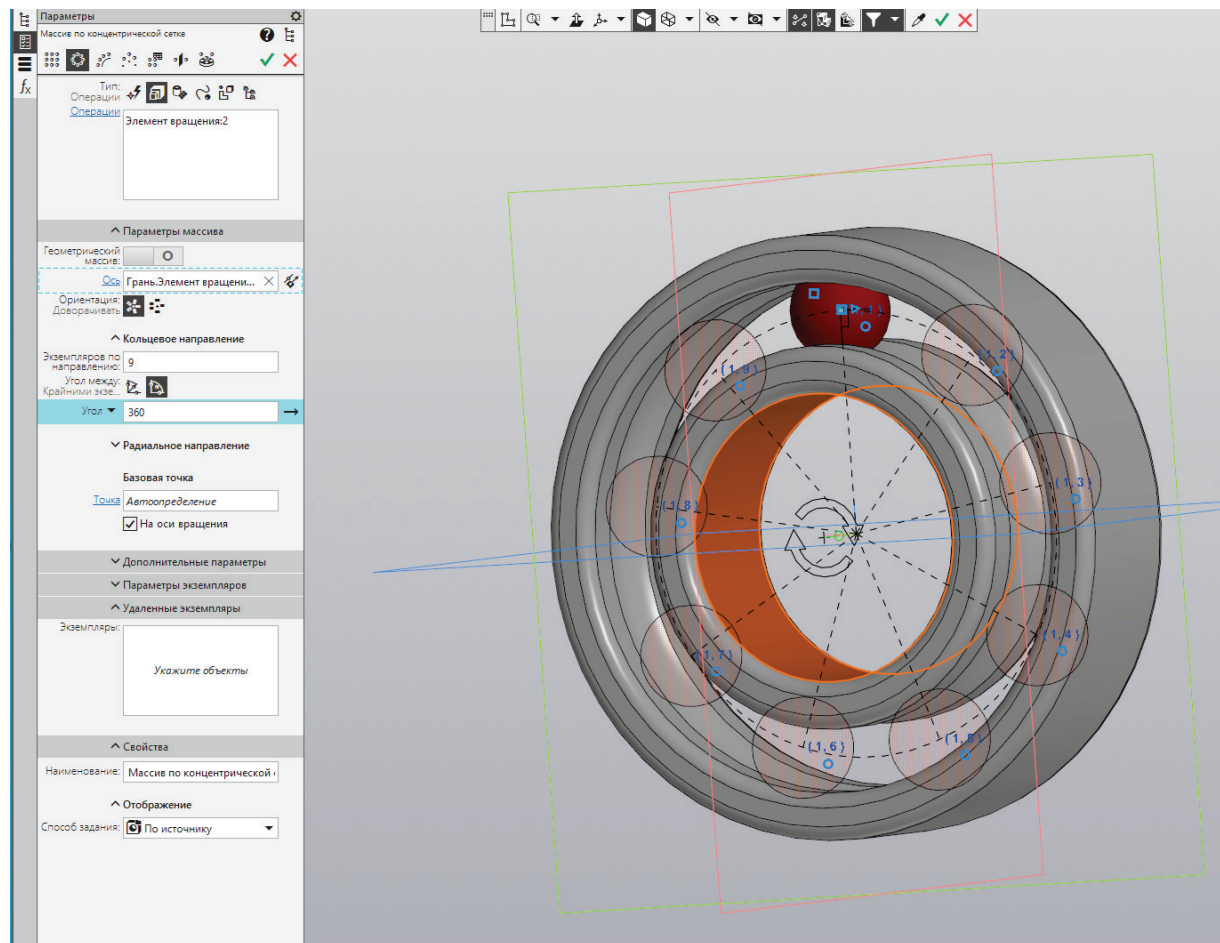


Рисунок 37 – Создание шариков в подшипнике

Для того, чтобы размножить полученный шарик по подшипнику, необходимо воспользоваться массивом. Для решения данной задачи лучше всего подойдет применение команды «Массив по концентрической сетке». Выбрав данный массив в графе «Операции», нужно указать интересующий элемент, в данном случае им является шарик подшипника. После этого программа автоматически переключается на ось вращения, в этом случае нужно указать внутреннюю область подшипника. Финальным этапом является задание необходимого количества шариков в подшипнике.

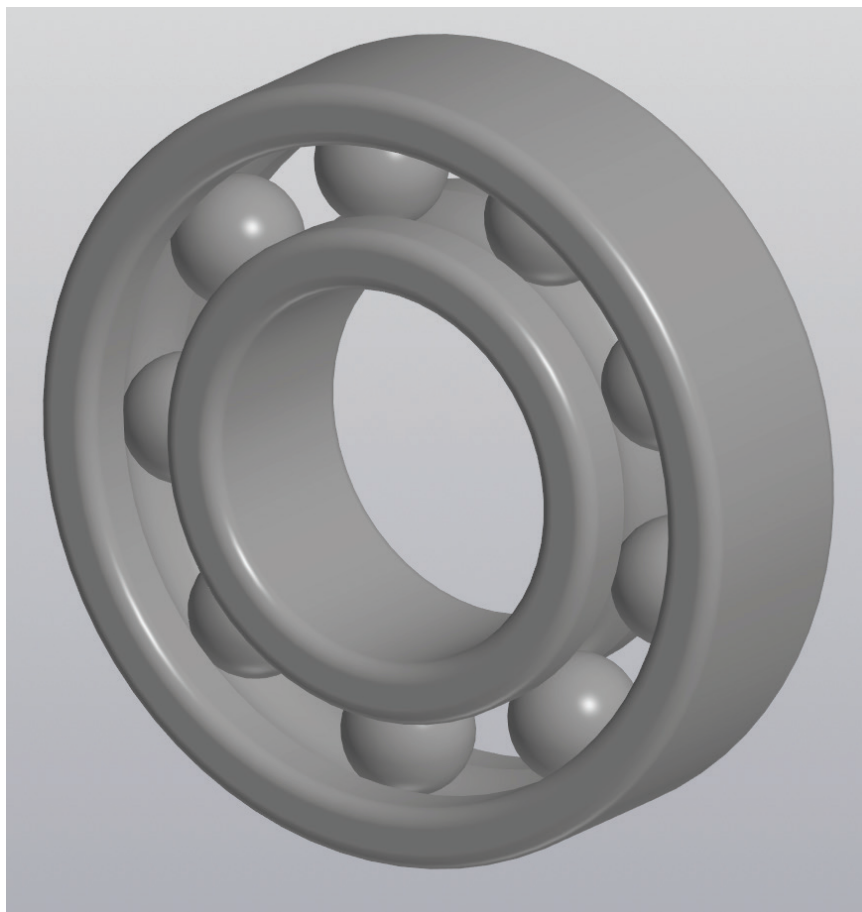


Рисунок 38 – Готовая модель подшипника

После завершения данной операции модель подшипника считается завершенной. Моделирование двурядного подшипника выполняется аналогично.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОРПУСА ПОДШИПНИКОВ

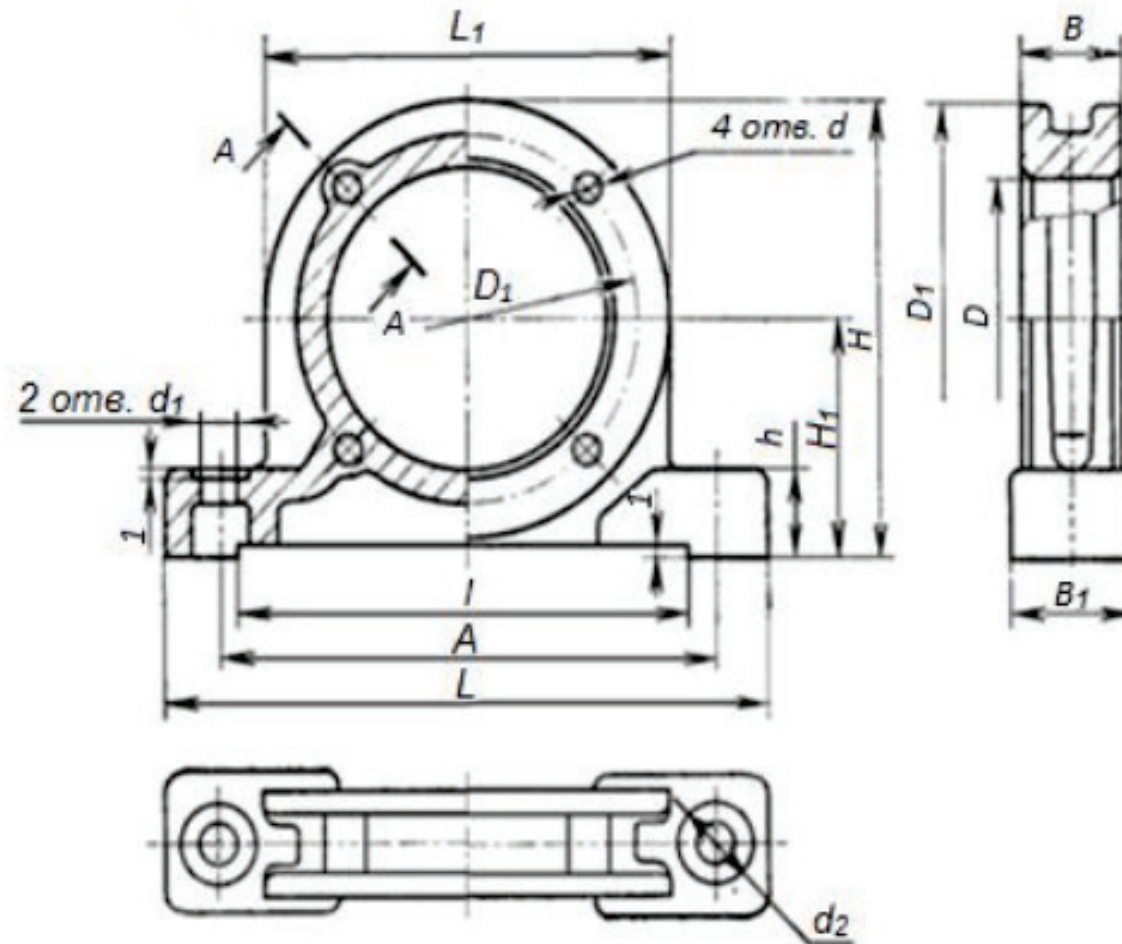


Рисунок 39 – Проекционные виды корпуса подшипника [1]

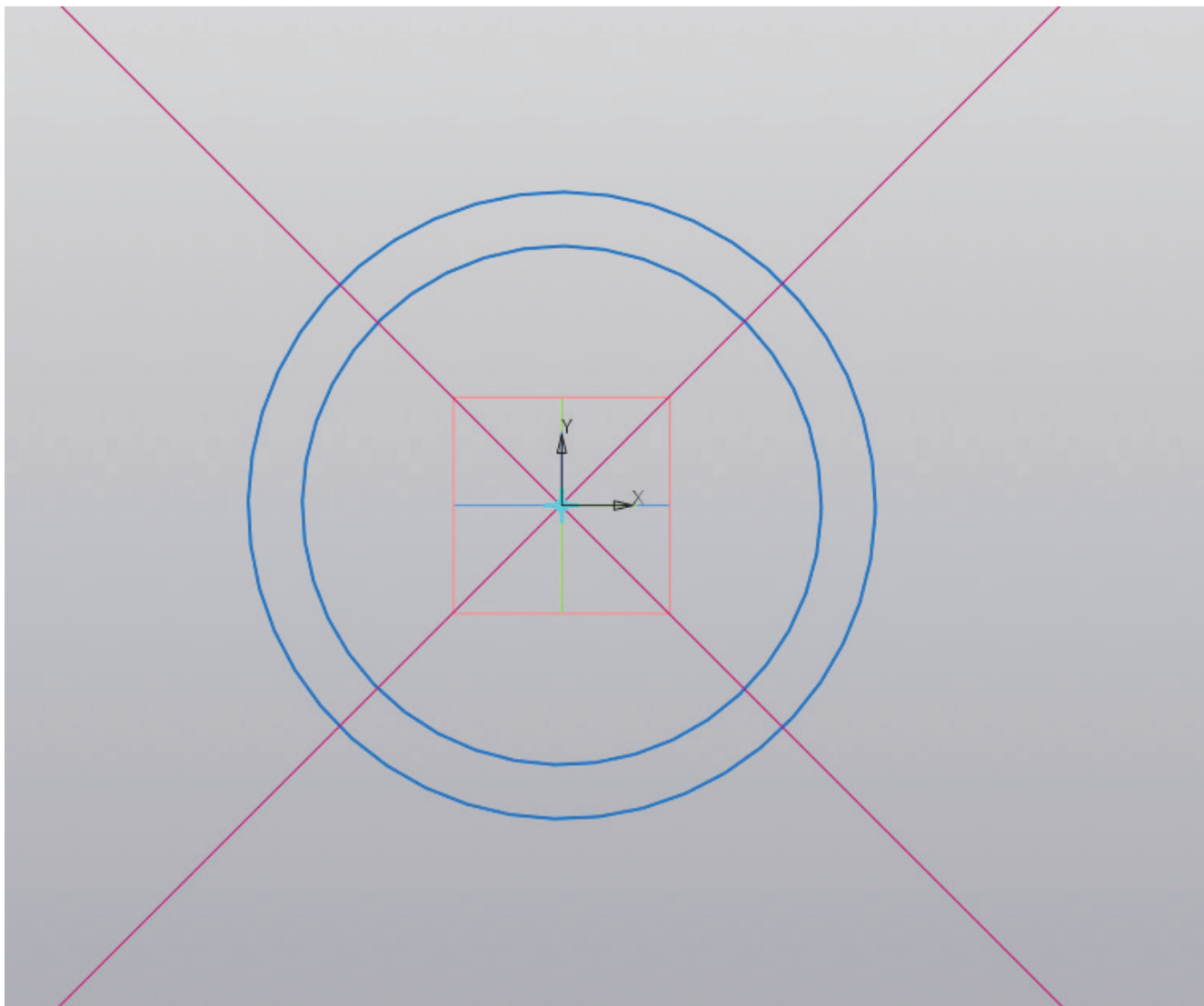


Рисунок 40 – Работа с эскизом, создание окружностей

На одной из плоскостей необходимо создать эскиз. В образованном эскизе создаются две окружности диаметрами D мм и $D1$ мм, а затем две вспомогательные прямые под углами 45 градусов и 135 градусов.

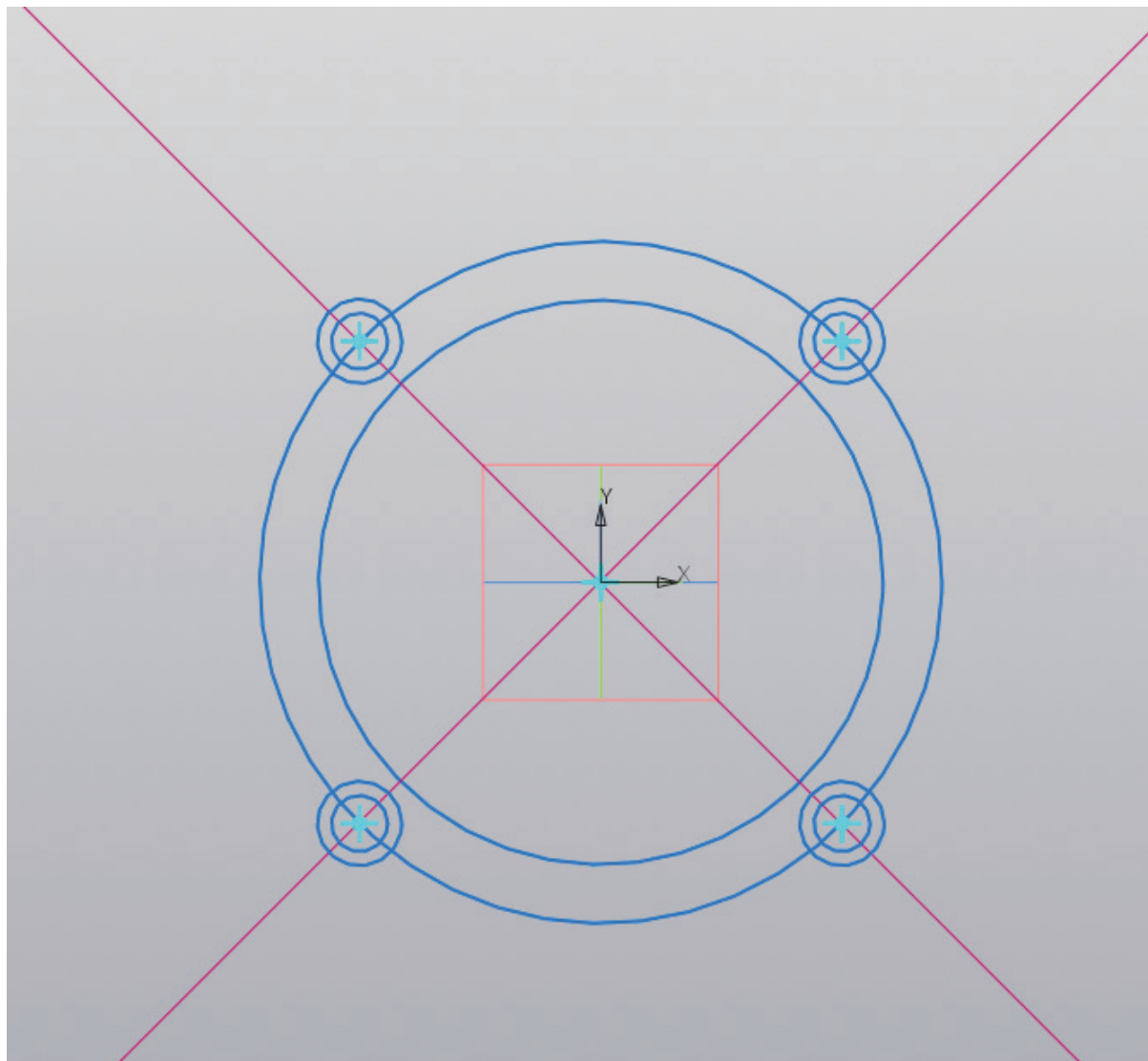


Рисунок 41 – Работа с эскизом, создание окружностей

В точках пересечения окружности большего диаметра со вспомогательными прямыми необходимо создать по две окружности диаметрами d и $1,5 \cdot d$ (мм).

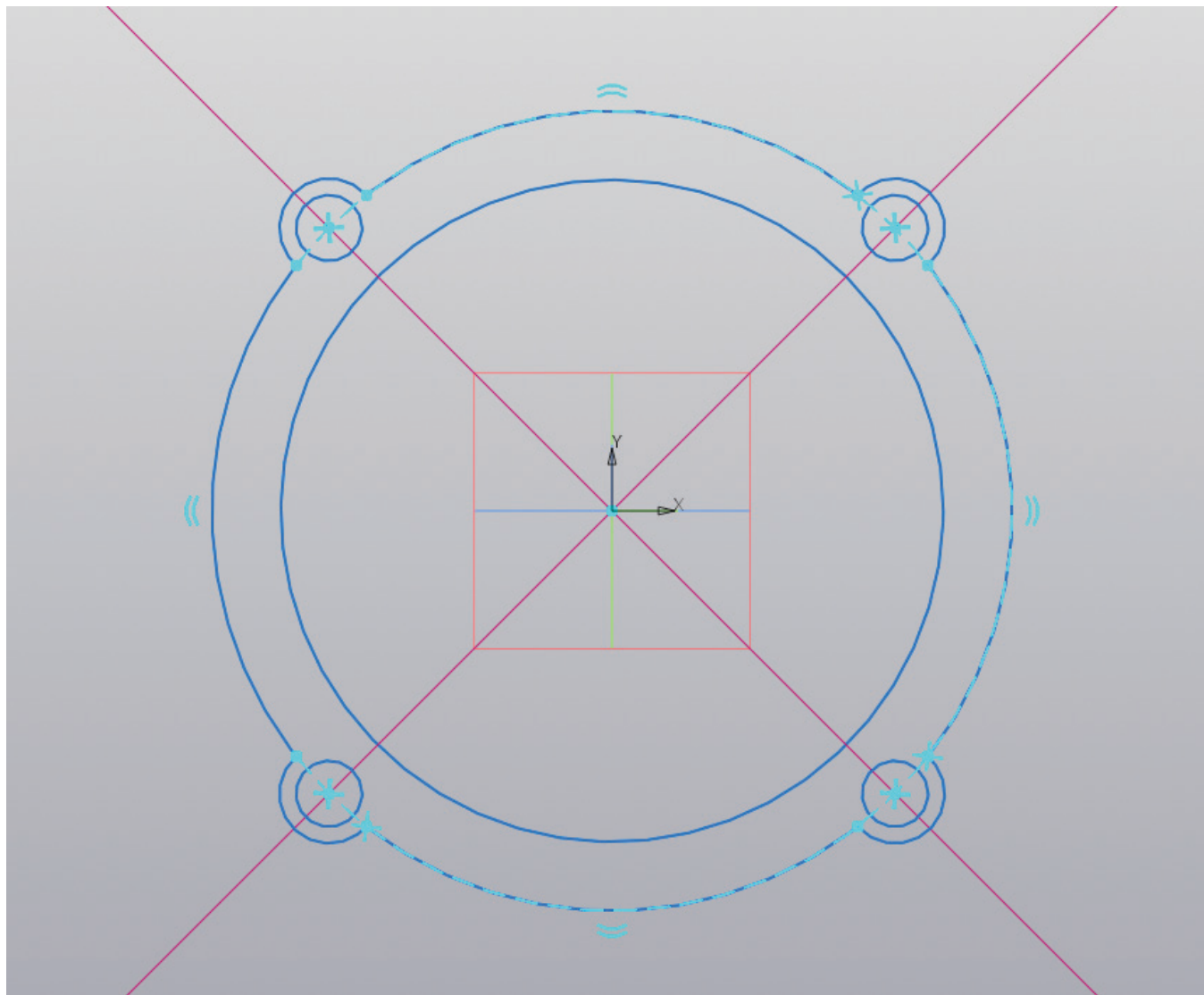


Рисунок 42 – Работа с эскизом, создание контура корпуса подшипника

На рисунке 42 демонстрируется создание единой геометрии эскиза корпуса, для этого применяется команда «Усечь кривую», которая позволяет удалить ненужные части большей окружности.

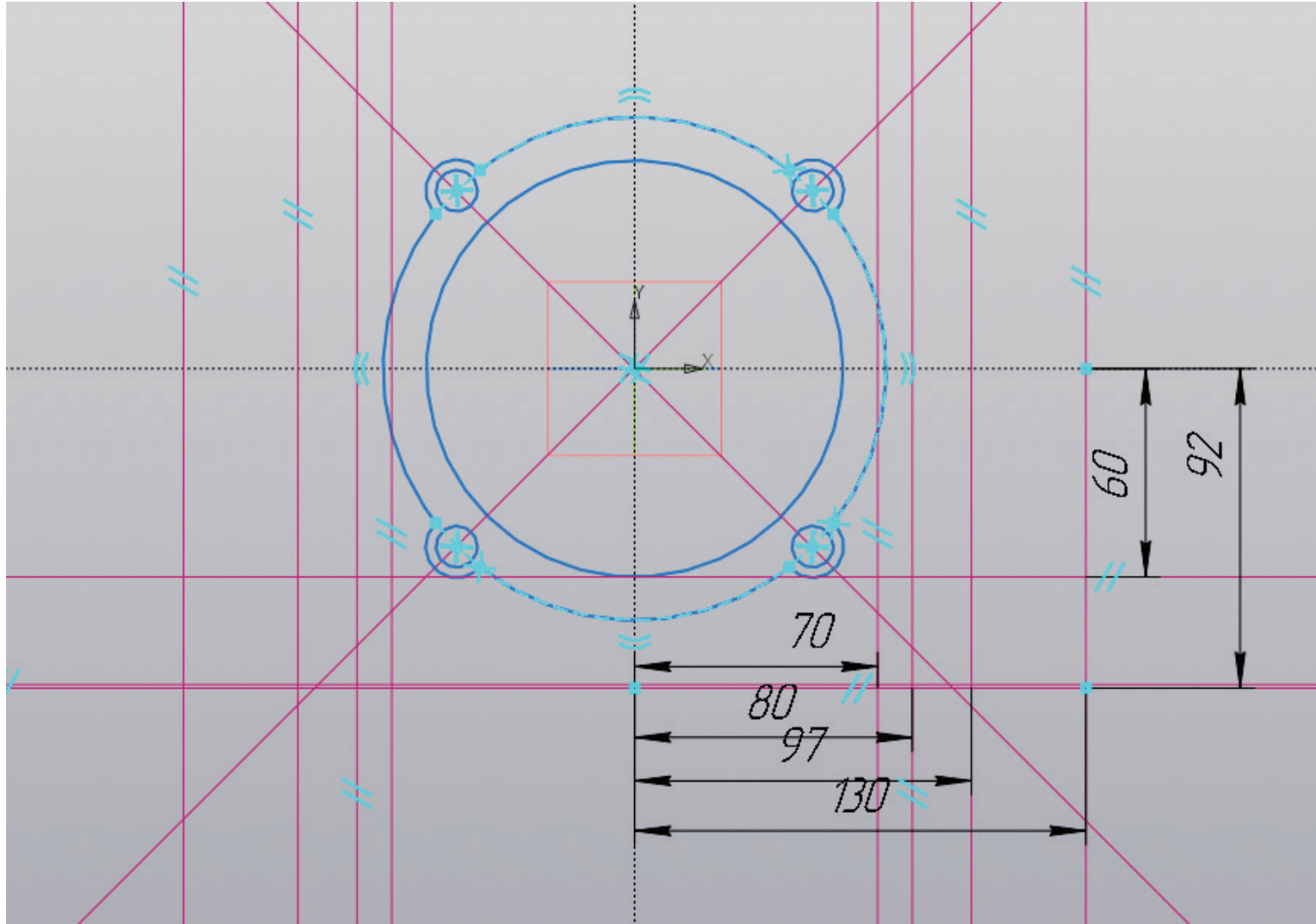


Рисунок 43 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

От центра окружности необходимо отложить три горизонтальные прямые на расстоянии H_1 , H_1-h и H_1-1 (мм).

Затем от центра окружности необходимо отложить вертикальные прямые по обе стороны на расстоянии $L/2$, $l/2$, $(l/2-(L-A)/2)$, $((l/2-(L-A)/2)-10)$ (мм).

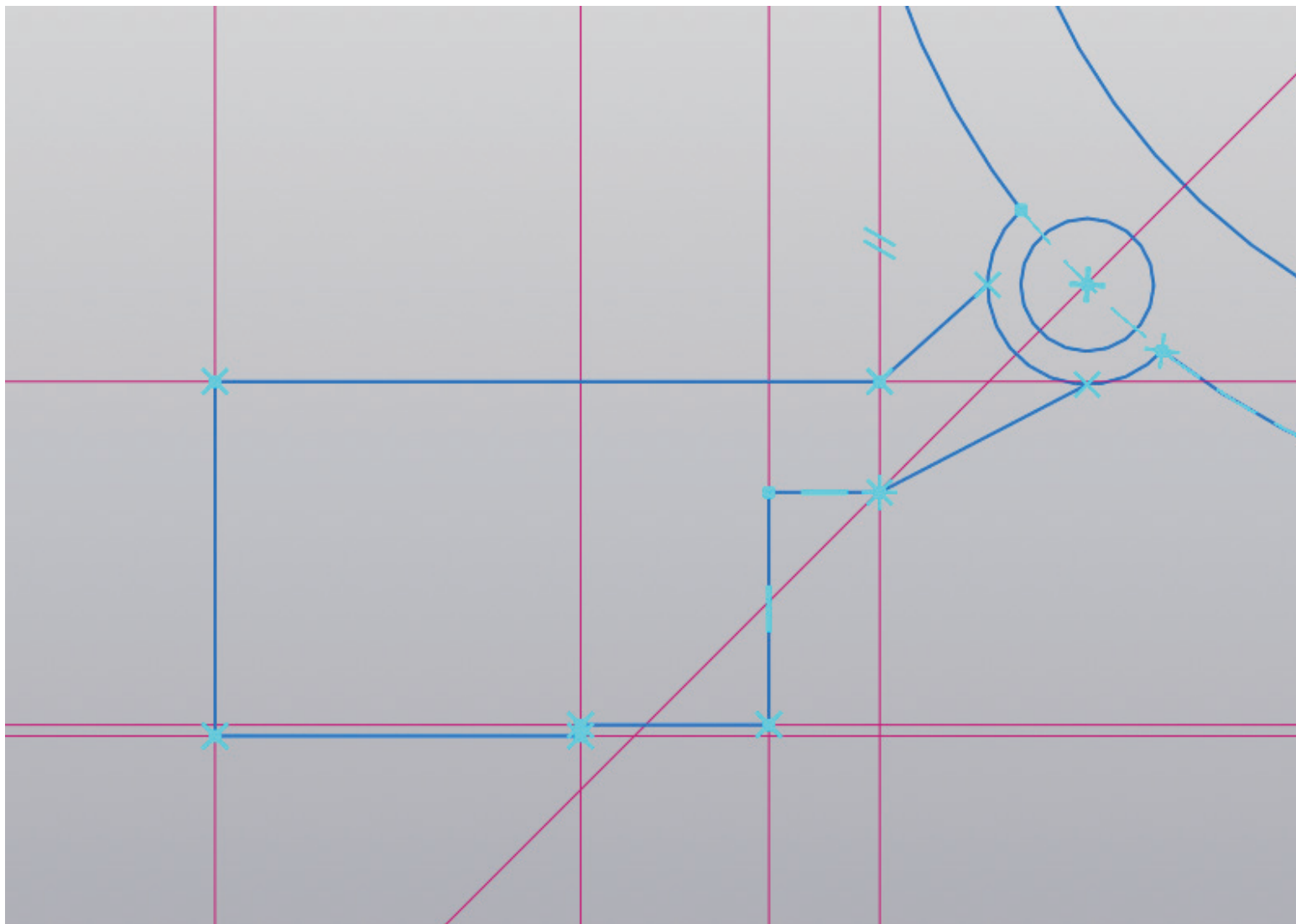


Рисунок 44 – Работа с эскизом, создание опор корпуса подшипника

На рисунке 44 демонстрируется создание опор корпуса подшипника путем соединения точек пересечения вспомогательных прямых.

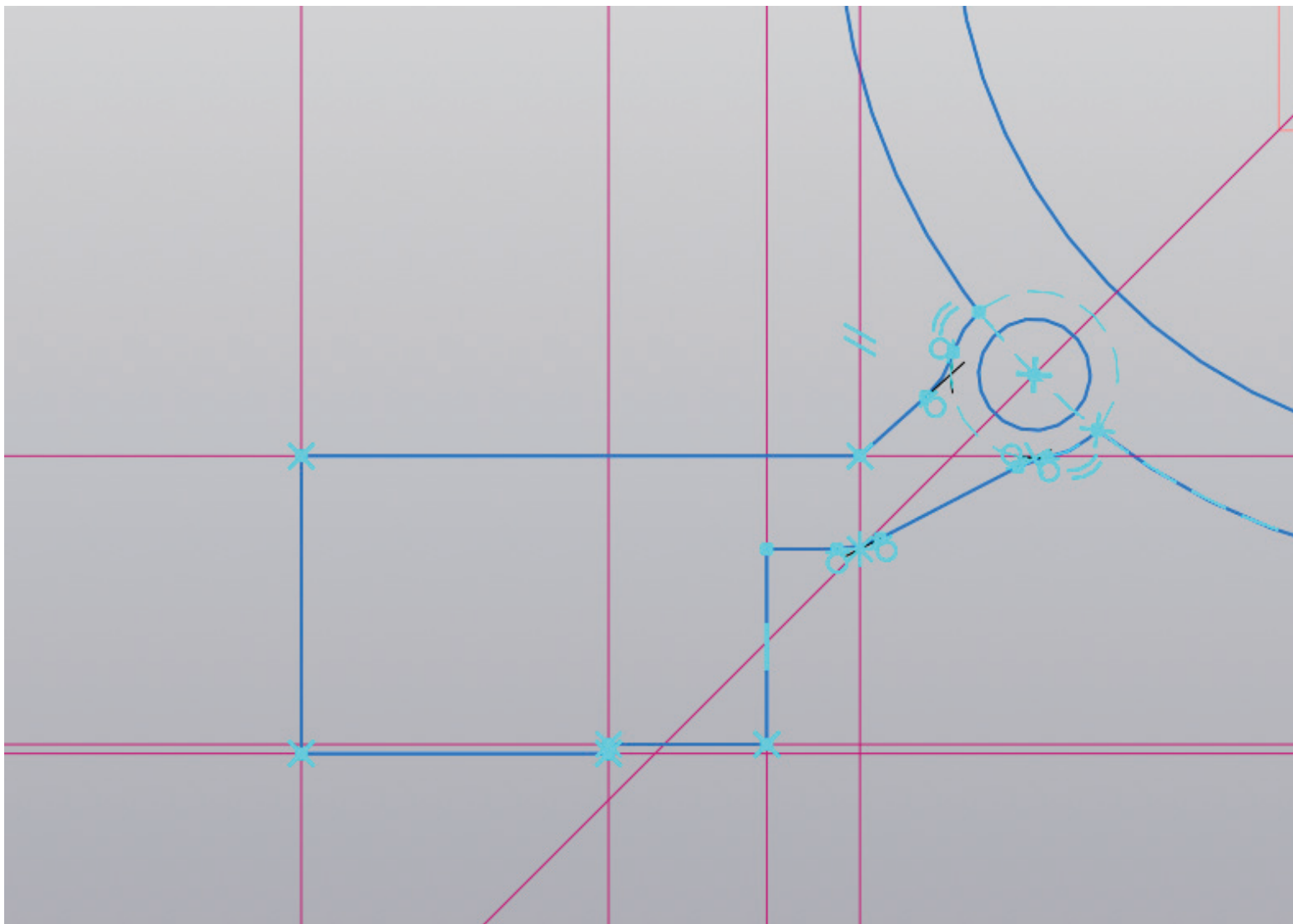


Рисунок 45 – Работа с эскизом, создание опор корпуса подшипника

После создания контура необходимо выполнить скругления радиусом, равным примерно 10 (мм), после чего необходимо усечь все ненужные элементы (рис. 45).

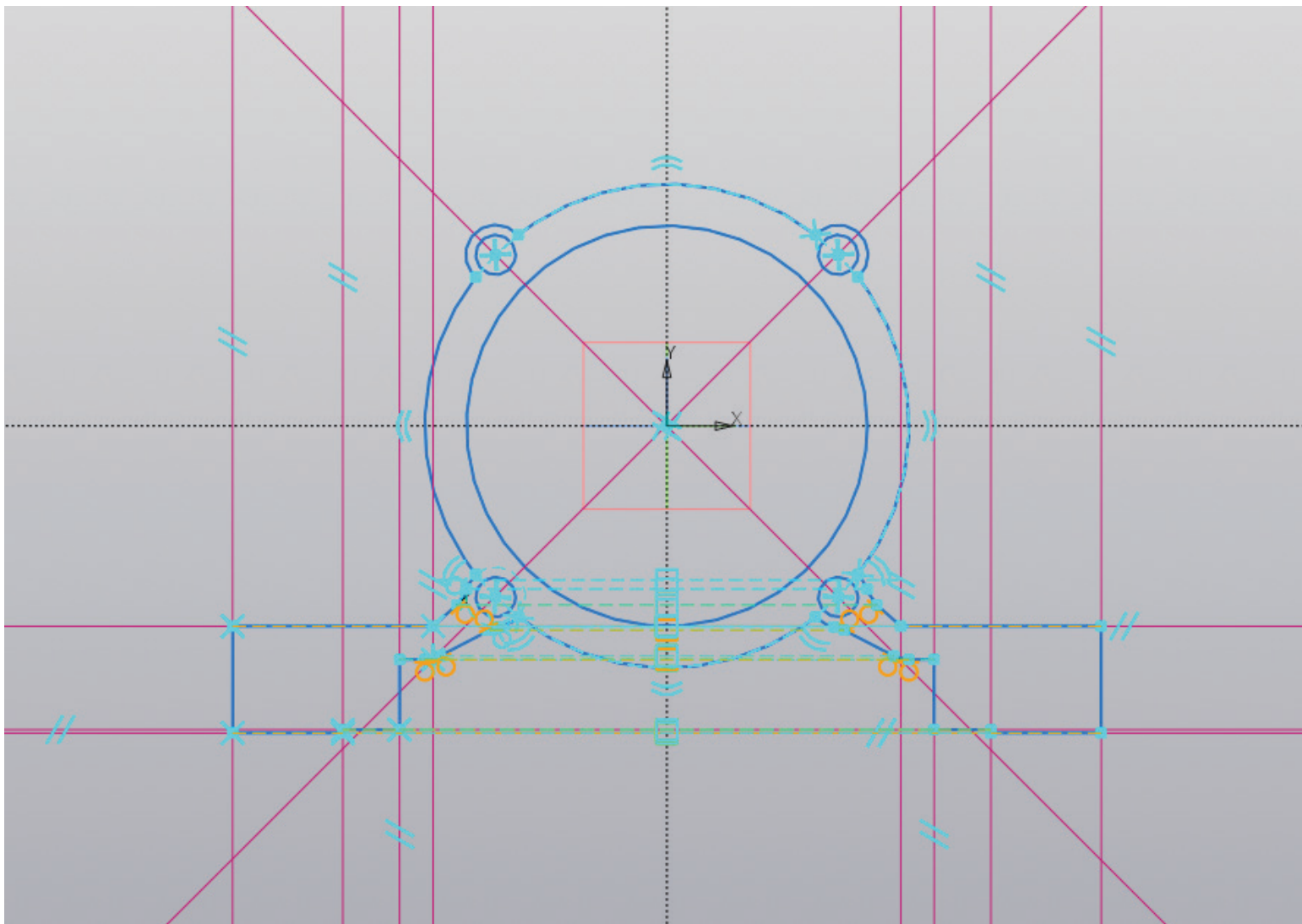


Рисунок 46 – Работа с эскизом, создание опор корпуса подшипника

Закончив создание одной опоры корпуса подшипника, необходимо создать такую же опору с другой стороны, для этого можно использовать зеркально отражение.

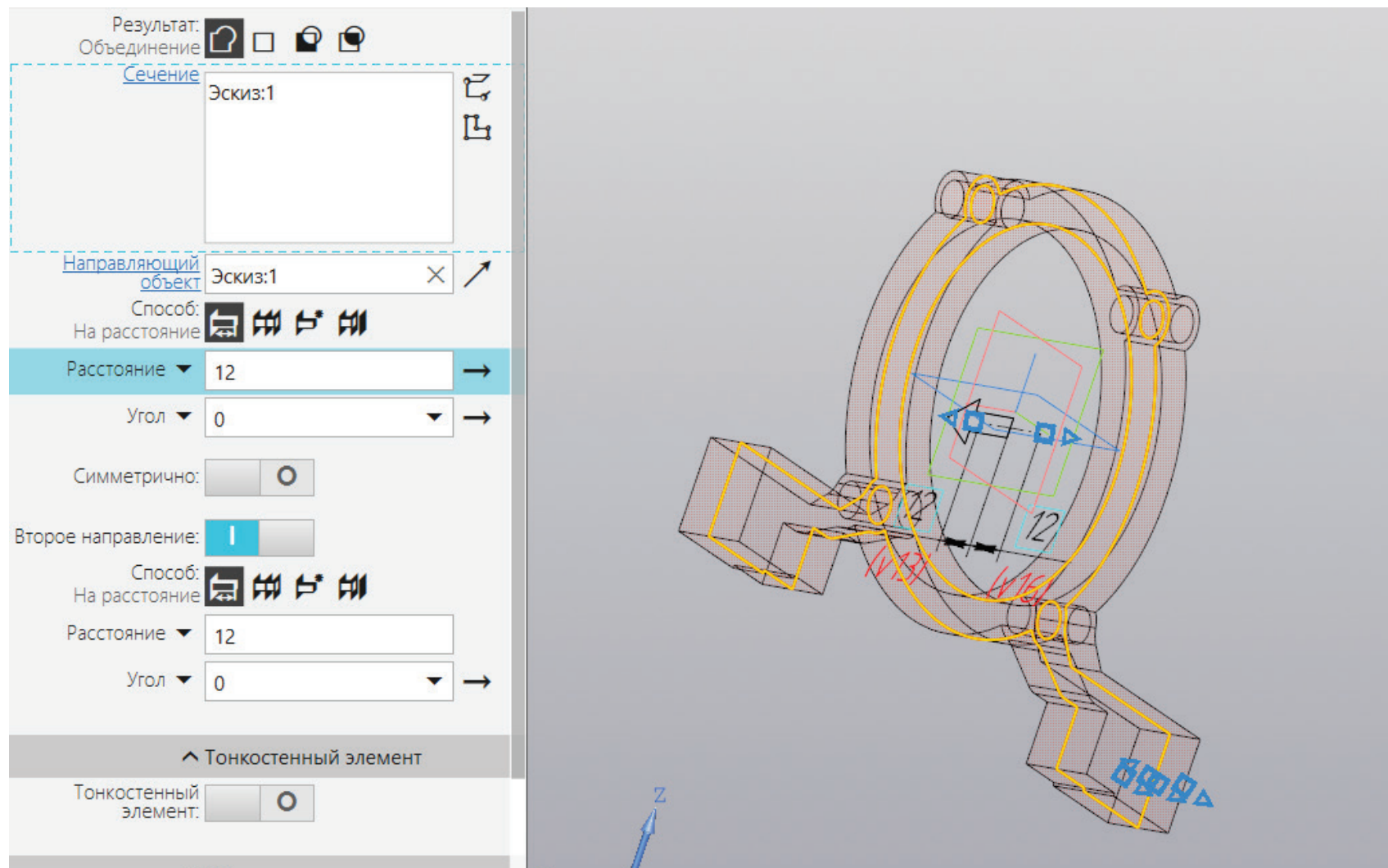


Рисунок 47 – Создание трехмерной модели по эскизу

Полученному эскизу необходимо придать объем, для этого выполняется команда «Выдавливание» на расстояние равное $B/4$ (мм) симметрично относительно центра, либо можно воспользоваться выдавливанием в двух направлениях (рис. 47).

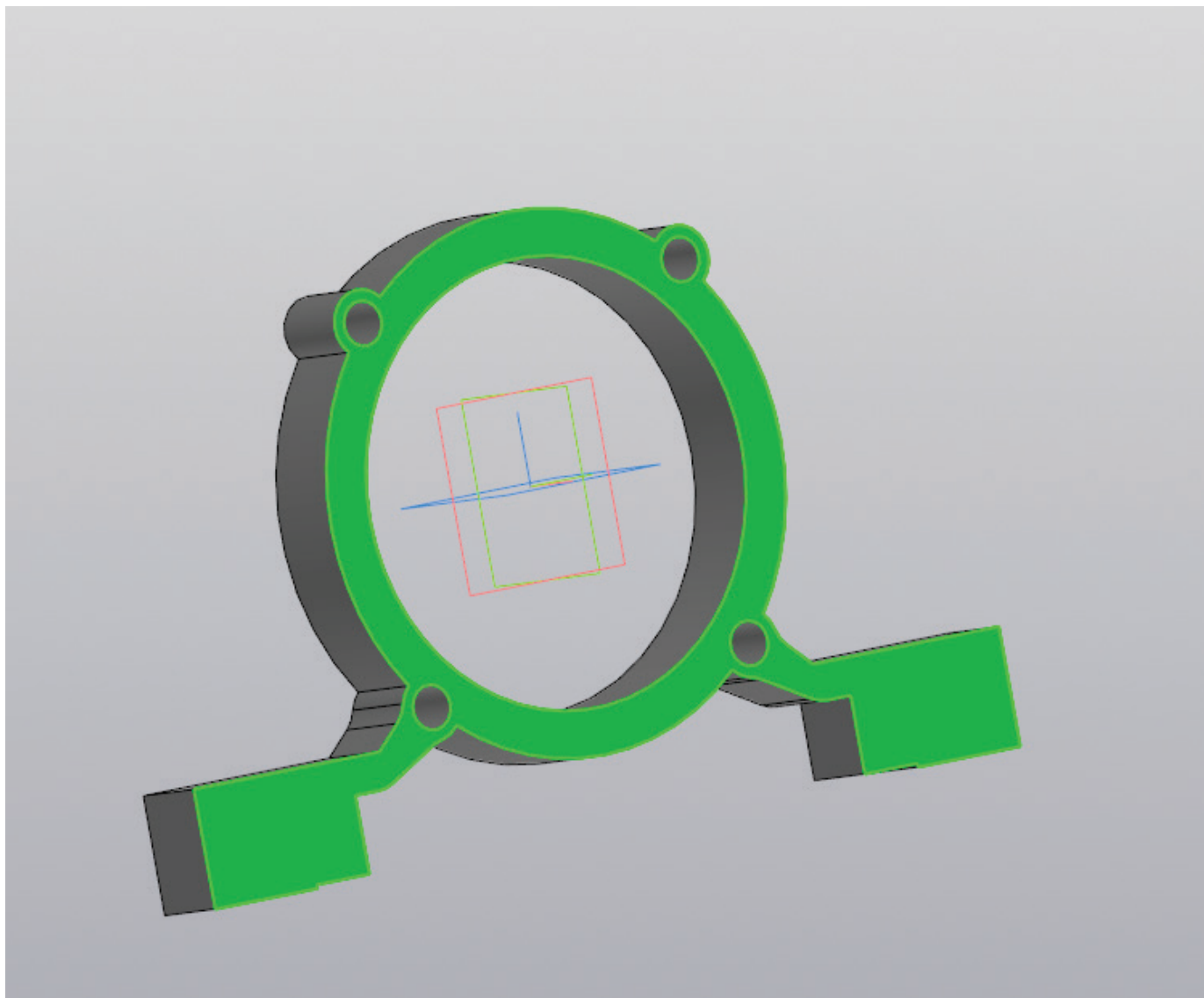


Рисунок 48 – Создание эскиза на плоскости

На передней поверхности корпуса подшипника предстоит создать эскиз (рис. 48).

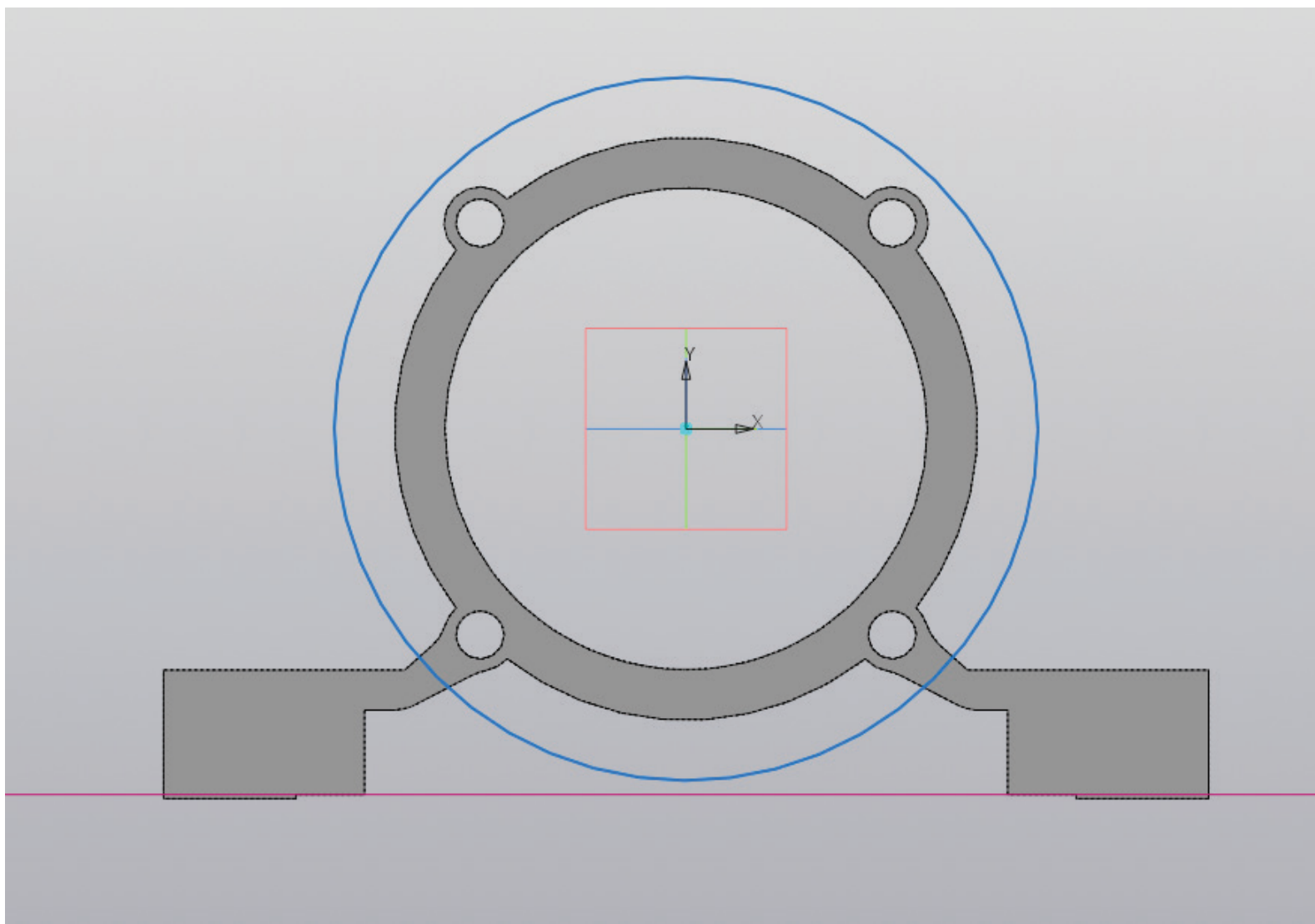


Рисунок 49 – Работа с эскизом, создание окружности

Из центра создается окружность диаметром L_1 (мм). После этого необходимо построить горизонтальную прямую на расстоянии H_1-1 (мм) от центра (рис. 49).

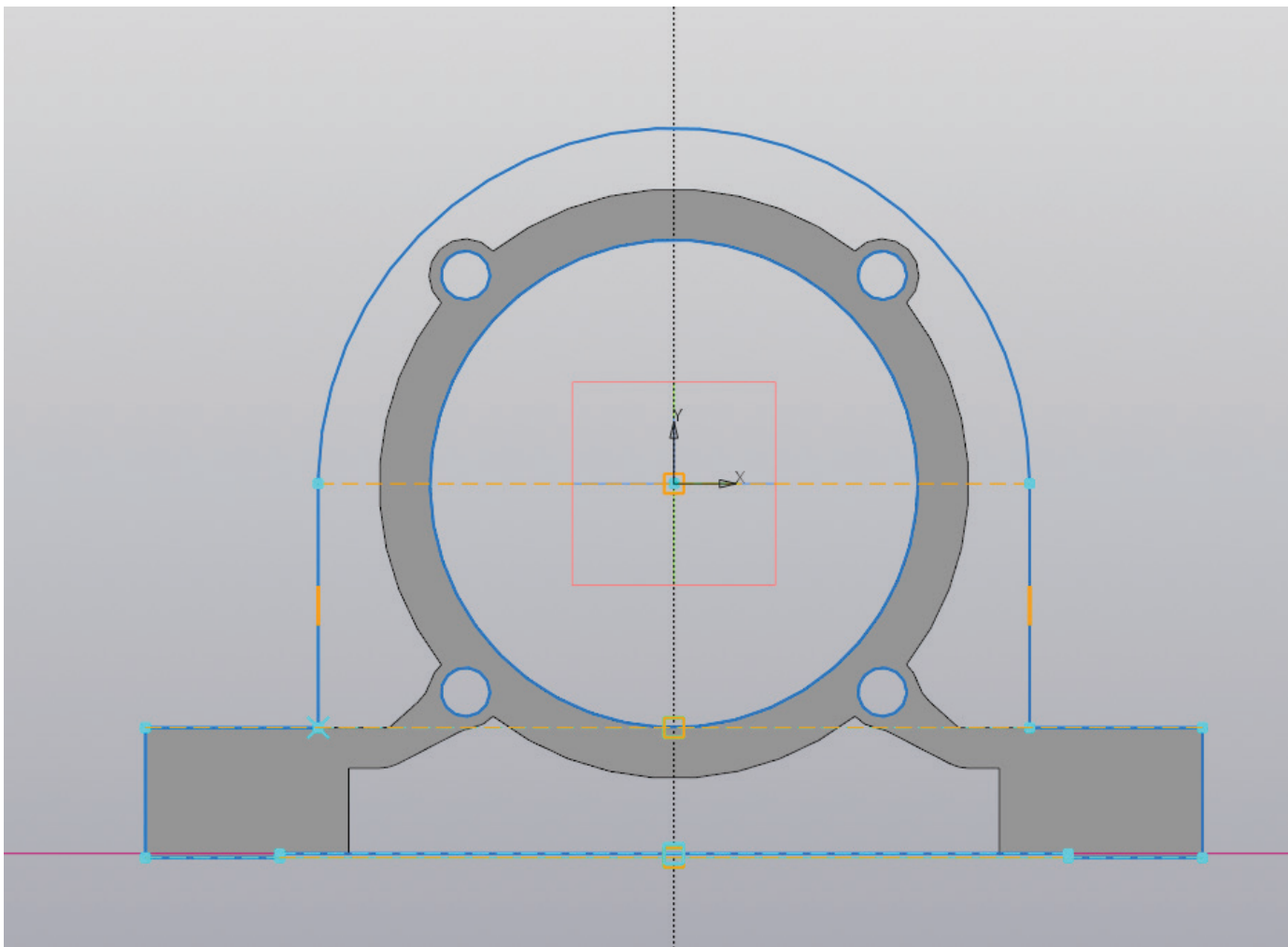


Рисунок 50 – Работа с эскизом, создание внешнего контура корпуса подшипника

На рисунке 50 демонстрируется процесс создания внешнего контура корпуса подшипника с построением окружностей.

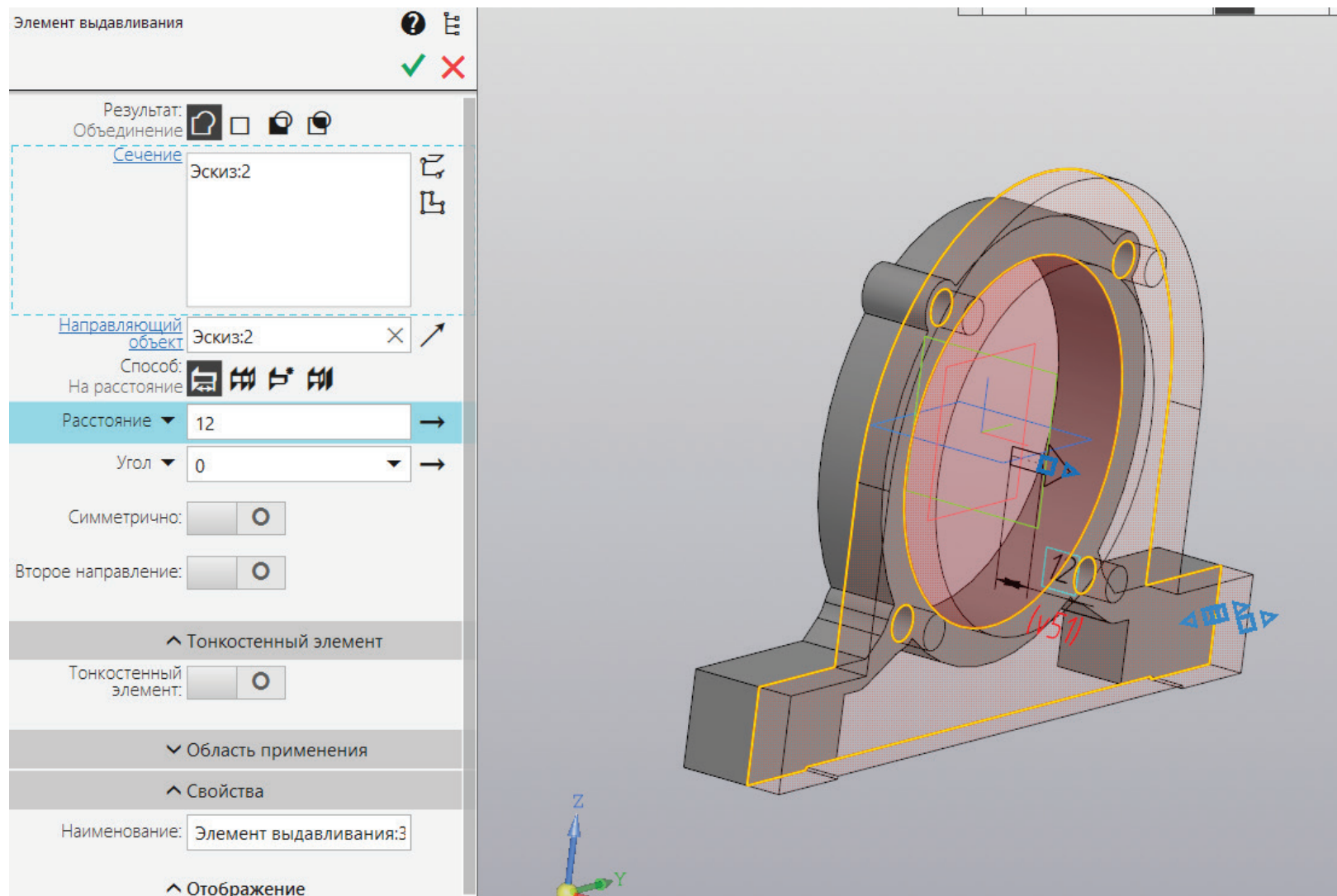


Рисунок 51 – Создание трехмерной модели по эскизу

На рисунке 51 показывается применение операции «Выдавливание» на расстояние В/4 (мм) для выполненного эскиза.

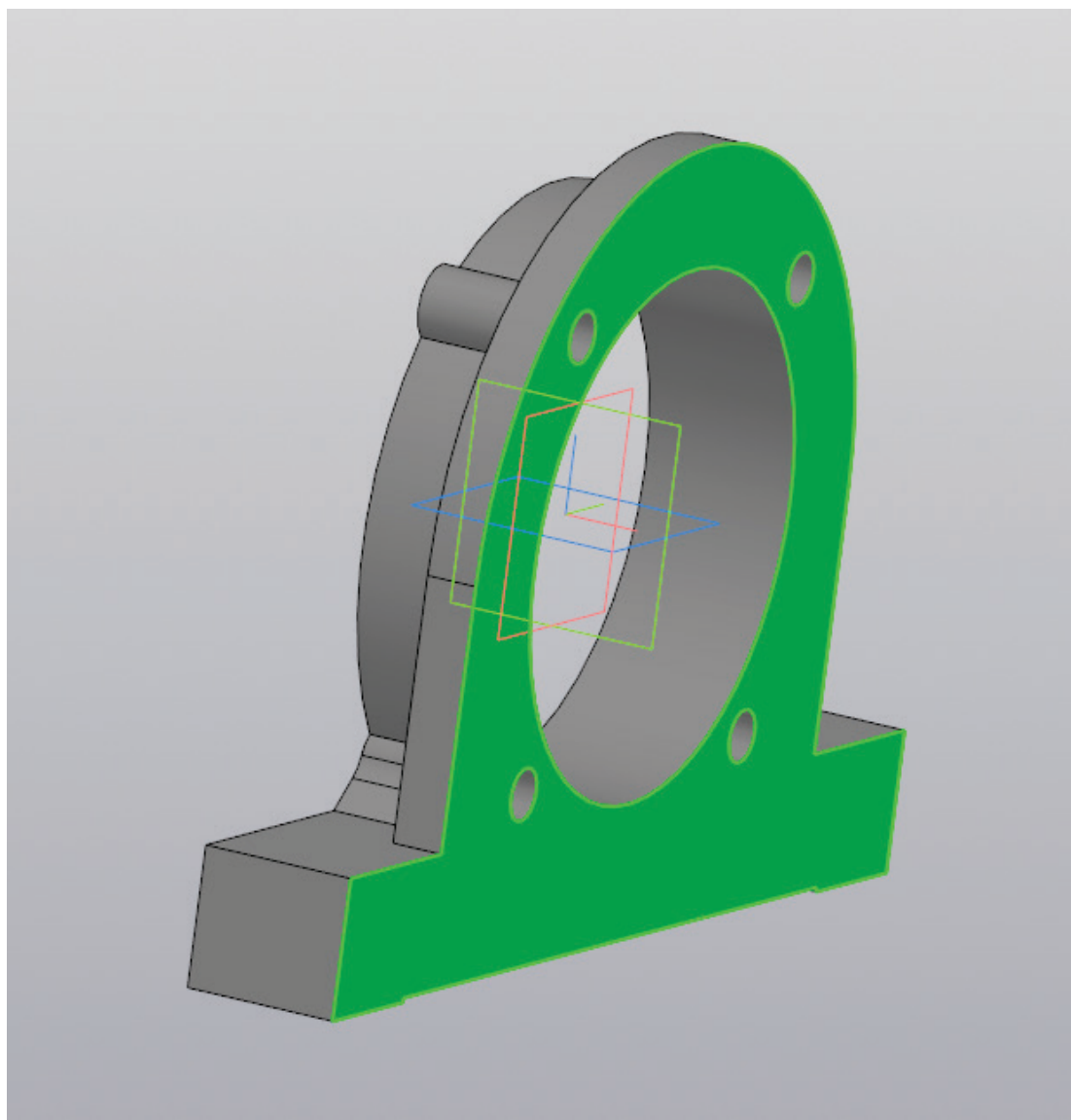


Рисунок 52 – Создание эскиза на плоскости

На образованной плоскости снова предстоит создать эскиз (рис. 52).

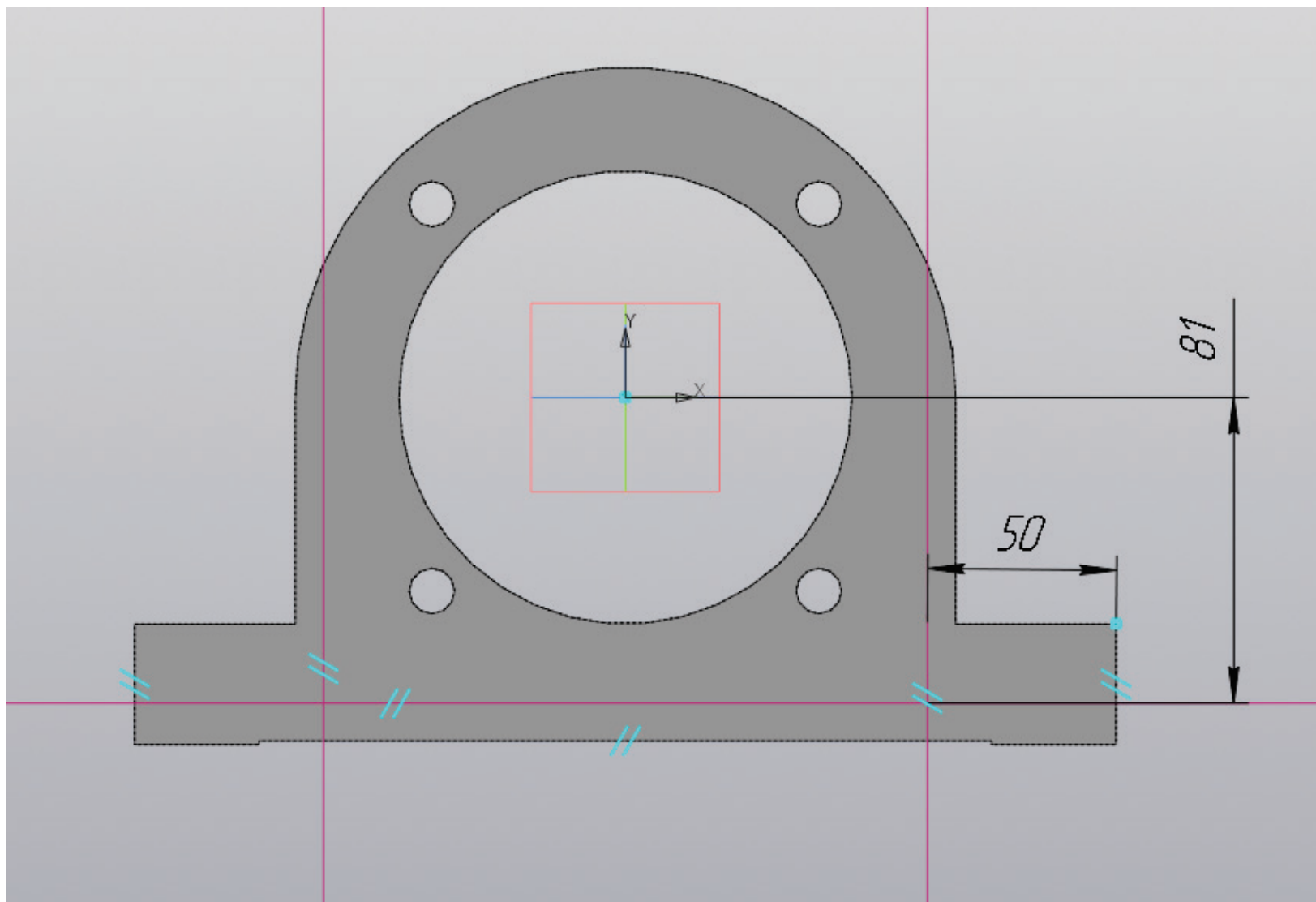


Рисунок 53 – Работа с эскизом, создание вспомогательных прямых

От каждого края детали предстоит отложить параллельную прямую на расстояние $L-A$ (мм). От центра необходимо выполнить построение горизонтальной прямой на расстояние H_1-11 (мм) (рис. 53).

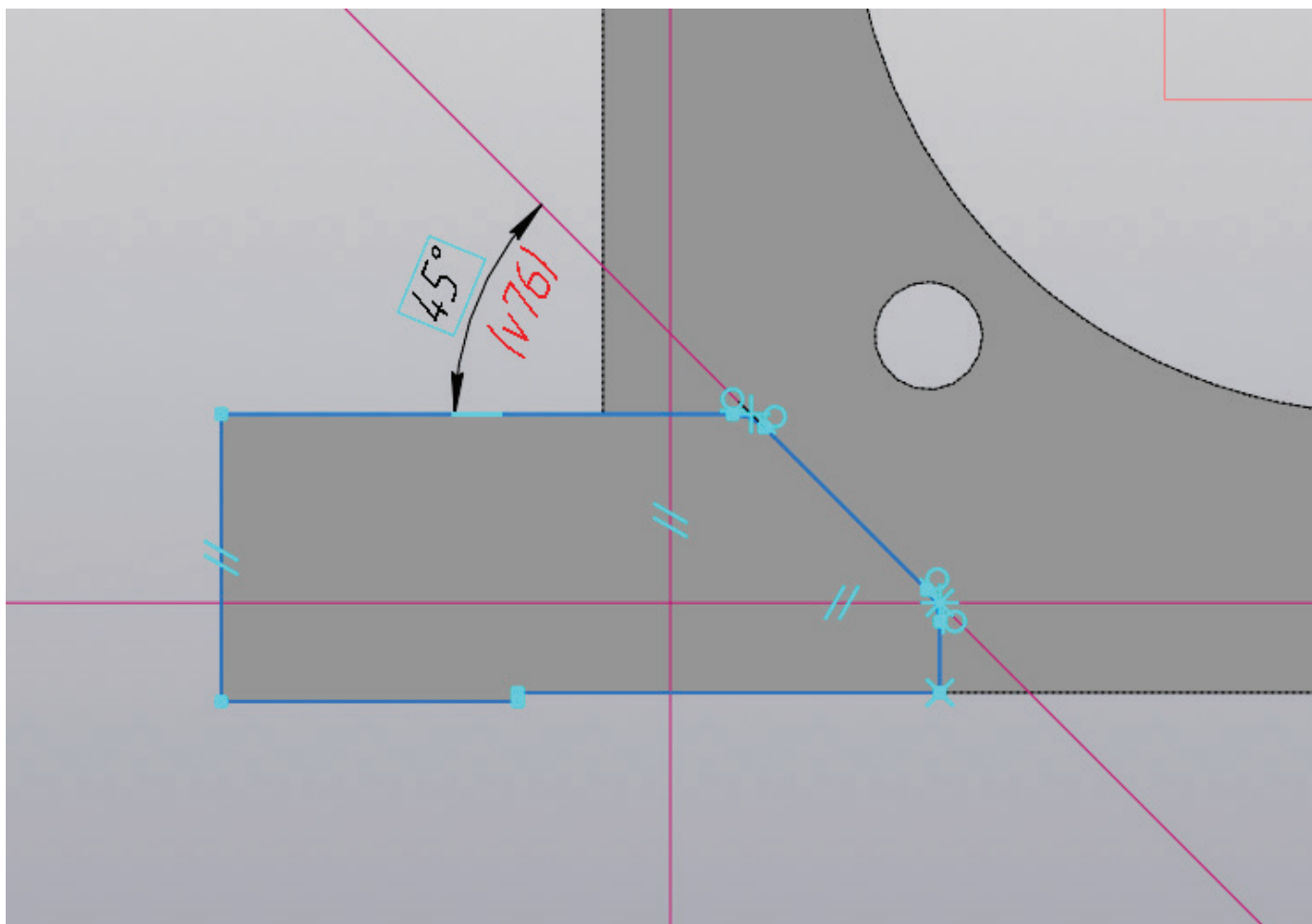


Рисунок 54 – Работа с эскизом, создание контура

Необходимо создать контур, как показано на рисунке 54. Выполняется построение вертикальной прямой в центре малого отверстия, на пересечении вертикальной и горизонтальной прямых выполняется построение наклонной прямой под углом 45 градусов. Полученный контур соединяется по средством отрезков, а на углах выполняется скругление радиусом от 5 до 10 (мм). Затем необходимо создать такой же эскиз с другой стороны, для этого выполняется зеркальное отражение.

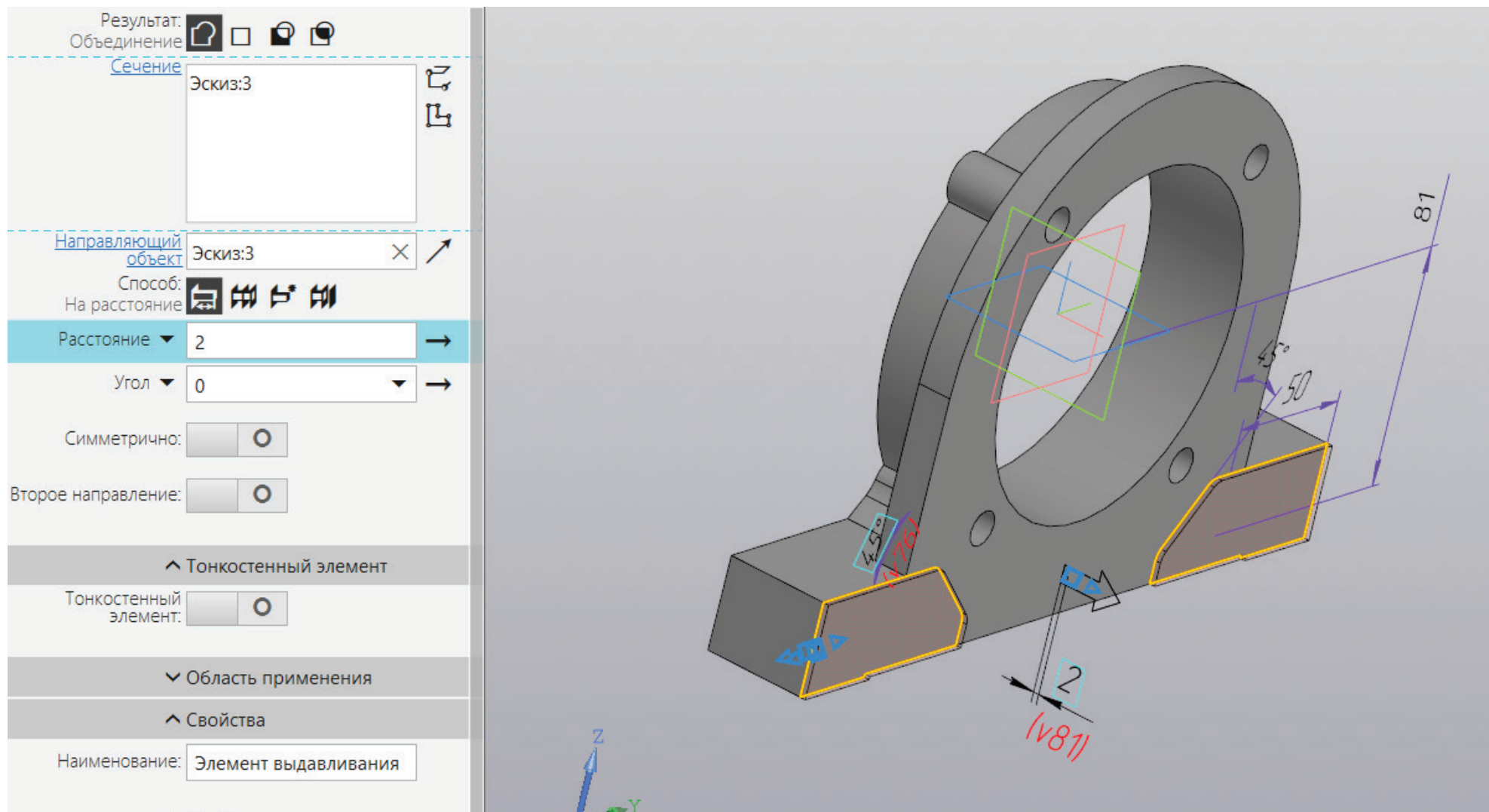


Рисунок 55 – Создание трехмерной модели по эскизу

Полученный эскиз выдавливается на расстояние, равное $(B_1 - B)/2$ (мм). Если значение разности получается равным нулю, то можно выдавить на 1-2 (мм) (рис. 55).

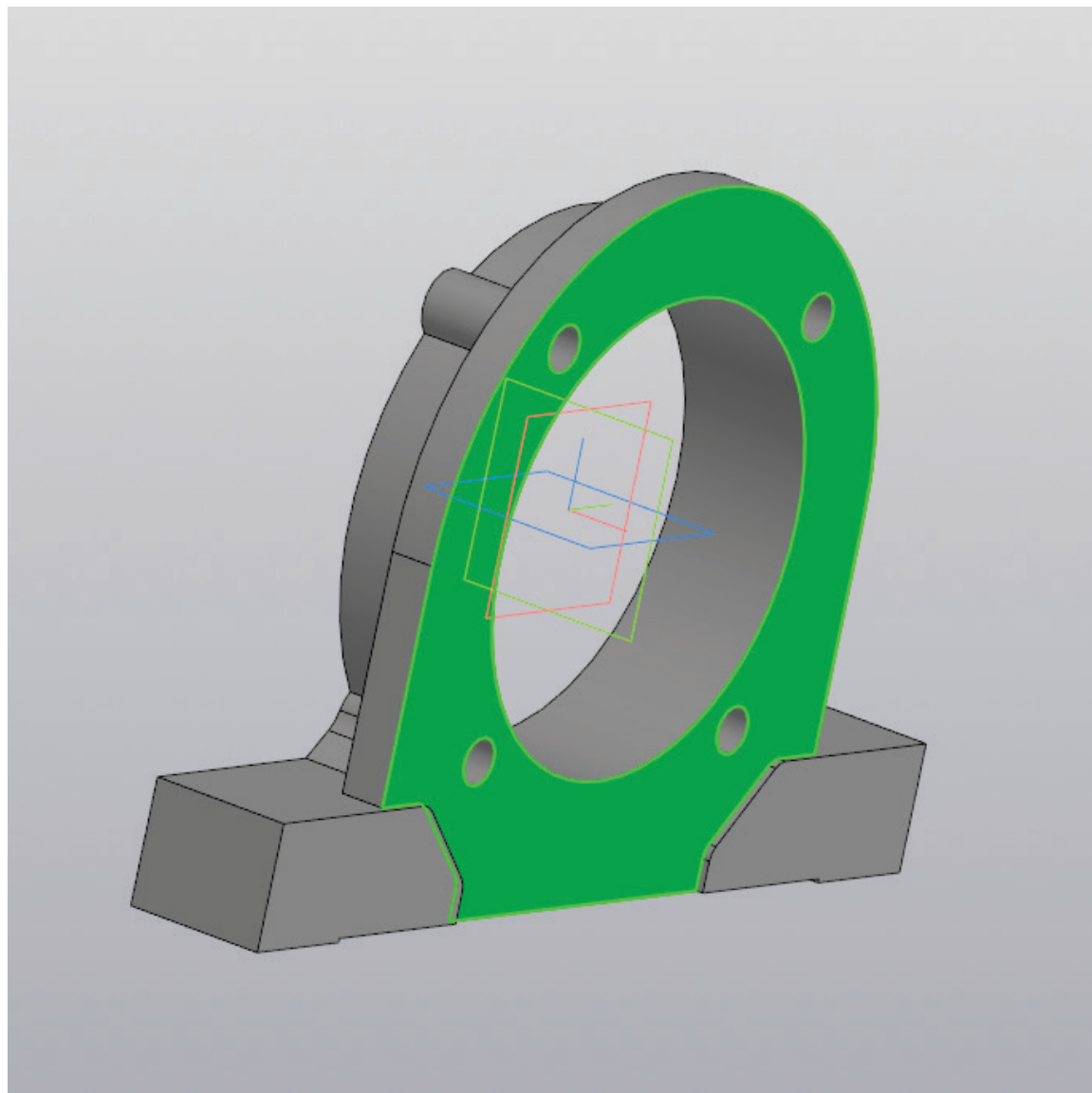


Рисунок 56 – Создание эскиза на плоскости

Выбрав плоскость, как показано на рисунке 56 создается новый эскиз.

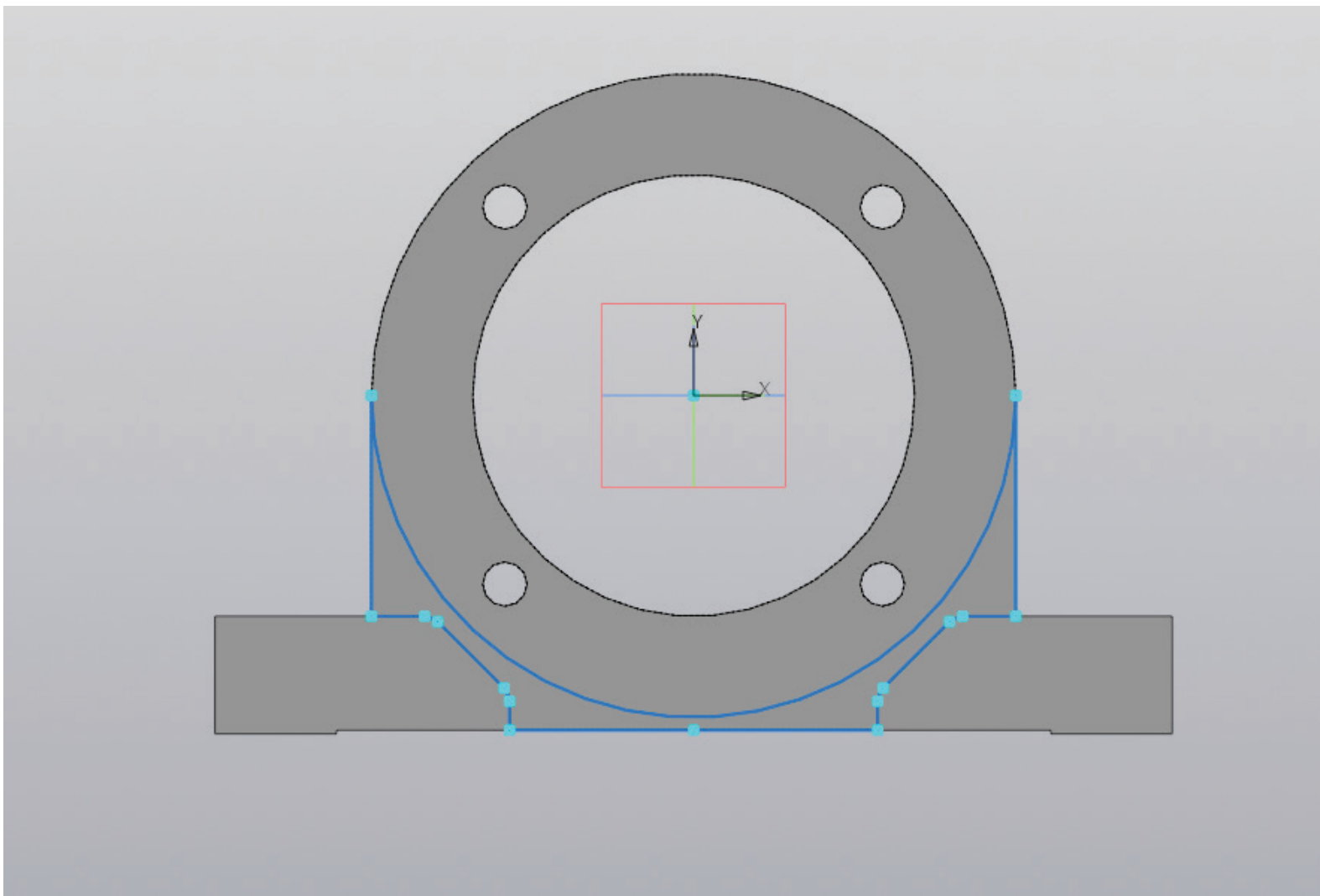


Рисунок 57 – Работа с эскизом, создание контура

В новом эскизе с предстоит повторить контур нижней части корпуса подшипника, как показано на рисунке 57. К полученному эскизу необходимо применить команду «Вырезать выдавливанием» на расстояние от 1 до 2 (мм), как показано на рисунке 58.

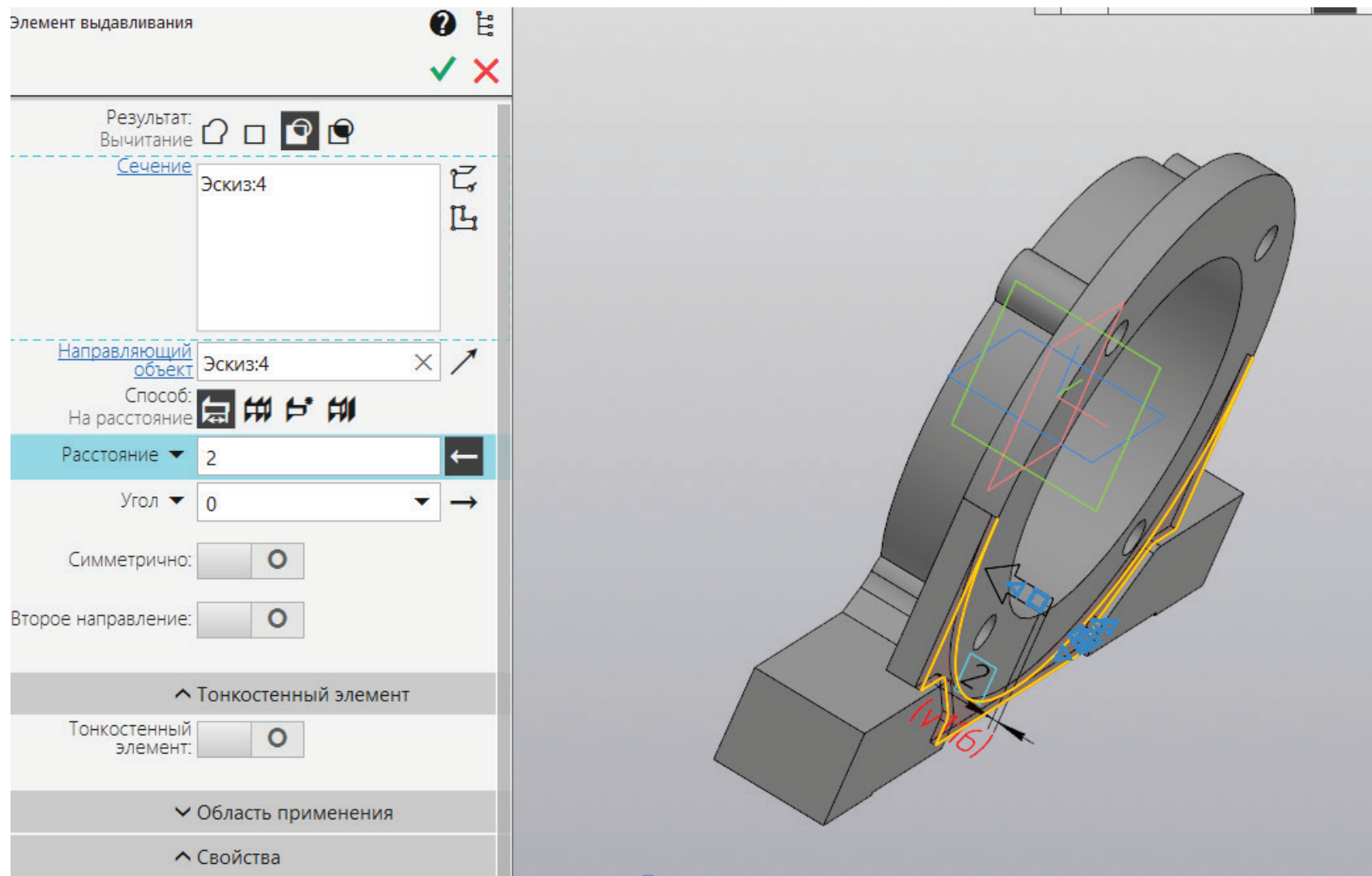


Рисунок 58 – Уменьшение геометрии трехмерной модели по созданному эскизу

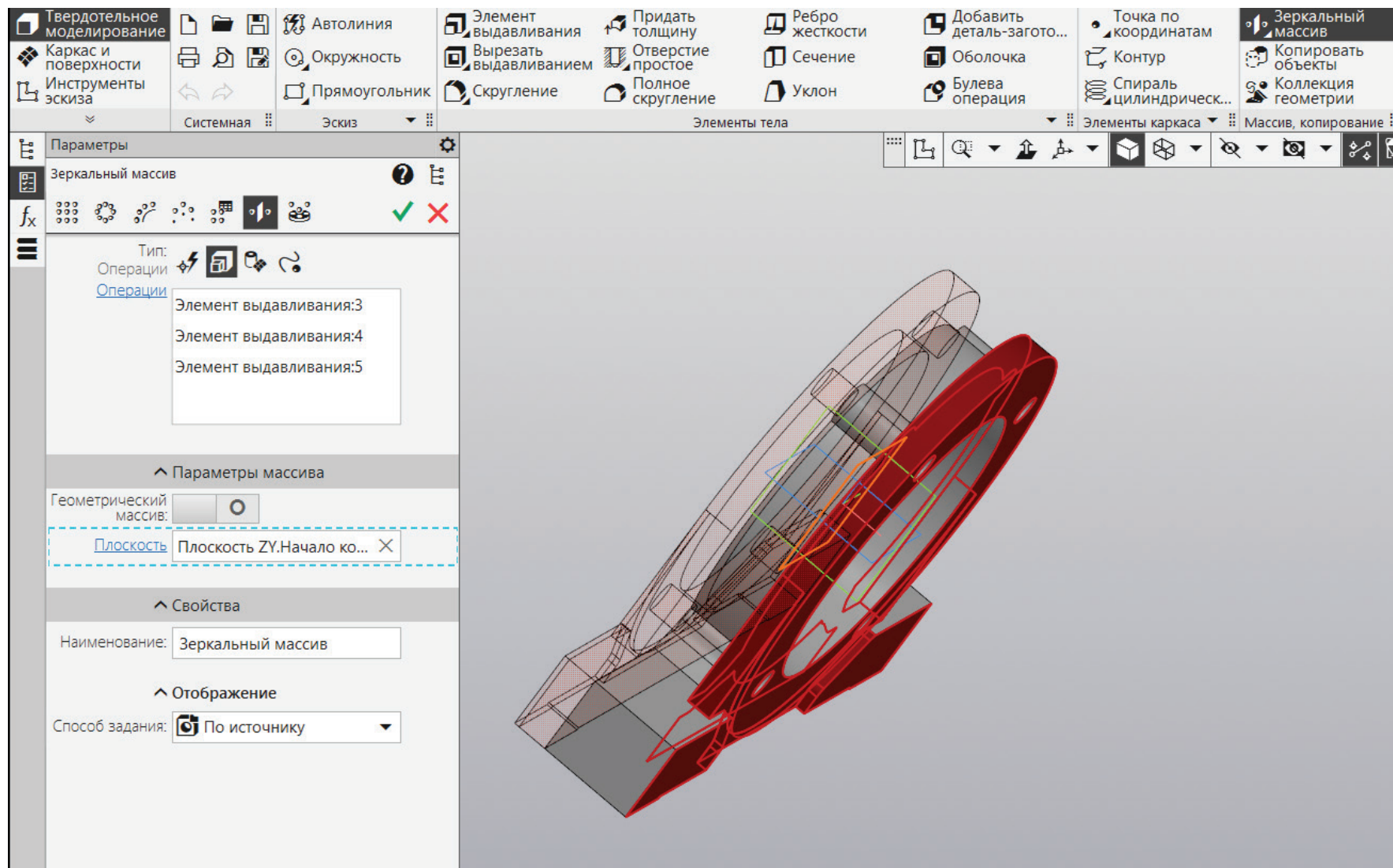


Рисунок 59 – Работа с зеркальным массивом

Выбрав все операции для построения внешней части корпуса подшипника, необходимо применить «Зеркальный массив» относительно центра конструкции (рис. 59).

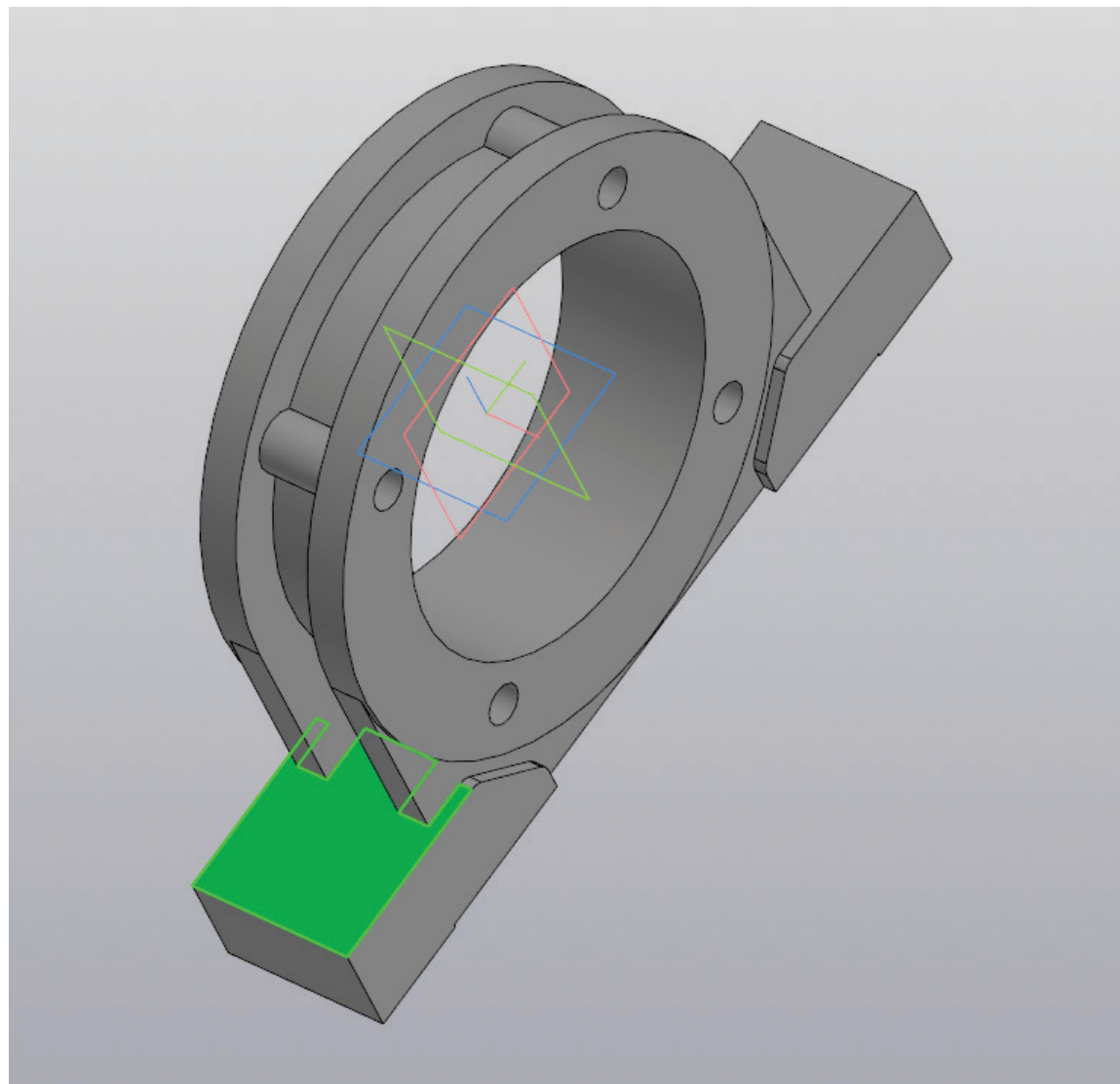


Рисунок 60 – Создание эскиза на выбранной плоскости

На рисунке 60 показана плоскость, на которой необходимо создать отверстия под крепления. Выбрав данную плоскость, на ней требуется создать эскиз.

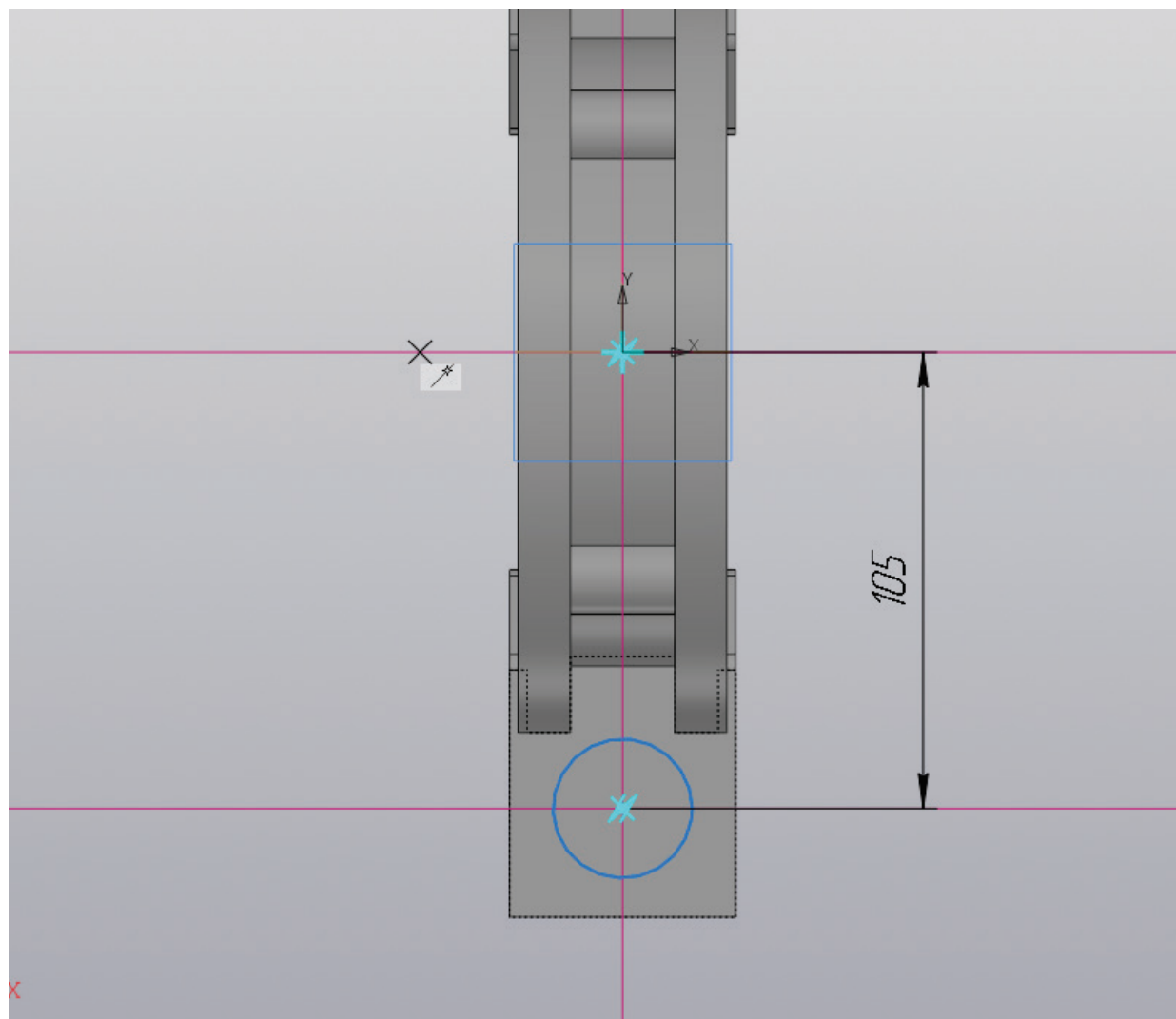


Рисунок 61 – Работа с эскизом, создание окружности

В образованном эскизе необходимо выполнить построение вертикальной прямой из центра конструкции и горизонтальной прямой на расстоянии $A/2$ (мм) от этого же центра. На пересечении вертикальной и горизонтальной прямых выполняется построение окружности диаметром $d2$ (мм) (рис. 61).

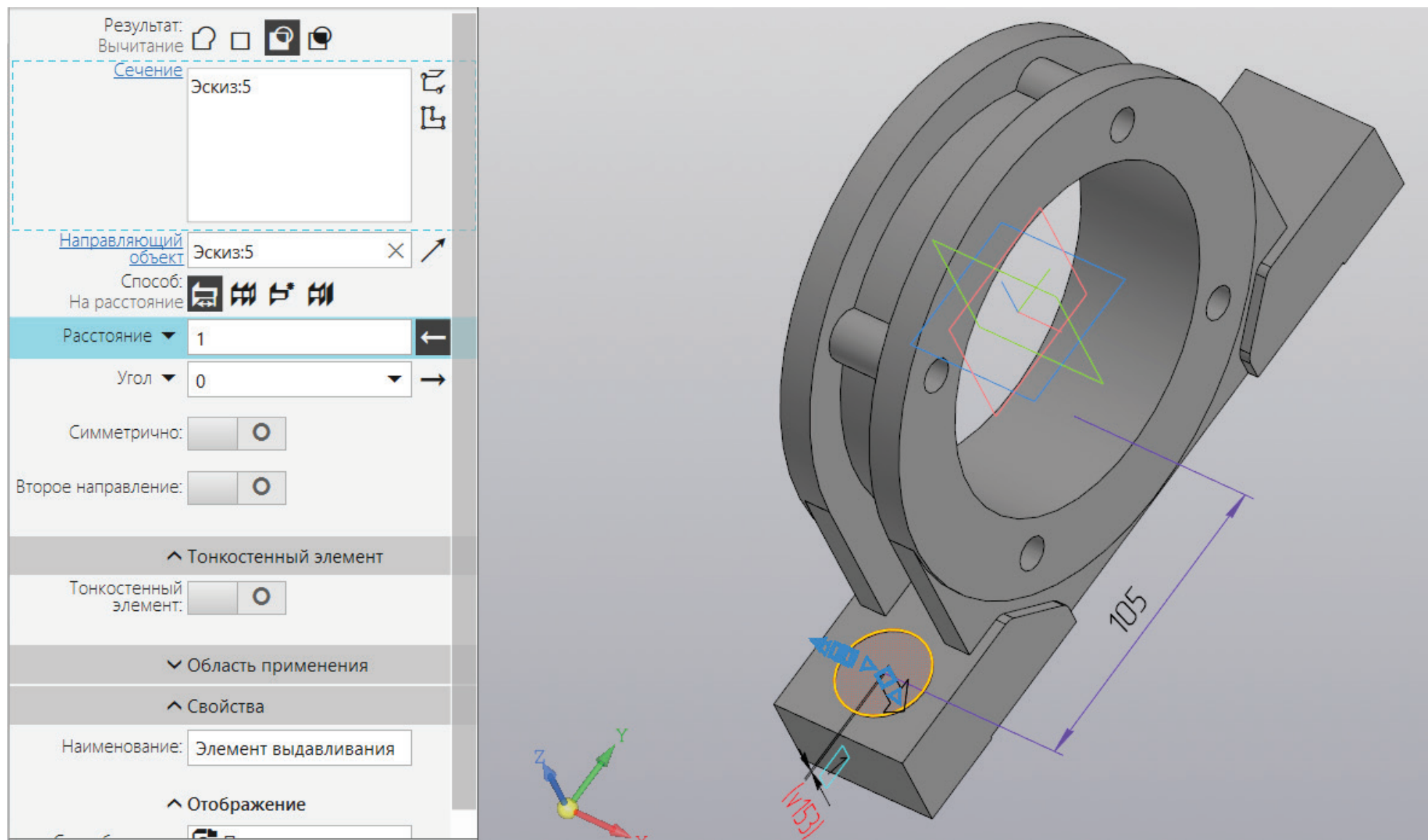


Рисунок 62 – Уменьшение геометрии по созданному эскизу

К завершённому эскизу применяется операция «Вырезать выдавливанием» на расстояние 1 (мм) (рис. 62).

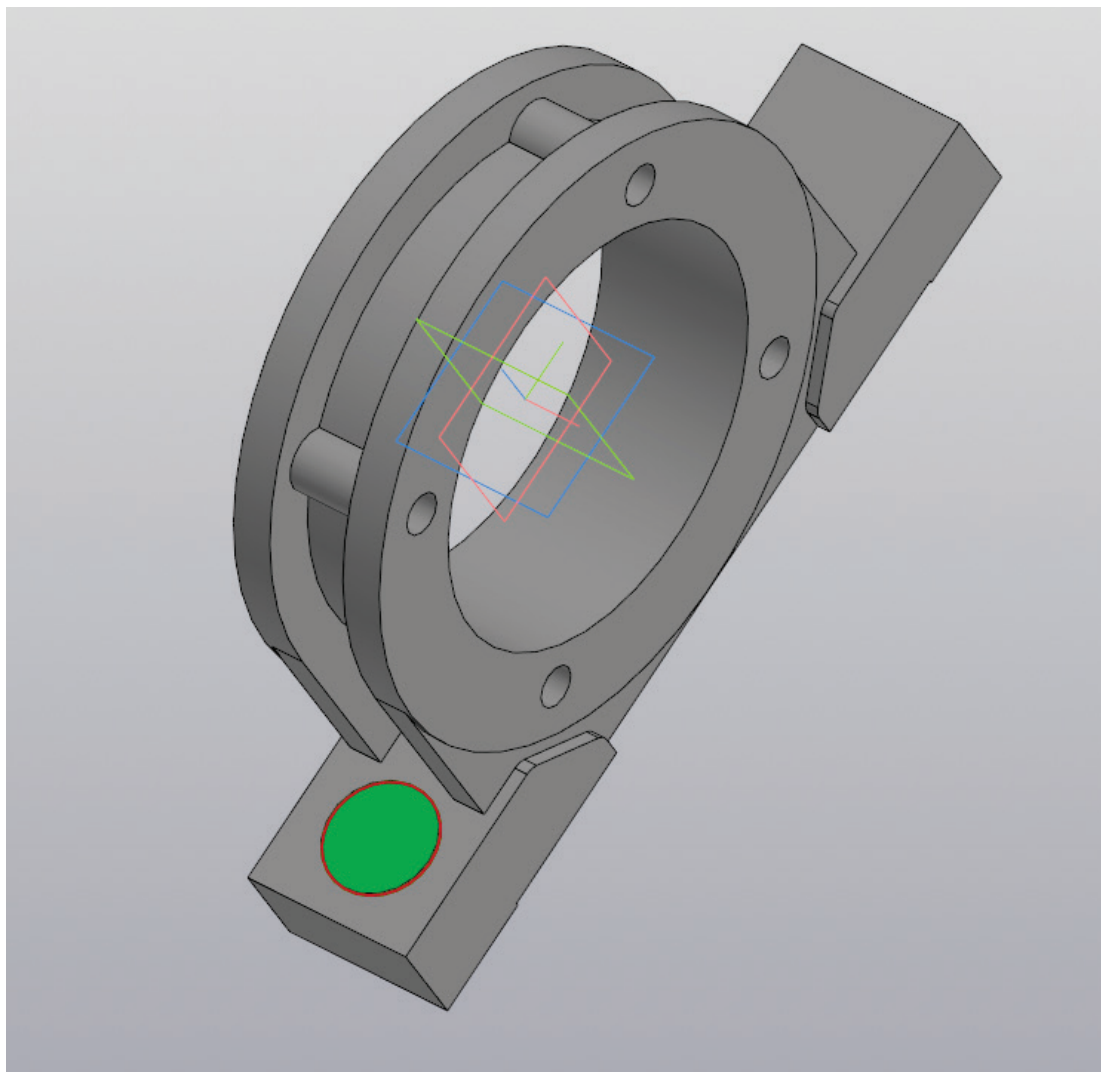


Рисунок 63 – Создание эскиза на плоскости

Выбрав образованную плоскость, на ней требуется создать эскиз (рис. 63).

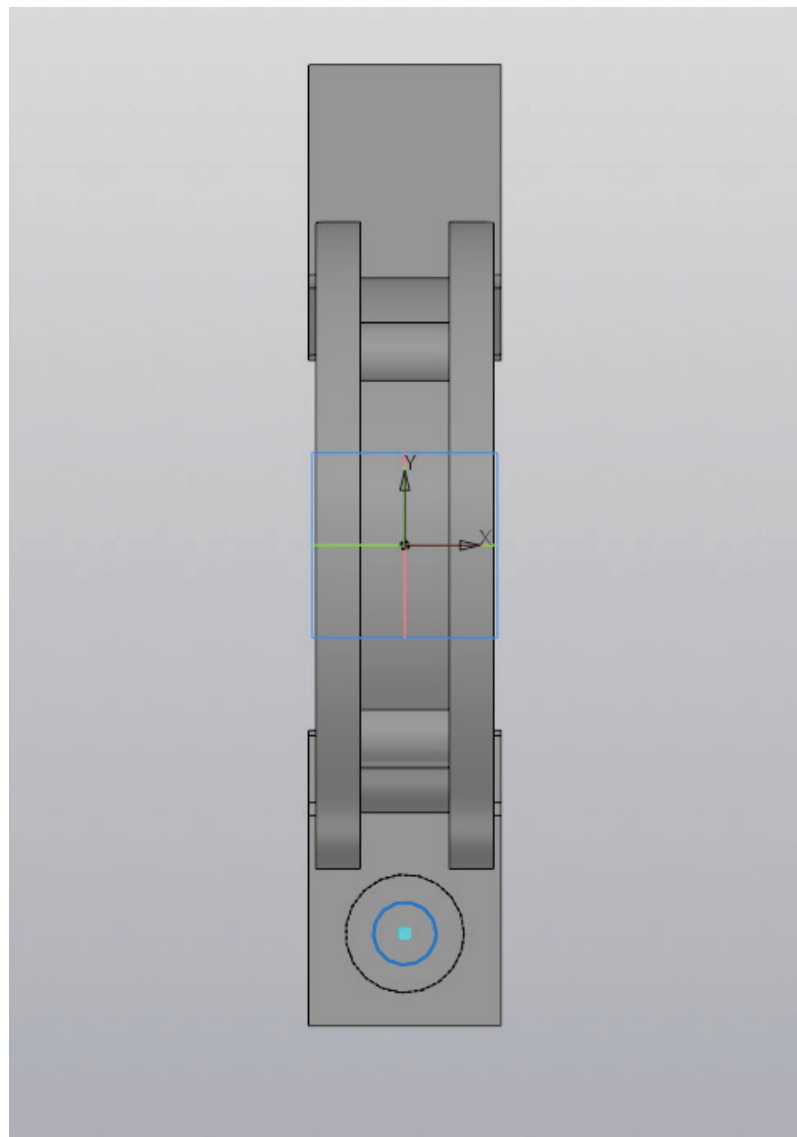


Рисунок 64 – Работа с эскизом, создание окружности

В центре плоскости создается окружность диаметром d_1 (мм) (рис. 64).

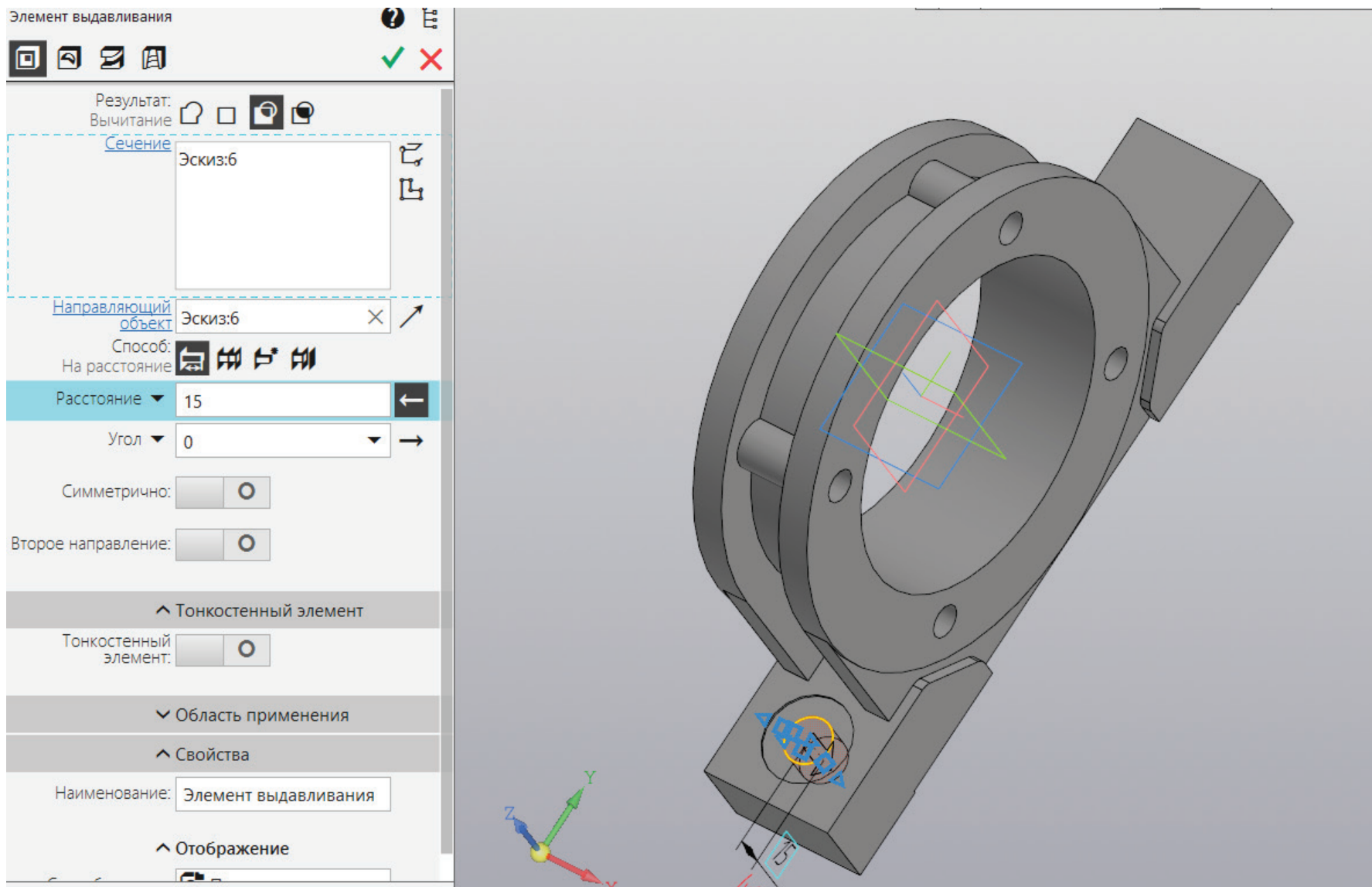


Рисунок 65 – Уменьшение геометрии модели по созданному эскизу

К законченному эскизу применяется команда «Вырезать выдавливанием» на расстояние от 10 до 20 (мм) (рис. 65).

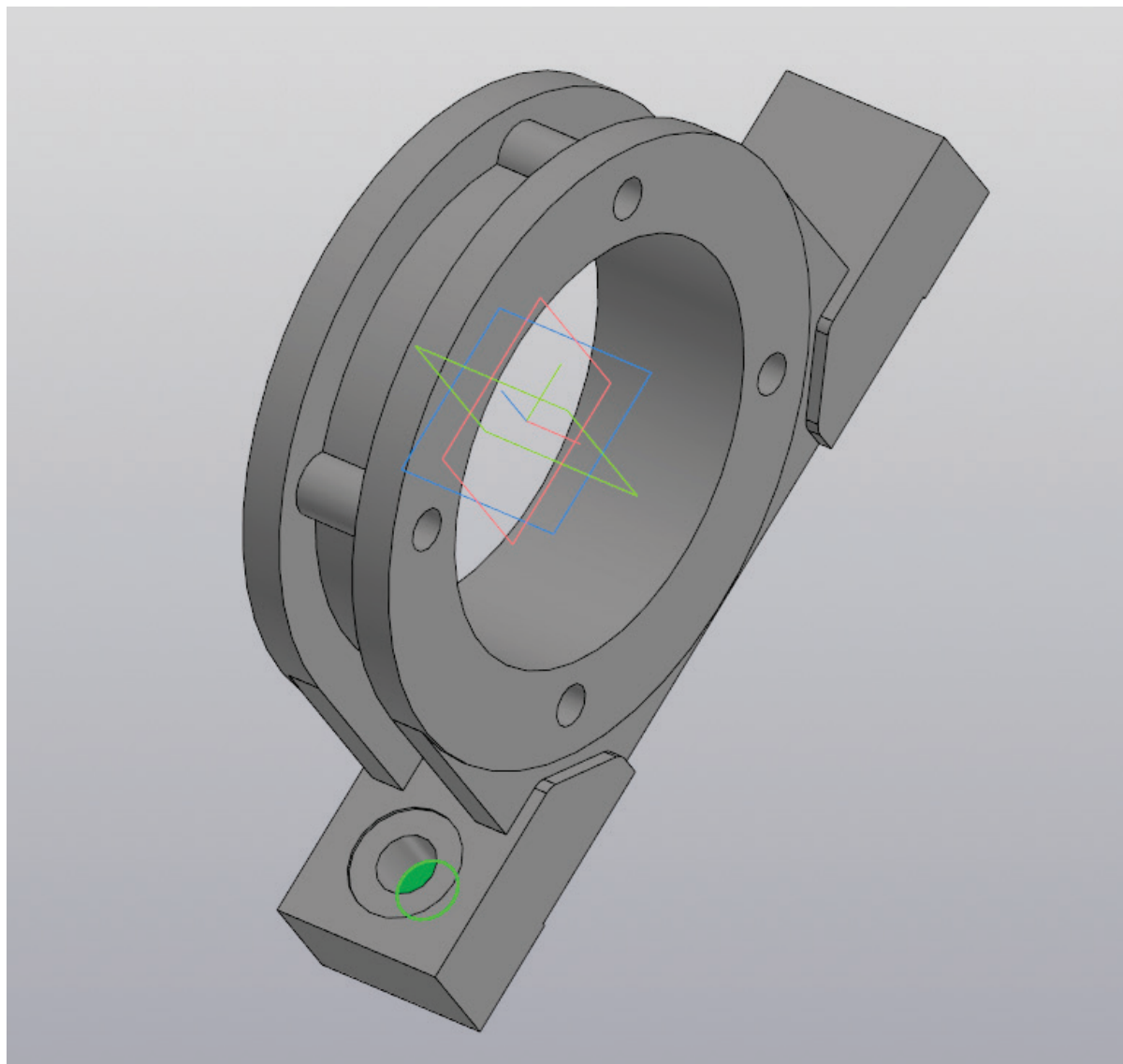


Рисунок 66 – Создание эскиза на плоскости

Выбрав вновь образованную плоскость, на ней требуется создать эскиз, рис. 66.

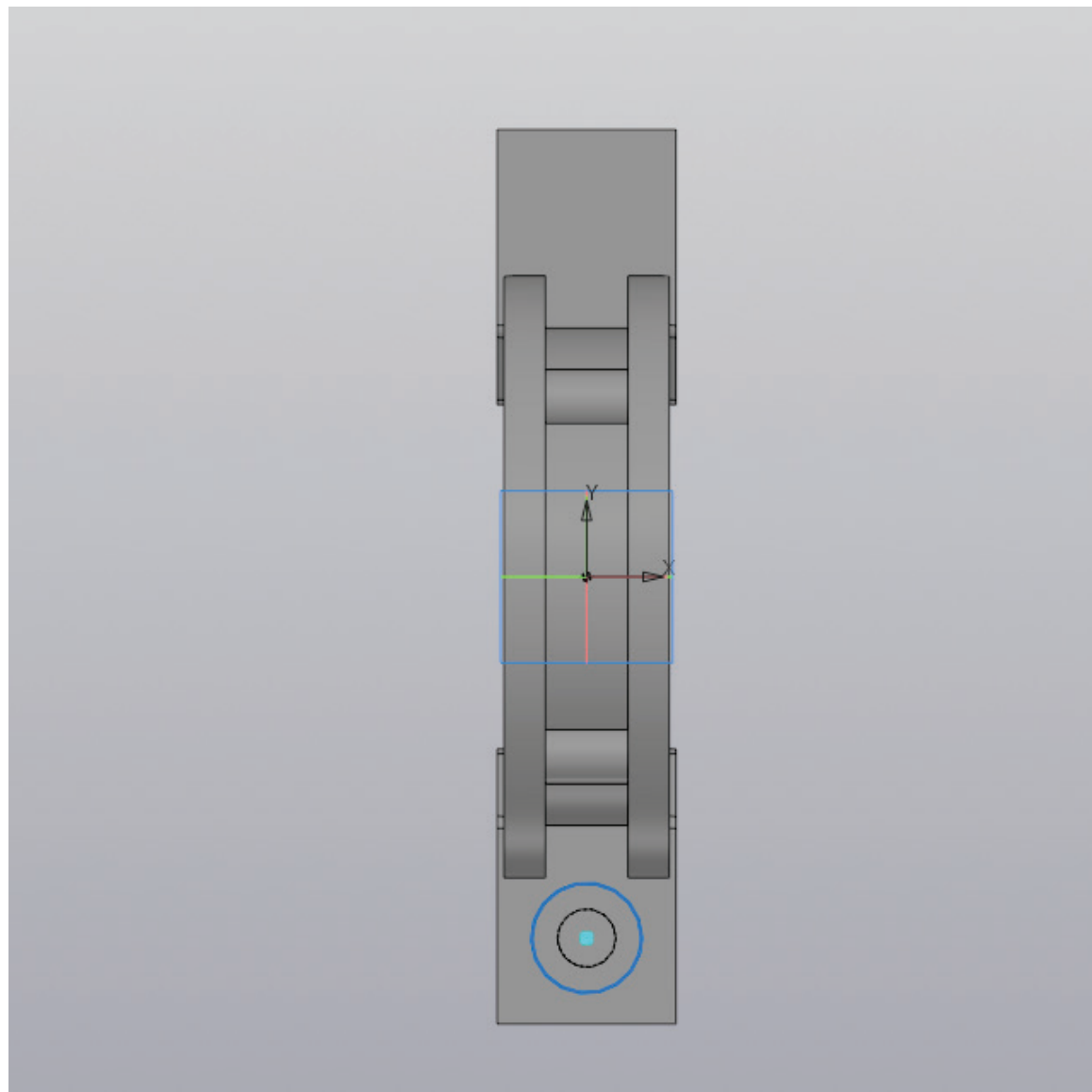


Рисунок 67 – Работа с эскизом, создание окружности

В центре плоскости создается окружность диаметром d_2 (мм) (рис. 67).

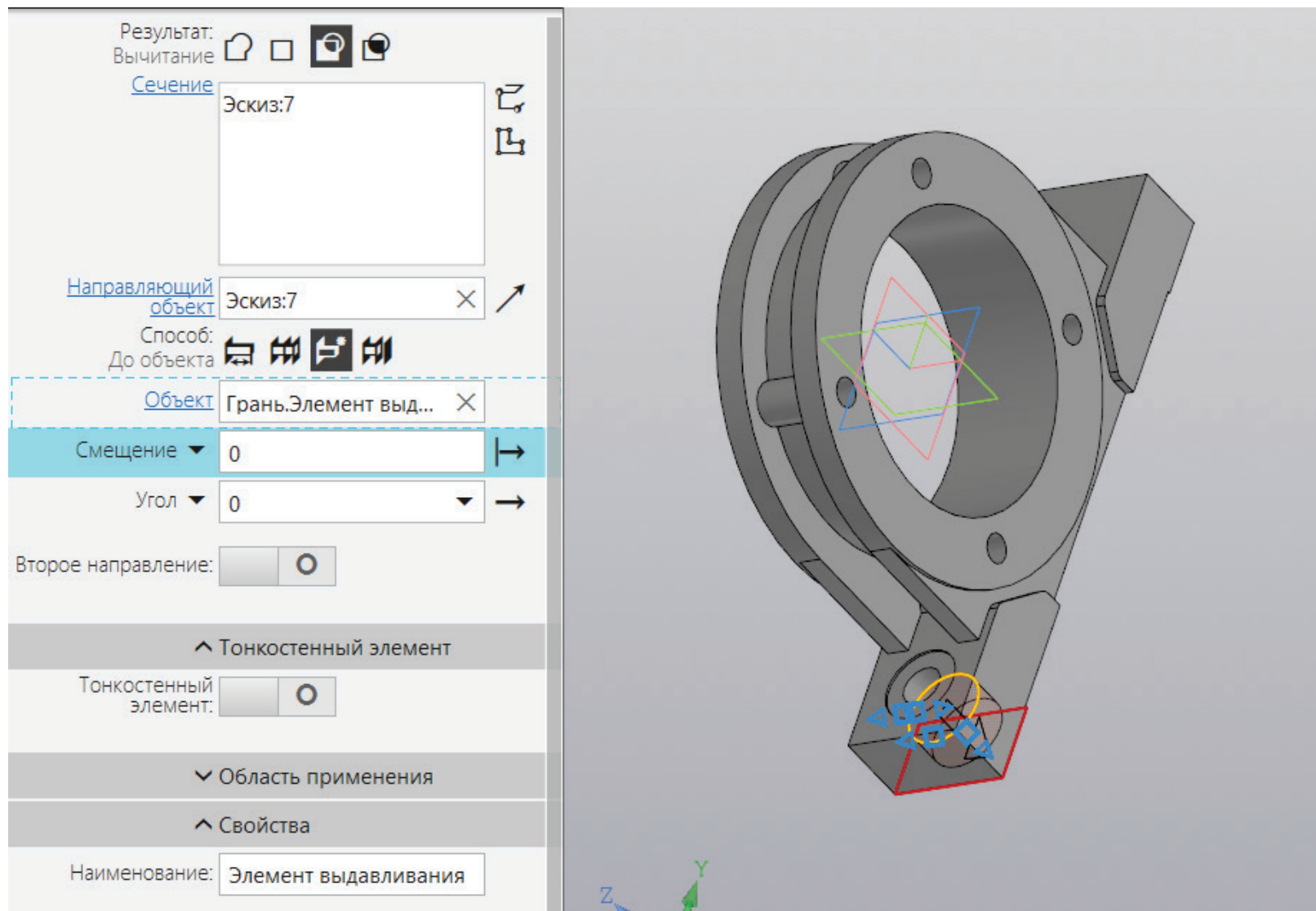


Рисунок 68 – Уменьшение геометрии модели по созданному эскизу

Выполнив построение окружности, к этому эскизу нужно применить операцию «Вырезать выдавливанием» на такое расстояние до последней поверхности корпуса (рис. 68).

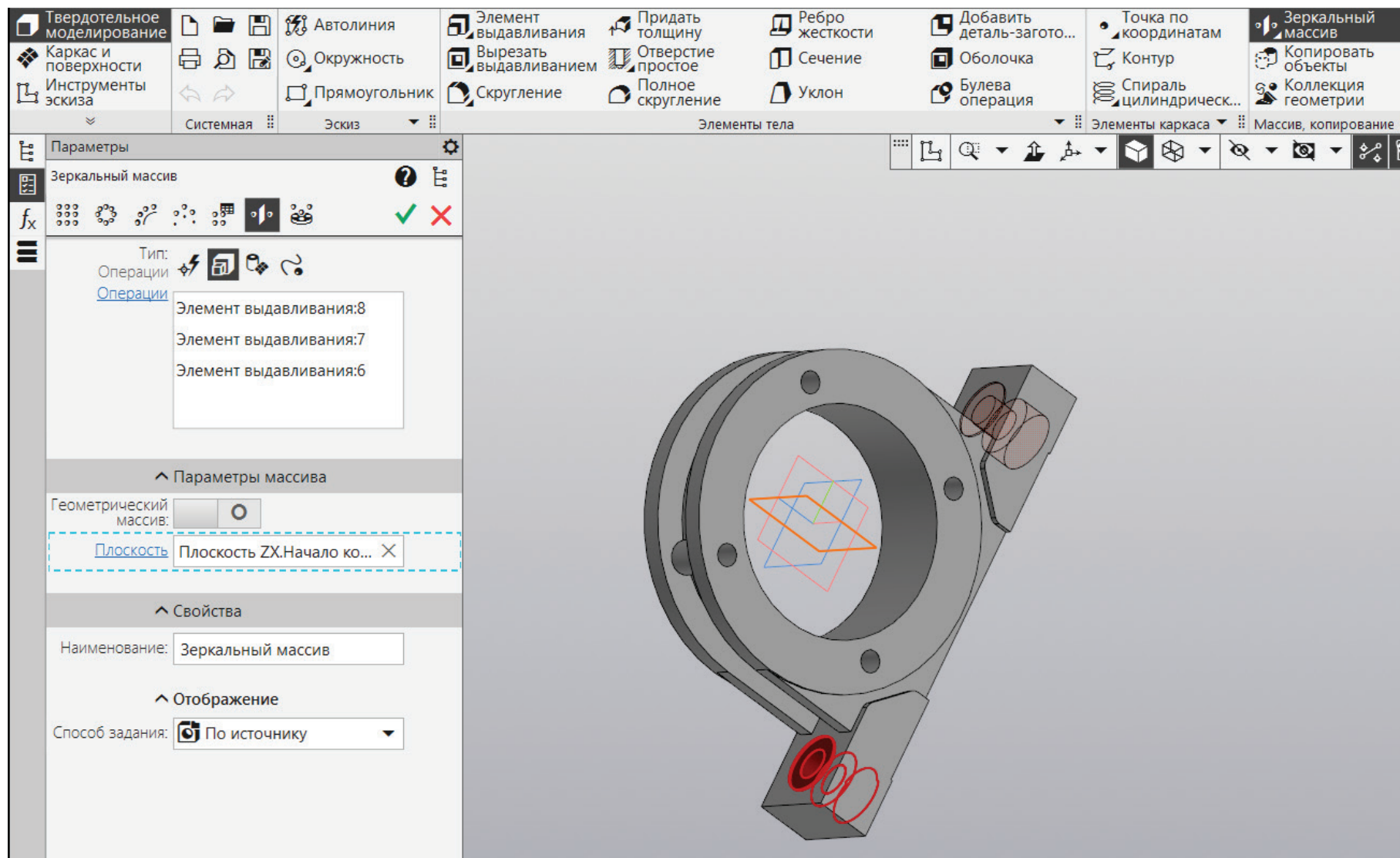


Рисунок 69 – Создание зеркального массива

Зеркальный массив применяется к выполненным трем операциям для того, чтобы создать подобное отверстие с другой стороны корпуса (рис. 69).

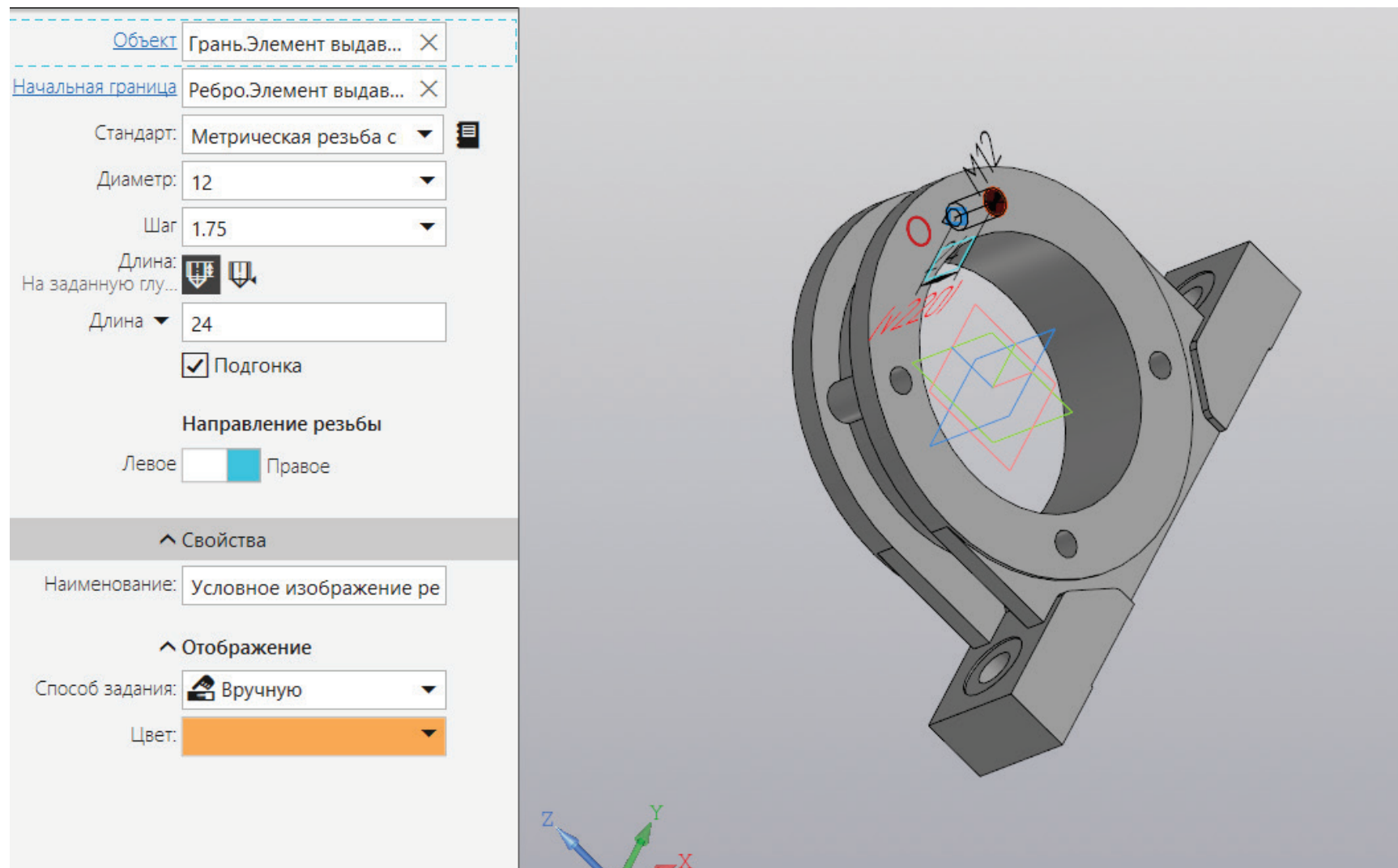


Рисунок 70 – Создание резьбы в отверстиях

Для каждого из четырех отверстий в корпусе подшипника необходимо создать резьбу на расстоянии $B/2$ (мм) и диаметром d (мм). Для этого применяется команда «Условное обозначение резьбы» (рис. 70). Результат выполнения команды и, как следствие, завершенная модель корпуса подшипника представлены на рисунке 71.

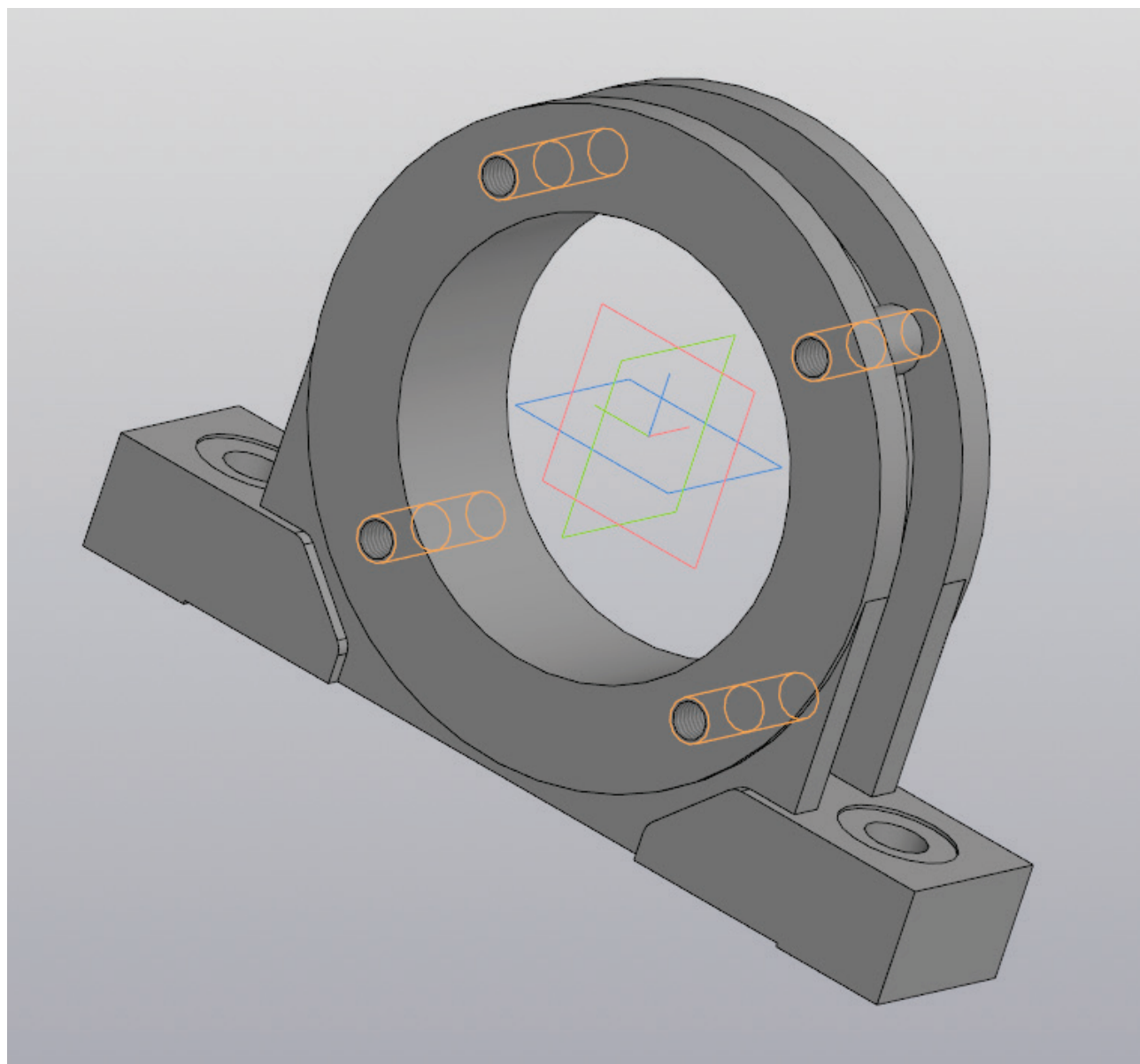


Рисунок 71 – Трехмерная модель корпуса подшипника

МОДЕЛИРОВАНИЕ НИЗКОЙ ГЛУХОЙ КРЫШКИ

В зависимости от типа открытой передачи отличается количество и исполнение крышек. Таким образом, при включении зубчатой передачи предстоит моделирование одной глухой крышки и трех сквозных. Приводится пример создания трехмерной модели глухой низкой крышки диаметром от 110, до 260 (мм).

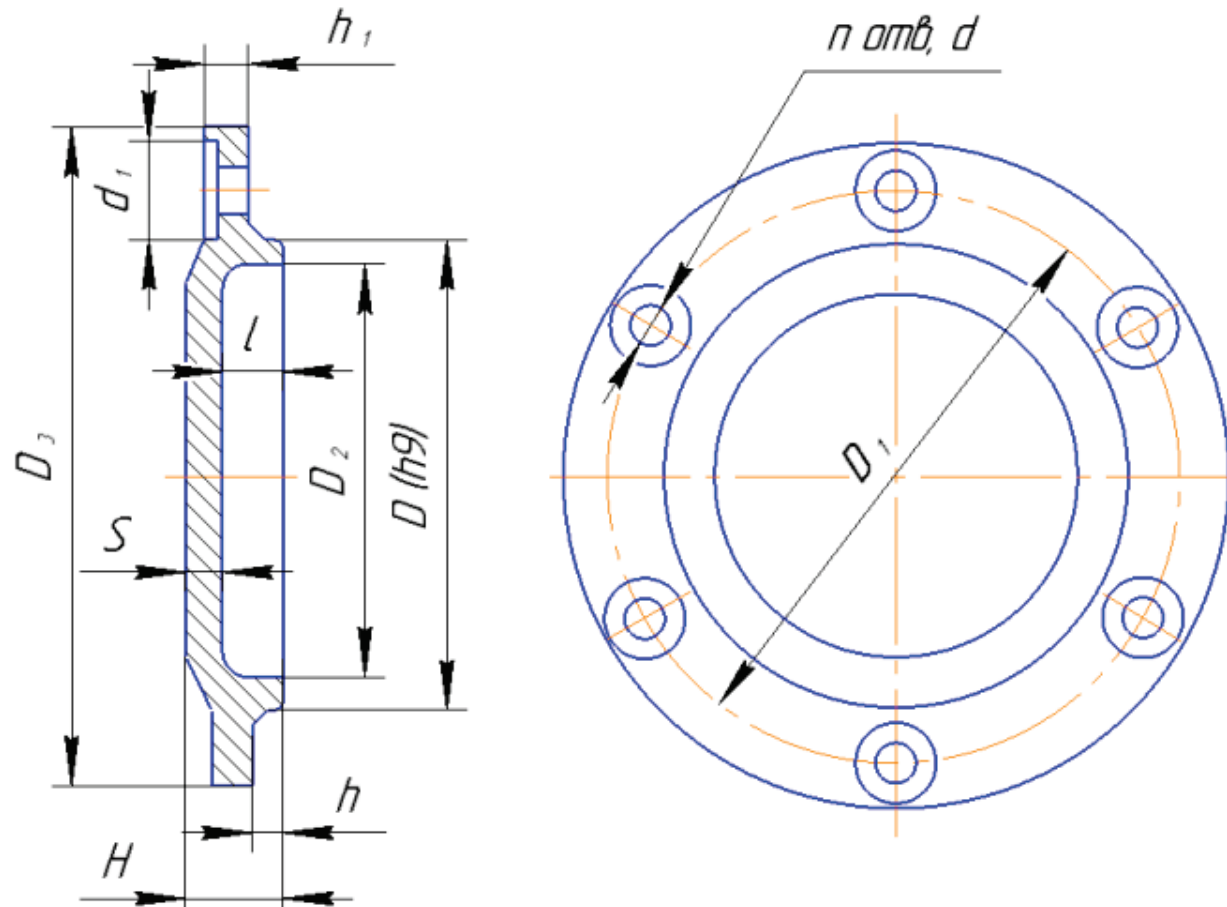


Рисунок 72 – Крышка низкая глухая диаметром D от 110 до 260 (мм) [2]

Обозначение крышки	D	D ₁	D ₂	D ₃	d	d ₁	n	H	h	h ₁	l	S																																							
ГН 110	110	130	100	155	11	20	4	16	5	7	10	6																																							
ГН 120	120	145	110	175	13	24		17		21		9	14	7																																					
ГН 125	125	150	116	180				15	26		25				26	10	18	8																																	
ГН 130	130	155	118	185															17	30	6	27	8	12	18	9																									
ГН 140	140	165	128	195																							190	220	230	240	250	260	285	295																	
ГН 150	150	180	138	210																															200	210	220	230	240	250	260	285	295								
ГН 160	160	190	148	220																																								215	225	235	245	255	265	285	295
ГН 170	170	200	158	230																																															
ГН 180	180	210	165	240	240	250	260	270	280	290	300	315	325																																						
ГН 190	190	220	175	250										255	265	275	285	295	305	315	325																														
ГН 200	200	230	185	260	270	280	290	300	310	320	330	345	355																																						
ГН 215	215	250	200	285										285	295	305	315	325	335	345	355																														
ГН 225	225	260	210	295	300	310	320	330	340	350	360	375	385																																						
ГН 230	230	270	216	305										310	320	330	340	350	360	370	380	390																													
ГН 240	240	280	225	315	320	330	340	350	360	370	380	390																																							
ГН 250	250	290	236	325									330	340	350	360	370	380	390																																
ГН 260	260	300	245	335	340	350	360	370	380	390																																									

Рисунок 73 – Размеры низких глухих крышек по ГОСТ 13219.2-81 [2]

На рисунке 73 приведены основные размеры низких глухих крышек согласно ГОСТ 13219.2-81 для диаметров от 110 до 260 (мм).

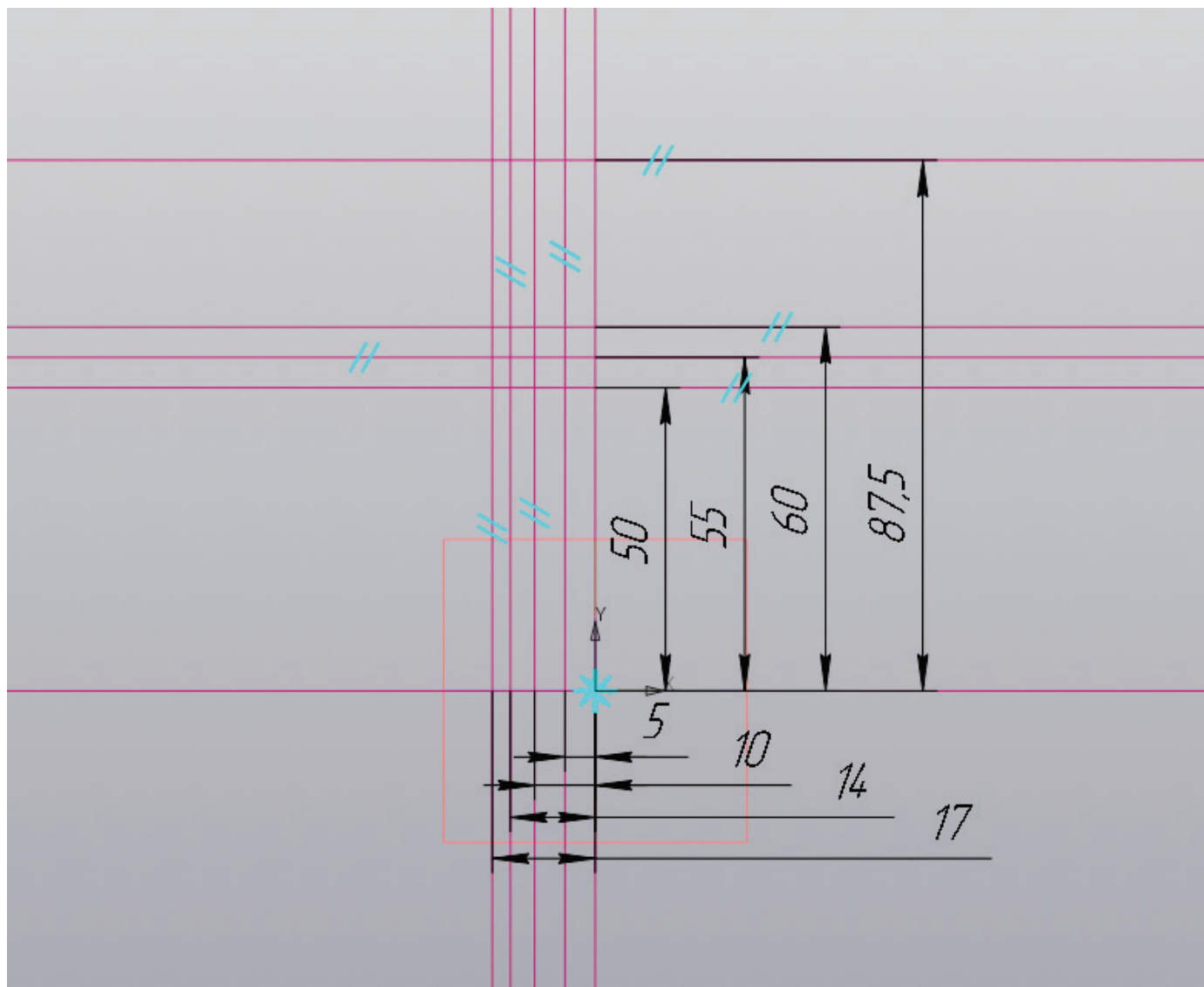


Рисунок 74 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

На плоскости создается эскиз, на котором создаются вертикальные и горизонтальные прямые.

Необходимо создать пять горизонтальных вспомогательных прямых. Первая прямая находится в начале координат. Другие являются параллельными прямыми относительно той, что находится в начале координат. Вторая располагается на расстоянии $(D_2 - (D - D_2))/2$ (мм), третья на расстоянии $D_2/2$ (мм), четвертая на расстоянии $D/2$ (мм) и пятая на расстоянии $D_3/2$ (мм), как показано на рисунке 74.

Завершив построение горизонтальных прямых, необходимо выполнить построение вертикальных прямых. Первая из пяти вспомогательных вертикальных прямых также находится в начале координат, другие являются параллельными прямыми к этой вертикальной прямой. Вторая прямая откладывается на расстояние h (мм), третья на расстоянии l (мм), четвертая располагается на расстоянии $h + h_1$ (мм) и пятая на расстоянии H (мм), как показано на рисунке 74.

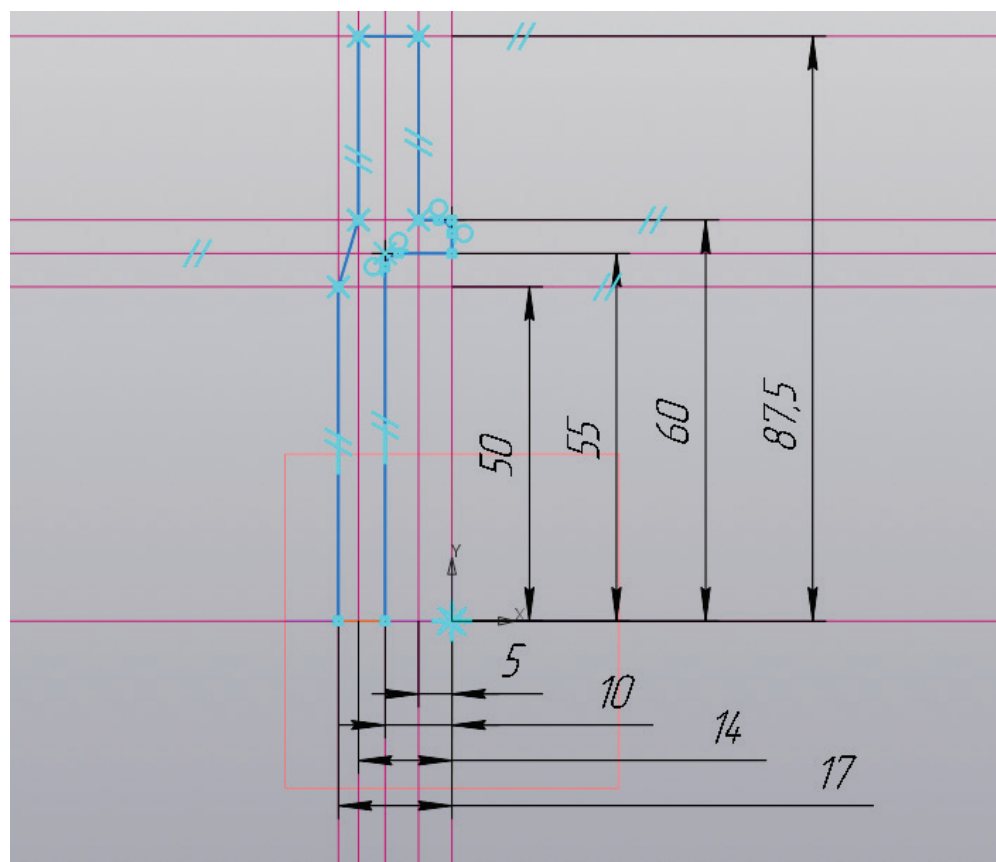


Рисунок 75 – Работа с эскизом, создание контура крышки

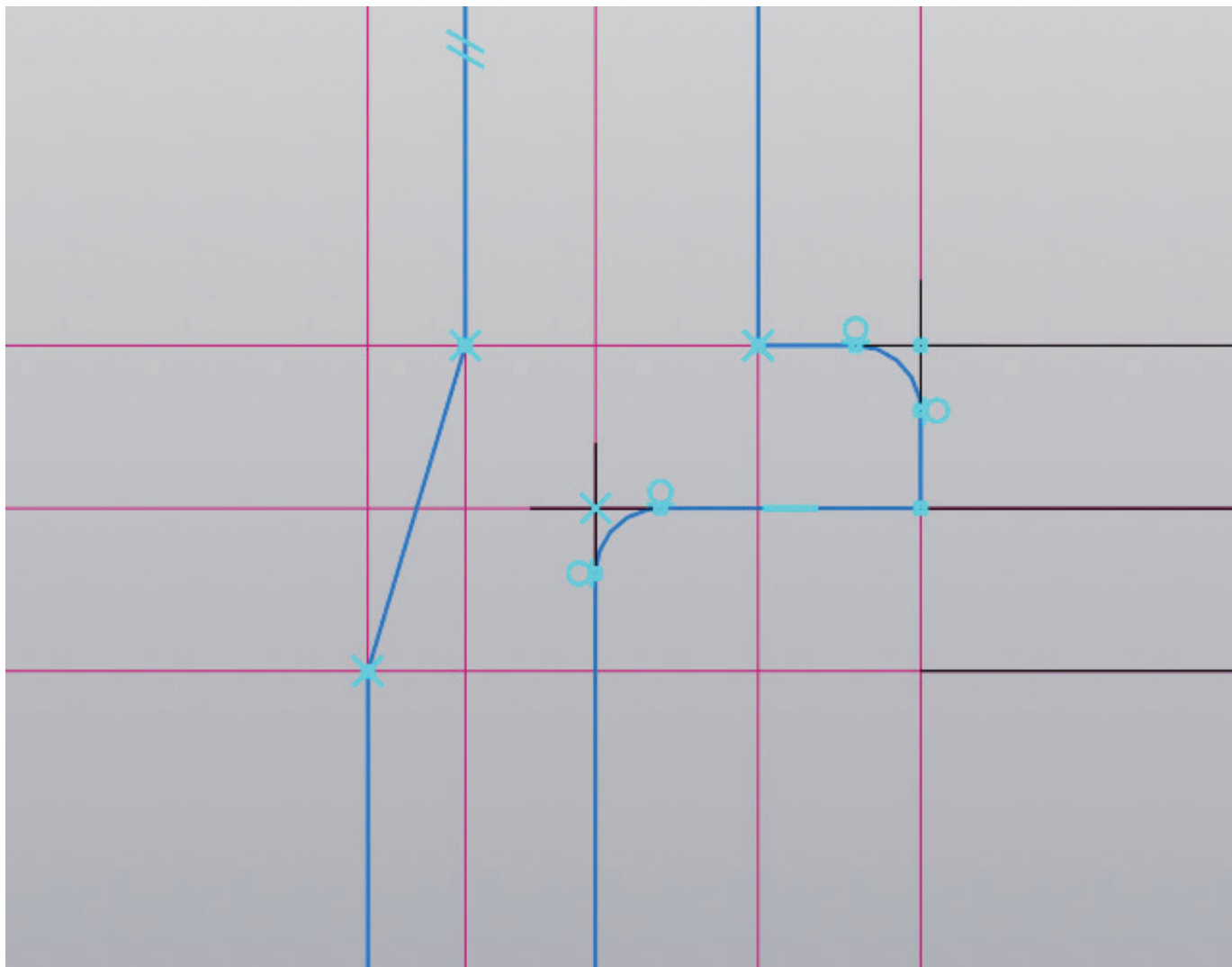


Рисунок 76 – Работа с эскизом, скругление

Завершив построение вспомогательных прямых, как показано на рисунке 74, необходимо создать контур крыши, как показано на рисунке 75. Затем выполнить построение скруглений радиусом от 1 до 2 (мм), как показано на рисунке 76. В начале координат нужно не забыть провести осевую линию.

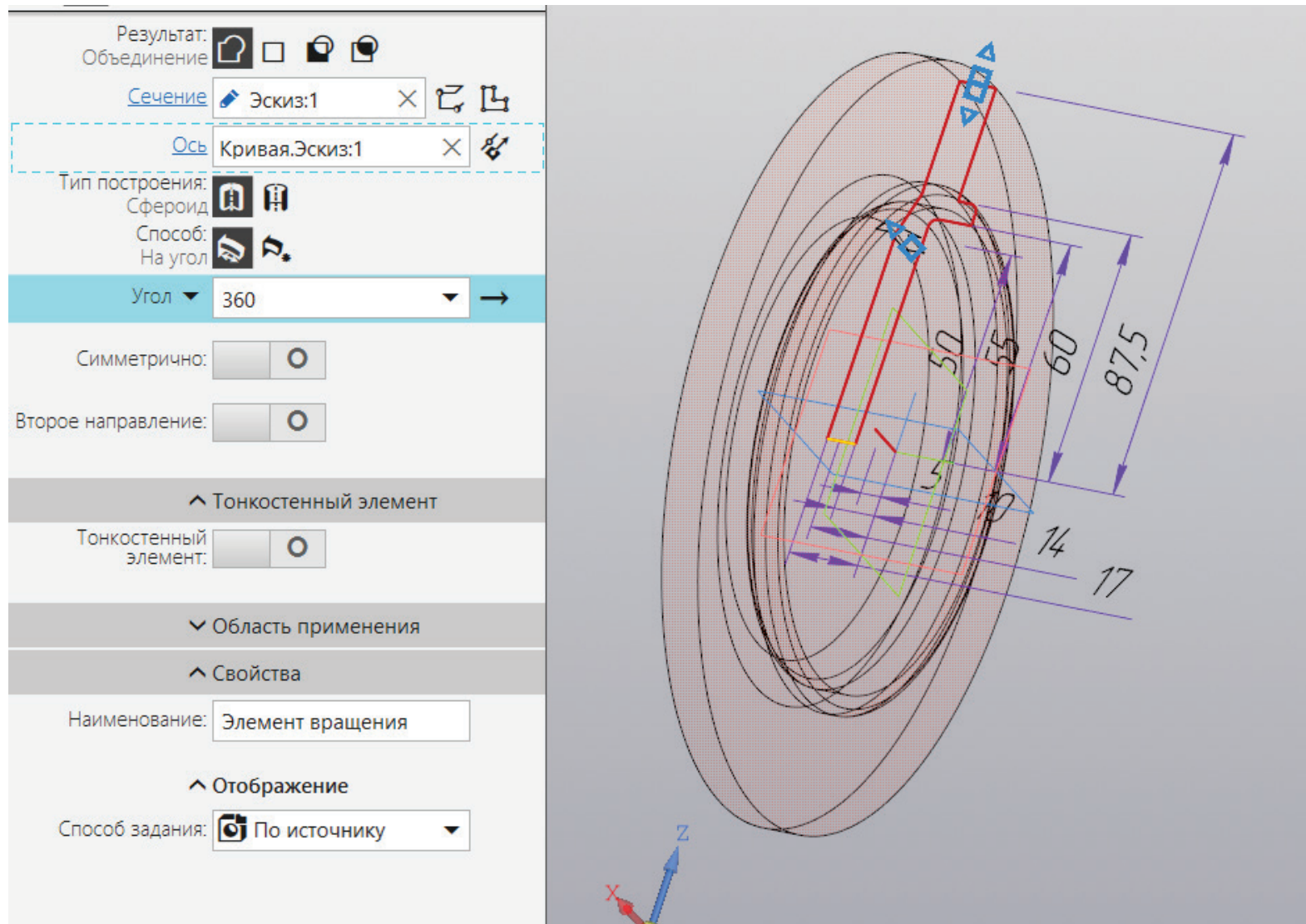


Рисунок 77 – Создание трехмерной модели крышки

Находясь в эскизе, необходимо на панели инструментов найти команду «Элемент выдавливания» и из выпавшего списка команд выбрать «Элемент вращения» (рис. 77).

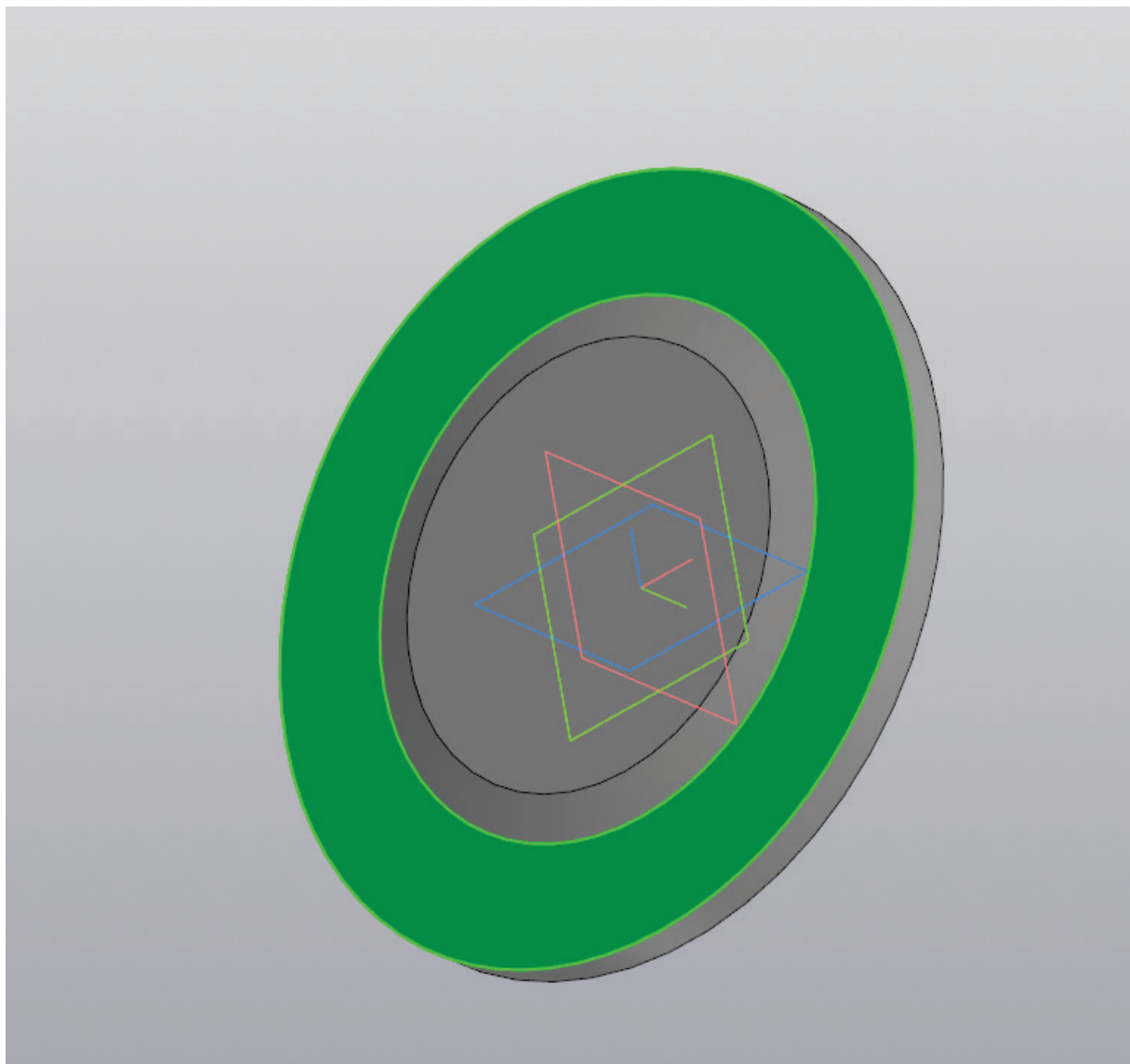


Рисунок 78 – Создание эскиза на плоскости

На внешней стороне крышки предстоит выбрать плоскость и создать на ней новый эскиз (рис. 78).

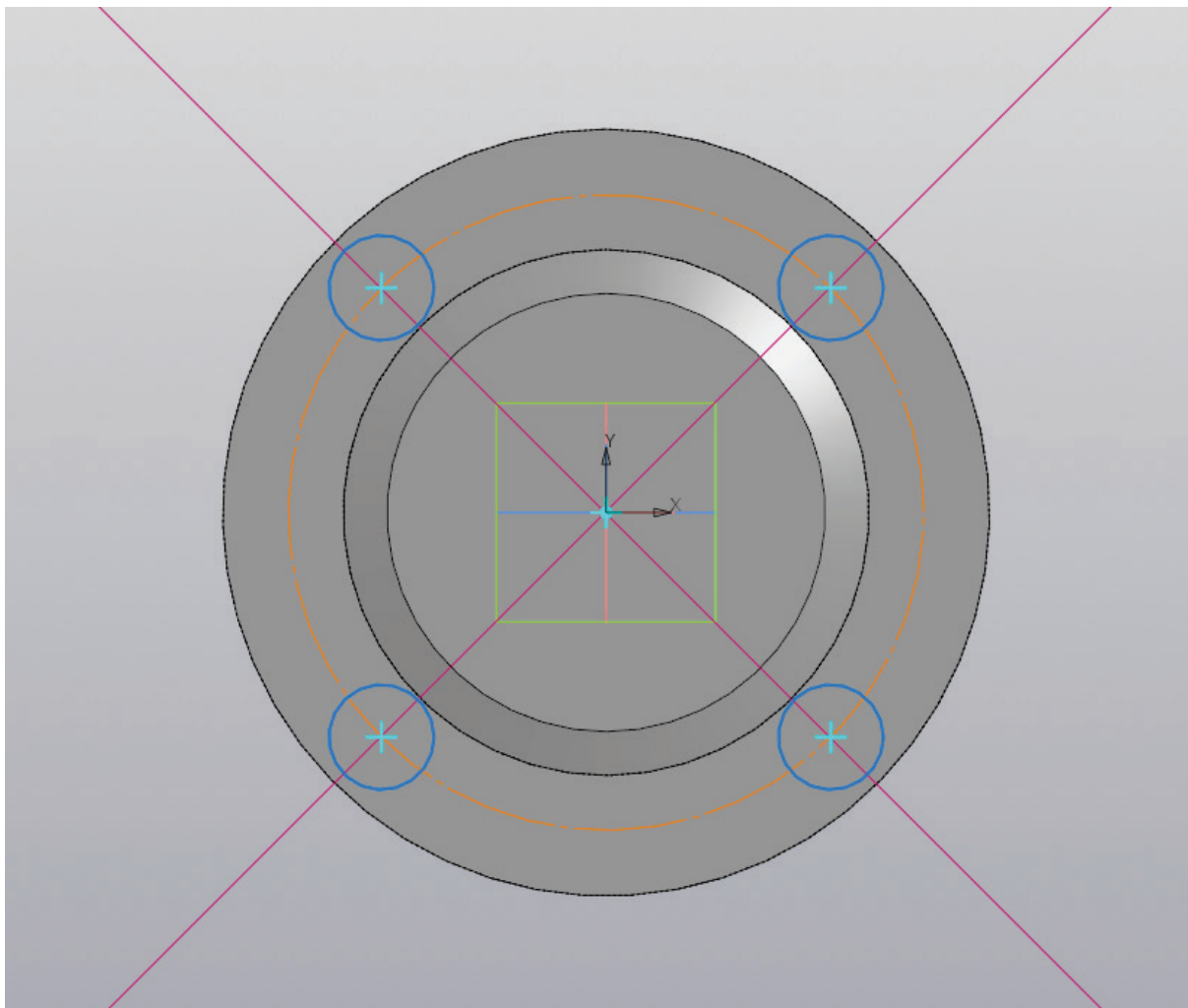


Рисунок 79 – Работа с эскизом, создание окружностей

На новом эскизе выполняется построение вспомогательных прямых, исходящих из центра крышки под углом 45 и 135 градусов. Из точки пересечения этих вспомогательных прямых выполняется построение окружности диаметром D_1 (мм) с помощью осевой линии. Затем в зависимости от количества отверстий характерных для определенного вида крышки создаются окружности диаметром d_1 (мм) (рис. 79).

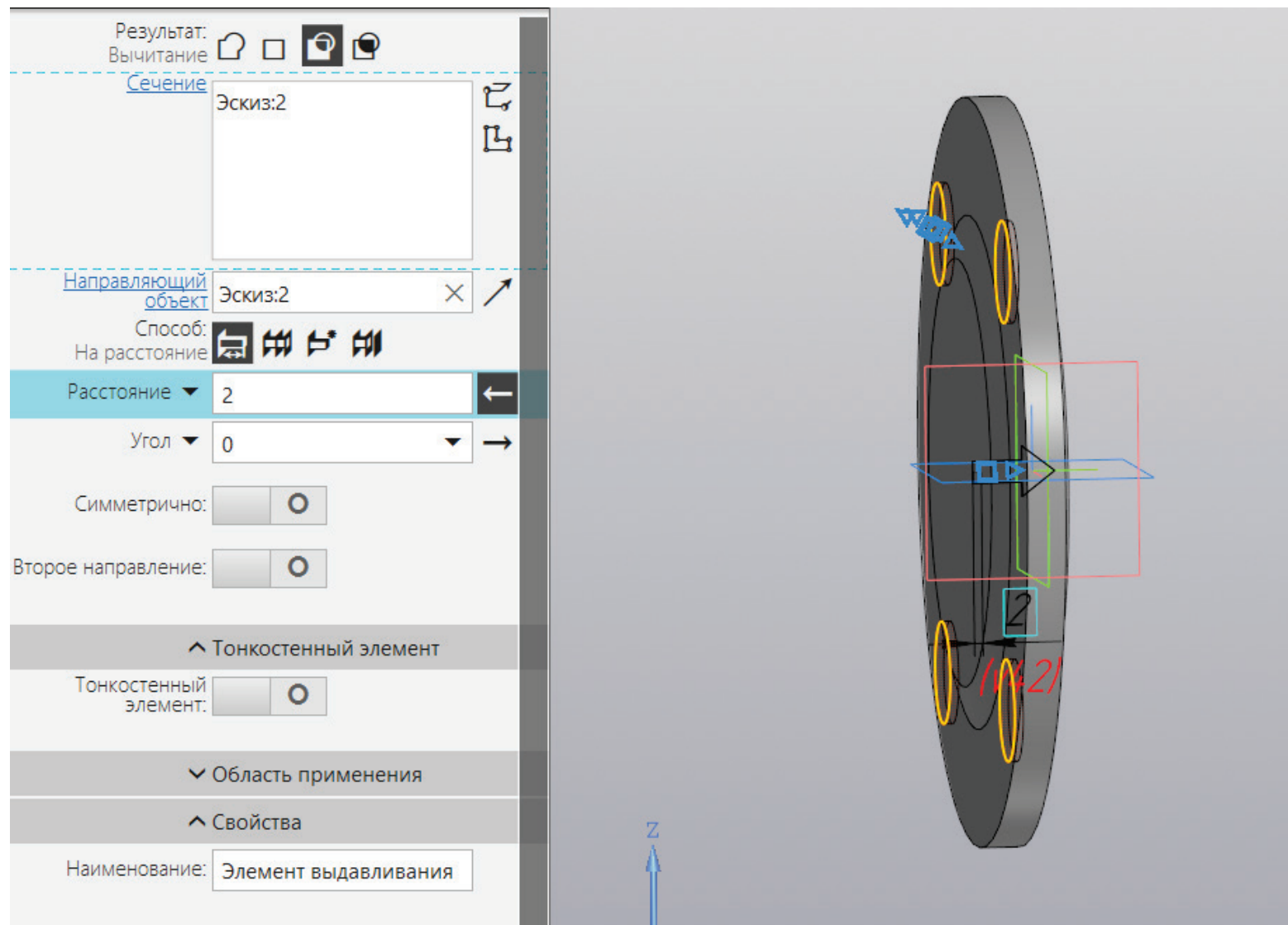


Рисунок 80 – Уменьшение геометрии объекта по созданному эскизу

К построенному эскизу применяется операция «Вырезать выдавливанием» на расстояние от 1 до 2 (мм) (рис. 80).

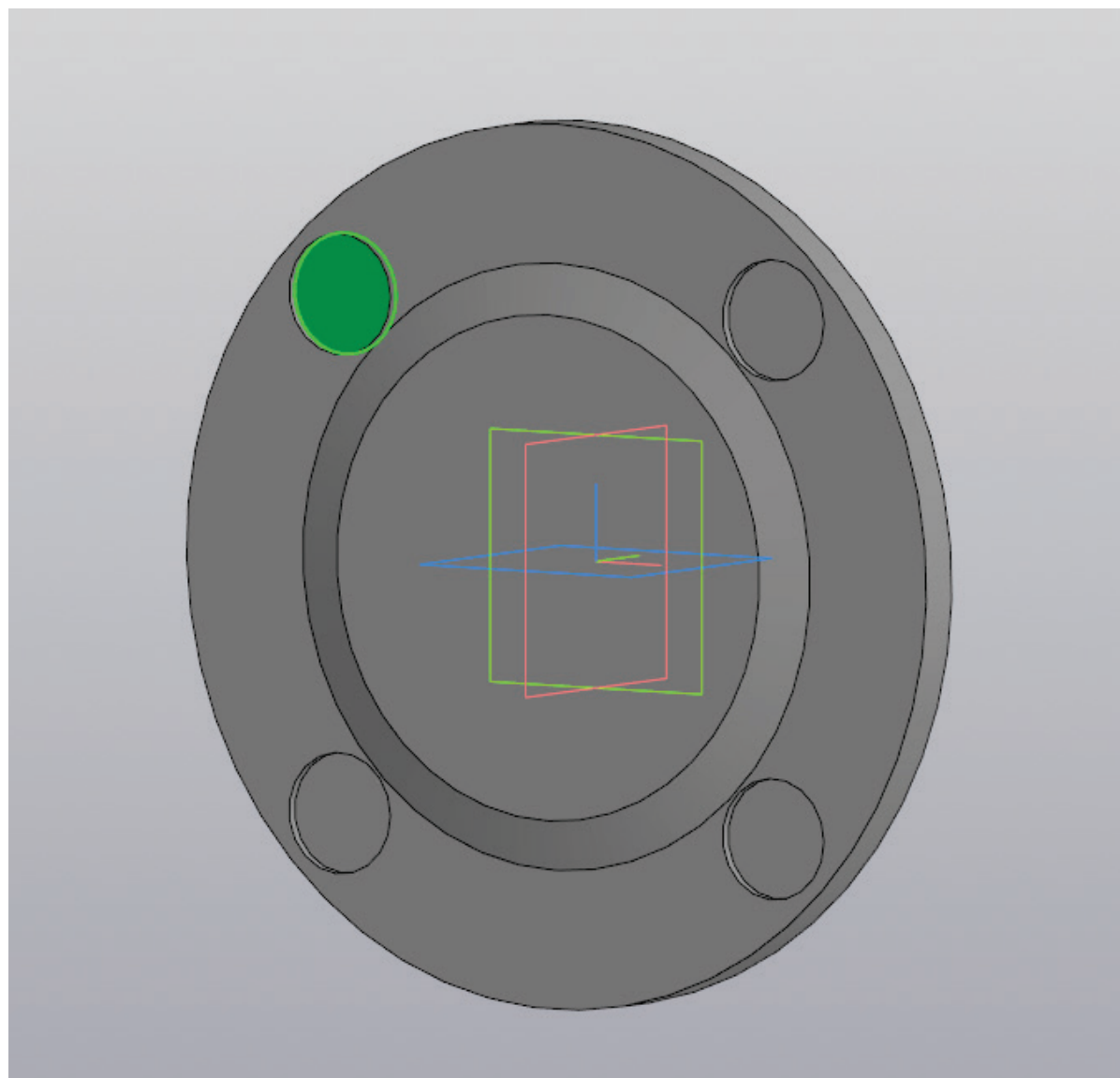


Рисунок 81 – Создание эскиза на плоскости

На образованной плоскости создается новый эскиз (рис. 81).

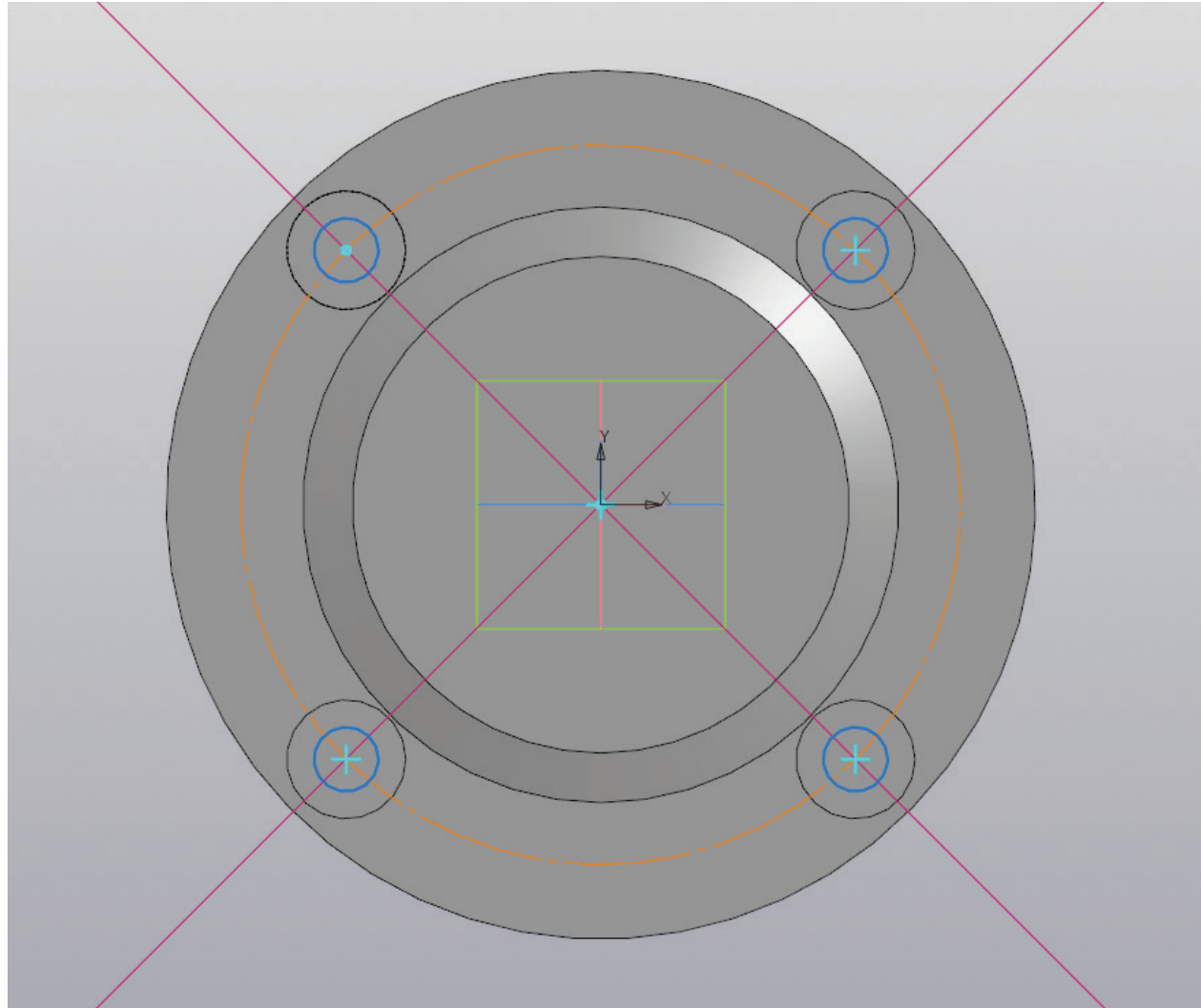


Рисунок 82 – Работа с эскизом, создание окружностей под отверстия

На плоскости эскиза вновь создаются вспомогательные прямые под углом 45 и 135 градусов, после этого снова выполняется построение окружности диаметром D_1 (мм) осевой линией и в каждом центре углубления создается окружность диаметром d (мм) (рис. 82).

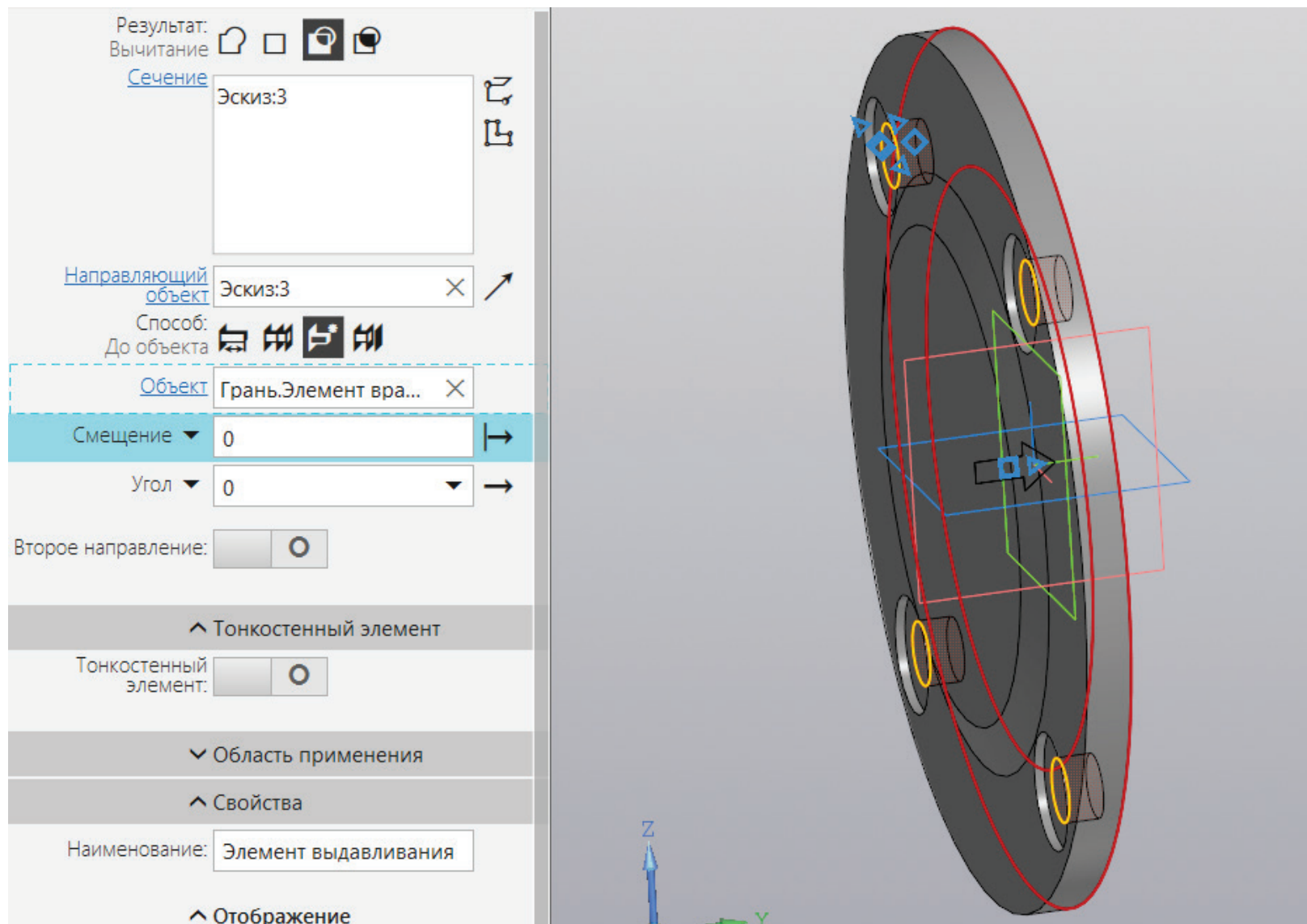


Рисунок 83 – Создание отверстий

К полученному эскизу применяется команды «Вырезать выдавливанием» до последней поверхности (рис. 83).

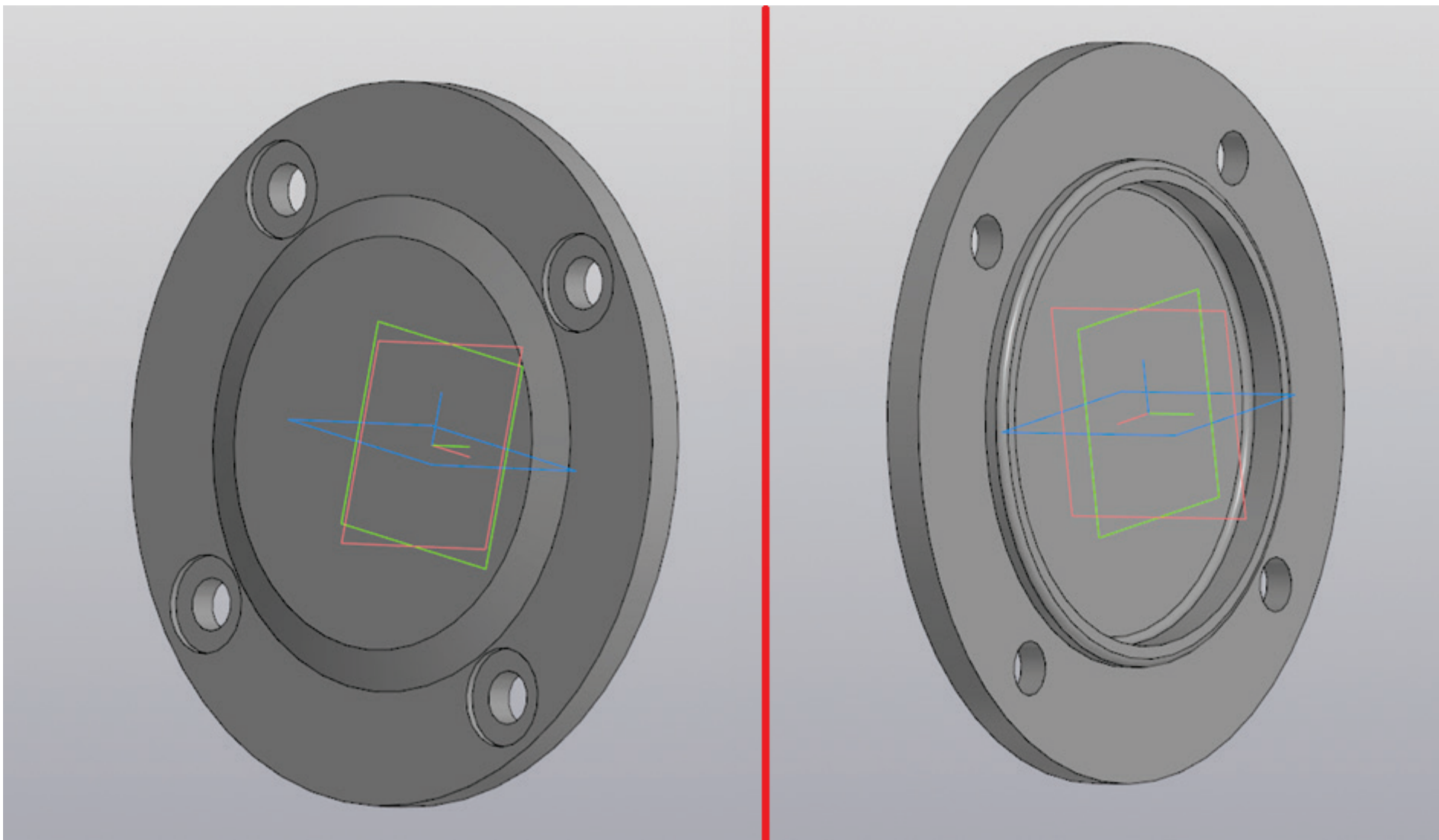


Рисунок 84 – Трехмерная модель низкой глухой крышки

На рисунке 84 изображены вид спереди и вид сзади трехмерной модели низкой глухой крышки.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НИЗКОЙ СКВОЗНОЙ КРЫШКИ

В зависимости от типа открытой передачи отличается количество и исполнение крышек. Таким образом, при включении зубчатой передачи предстоит моделирование одной глухой крышки и трех сквозных. При включении в ременной или цепной передачи выполняется моделирование четырех сквозных крышек. Приводится пример создания трехмерной модели сквозной низкой крышки диаметром от 110 до 260 (мм).

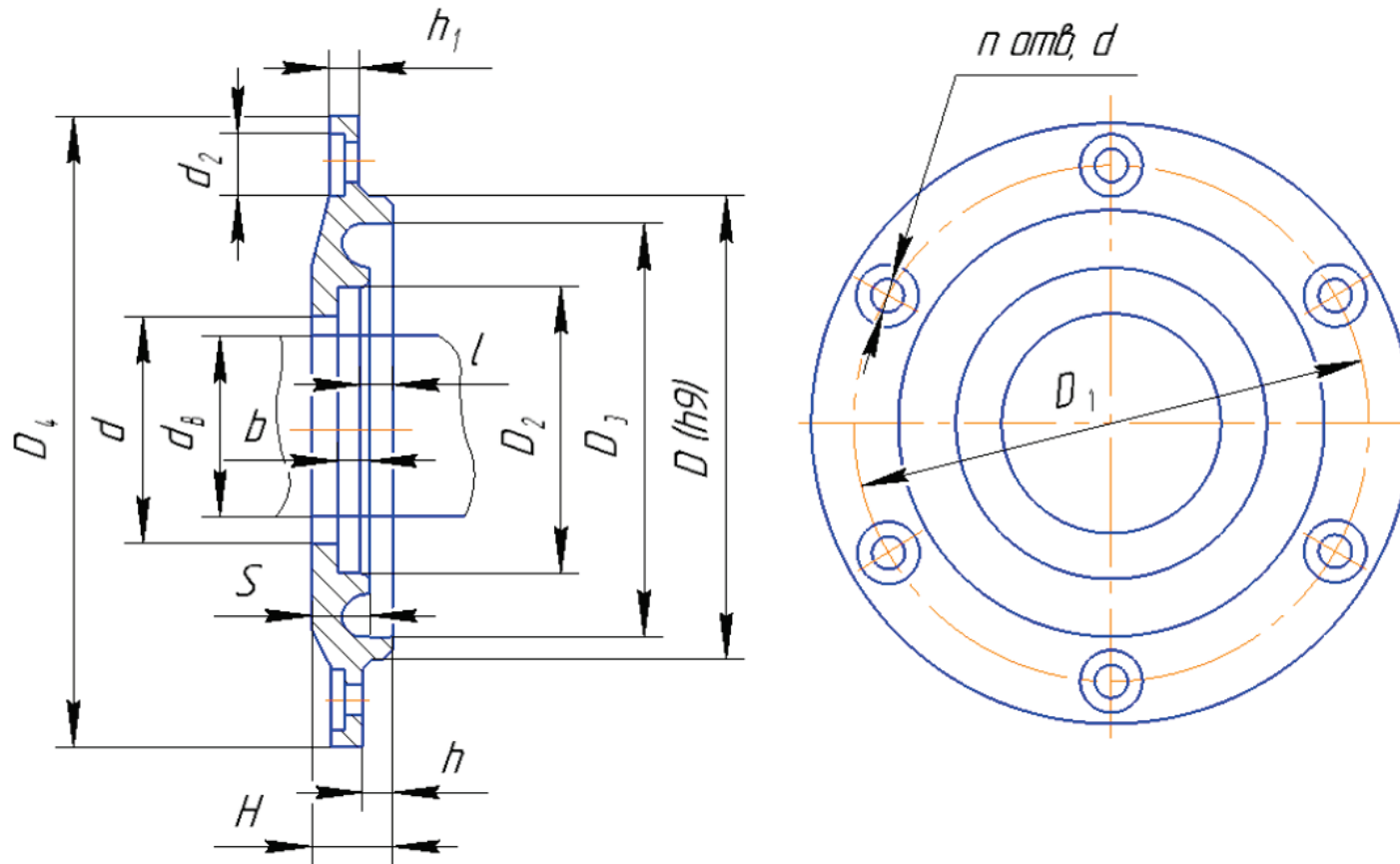


Рисунок 85 – Крышка низкая сквозная диаметром D от 110 до 260 (мм) [2]

Обозначение крышки	D	d _в , макс	d, макс	D ₁	D ₂ , макс	D ₃	D ₄	d ₁	d ₂	n	b	H	h	h	l	s
MH 110xd	110	60	62	130	85	100	155	11	20	4	16	21	5	7	3	18
MH 110xd	110	75	77	130	100	100	155	11	20	4	16	21	5	7	3	18
MH 120xd	120	65	67	145	90	110	175	13	24	4	16	22	5	9	3	19
MH 120xd	120	80	82	145	105	110	175	13	24	4	16	22	5	9	3	19
MH 130xd	130	75	77	155	100	118	185	13	24	4	16	22	6	9	3	19
MH 140xd	140	80	82	165	105	128	195	13	24	4	16	22	6	9	3	19
MH 140xd	140	95	97	165	120	128	195	13	24	4	16	22	6	9	3	19
MH 150xd	150	85	87	180	110	138	210	13	24	4	16	22	6	9	3	19
MH 150xd	150	100	102	180	125	138	210	13	24	4	16	22	6	9	3	19

Рисунок 86 – Размеры низкой сквозной крышки по ГОСТ 13219.6-81 [2]

Обозначение крышки	D	d _в , макс	d, макс	D ₁	D ₂ , макс	D ₃	D ₄	d ₁	d ₂	n	b	H	h	h ₁	l	s
MH 160xd	160	90	92	190	120	148	220	13	24	6	17	22	6	9	3	19
MH 160xd	160	105	107	190	130	148	220	13	24	6	17	22	6	9	3	19
MH 170xd	170	95	97	200	120	158	230	13	24	6	17	22	6	9	3	19
MH 170xd	170	110	112	200	135	158	230	13	24	6	17	22	6	9	3	19
MH 180xd	180	100	102	210	125	165	240	13	24	6	17	22	6	9	3	19
MH 180xd	180	115	117	210	145	165	240	13	24	6	17	22	6	9	3	19
MH 190xd	190	105	107	220	130	175	250	15	26	6	17	23	6	10	3	20
MH 190xd	190	120	122	220	150	175	250	15	26	6	17	23	6	10	3	20
MH 200xd	200	110	112	230	135	185	260	15	26	6	17	23	6	10	3	20
MH 200xd	200	125	127	230	155	185	260	15	26	6	17	23	6	10	3	20
MH 215xd	215	115	118	250	145	200	235	15	26	6	17	23	8	10	3	24
MH 215xd	215	140	143	250	170	200	235	15	26	6	20	27	8	10	3	24
MH 225xd	225	115	118	260	145	210	295	17	30	6	17	24	8	12	3	21
MH 230xd	230	150	153	270	180	216	305	17	30	6	20	28	8	12	3	25
MH 240xd	240	125	128	280	155	225	315	17	30	6	17	24	8	12	3	21
MH 250xd	250	160	163	290	190	236	325	17	30	6	22	29	8	12	4	25
MH 260xd	260	140	143	300	170	245	335	17	30	6	22	29	8	12	4	25

Рисунок 86а – Продолжение размеров низкой сквозной крышки по ГОСТ 13219.6-81 [2]

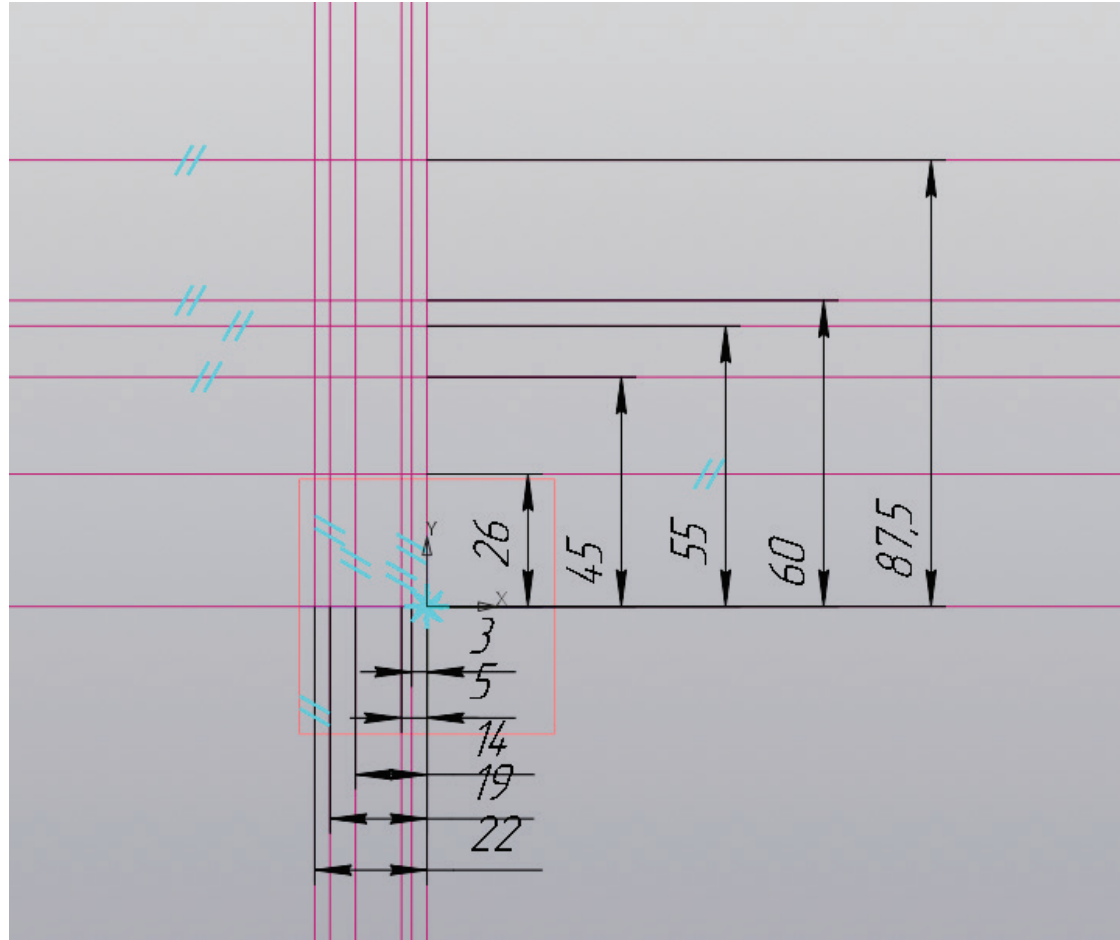


Рисунок 87 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

На плоскости ХУ создается новый эскиз, на котором размещаются вертикальные и горизонтальные прямые.

Необходимо создать шесть горизонтальных вспомогательных прямых. Первая прямая находится в начале координат. Другие являются параллельными прямыми относительно той, что находится в начале координат. Для того, чтобы выполнить построение второй горизонтальной прямой необходимо значение диаметра вала, на котором будет находиться крышка, разделить на 2. Третья прямая располагается на расстоянии $D_2/2$ (мм), четвертая на расстоянии $D_3/2$ (мм), пятая на расстоянии $D/2$ (мм) и шестая на расстоянии $D_4/2$ (мм), как показано на рисунке 87.

Завершив построение горизонтальных прямых, необходимо выполнить построение вертикальных прямых. Первая из шести вспомогательных вертикальных прямых также находится в начале координат, другие являются параллельными прямыми к этой вертикальной прямой. Вторая прямая откладывается на расстоянии $H-S$ (мм), третья на расстоянии h (мм), четвертая располагается на расстоянии $h+h_1$ (мм), пятая на расстоянии $H-S+b$ (мм) и шестая находится на расстоянии H (мм), как показано на рисунке 87.

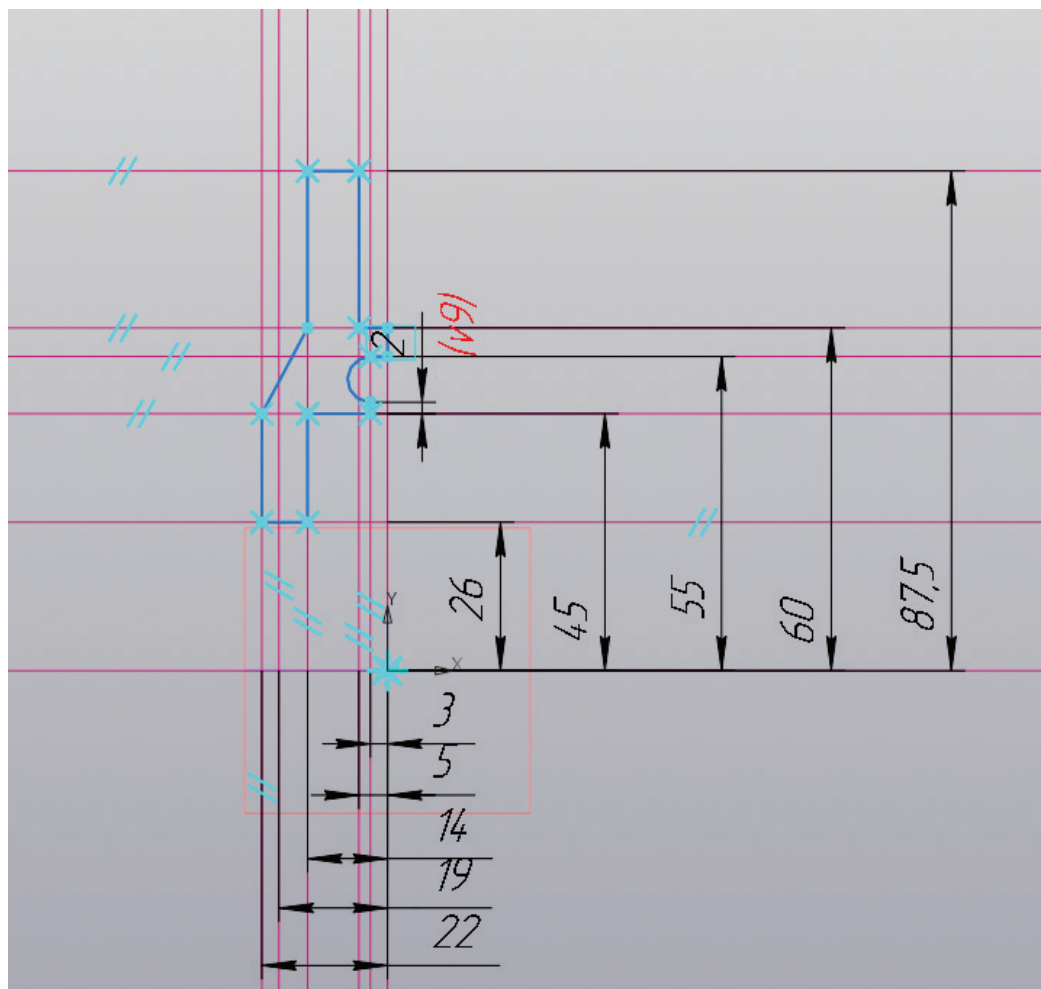


Рисунок 88 – Работа с эскизом, создание контура крыши

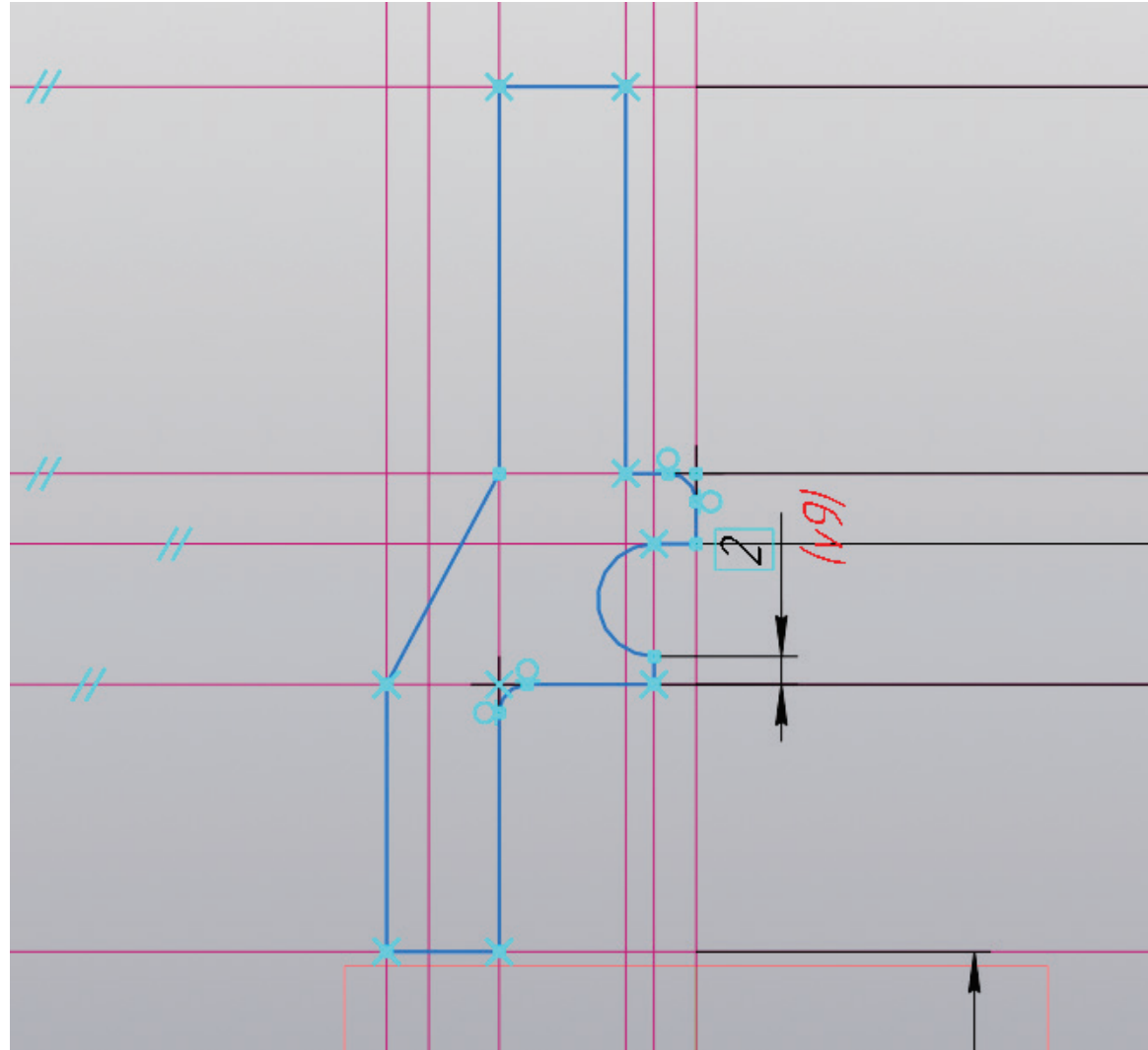


Рисунок 89 – Работа с эскизом, скругление

Завершив построение вспомогательных прямых, как показано на рисунке 87, необходимо создать контур крышки, как показано на рисунке 88. Затем нужно выполнить построение скруглений радиусом от 1 до 2 (мм), как показано на рисунке 89. В начале координат нужно не забыть провести осевую линию.

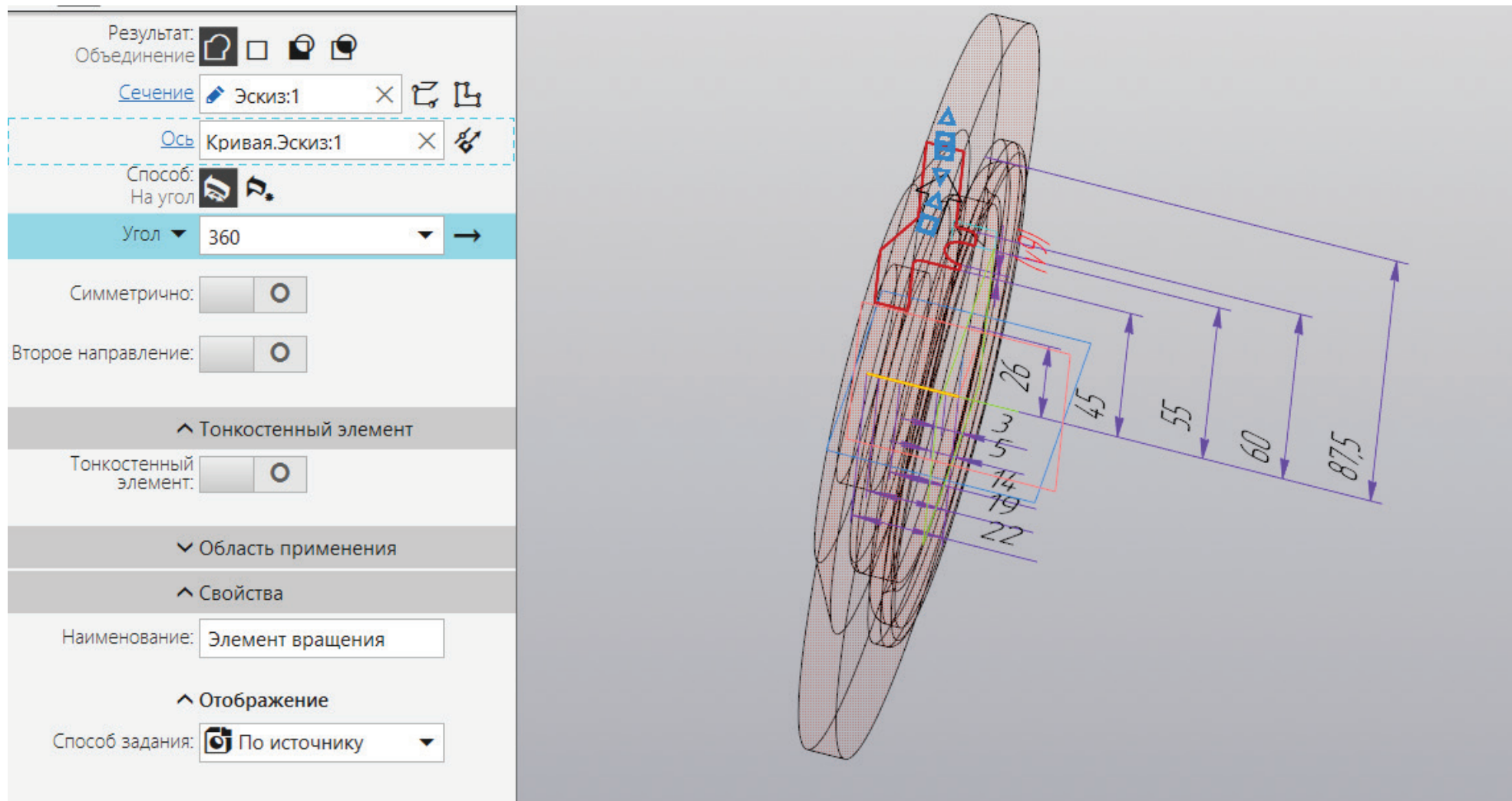


Рисунок 90 – Создание трехмерной модели крышки

Находясь в эскизе, необходимо на панели инструментов найти команду «Элемент выдавливания» и из выпавшего списка команд выбрать «Элемент вращения» (рис. 90).

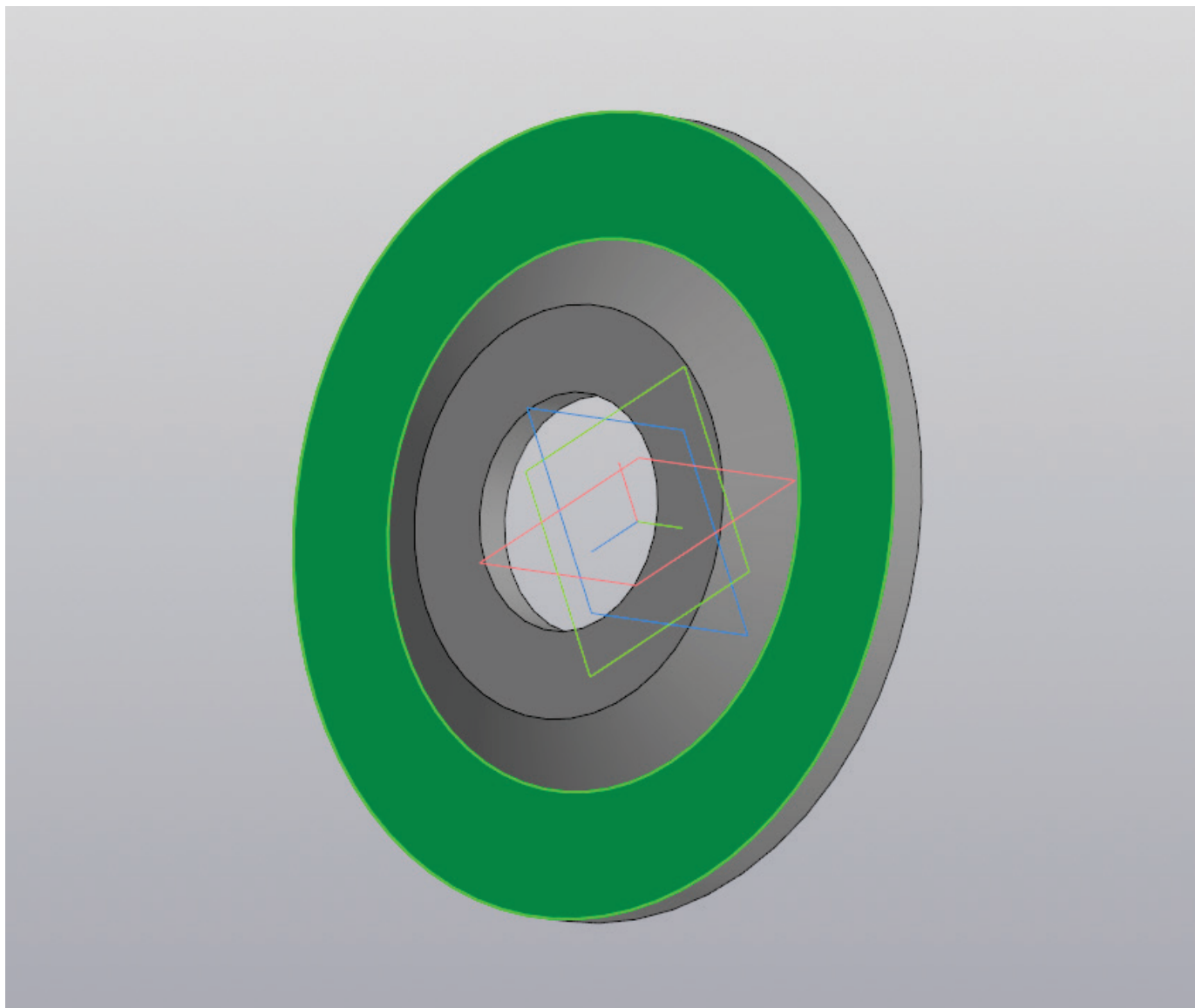


Рисунок 91 – Создание эскиза на плоскости

На внешней стороне крышки предстоит выбрать плоскость и создать на ней новый эскиз (рис. 91).

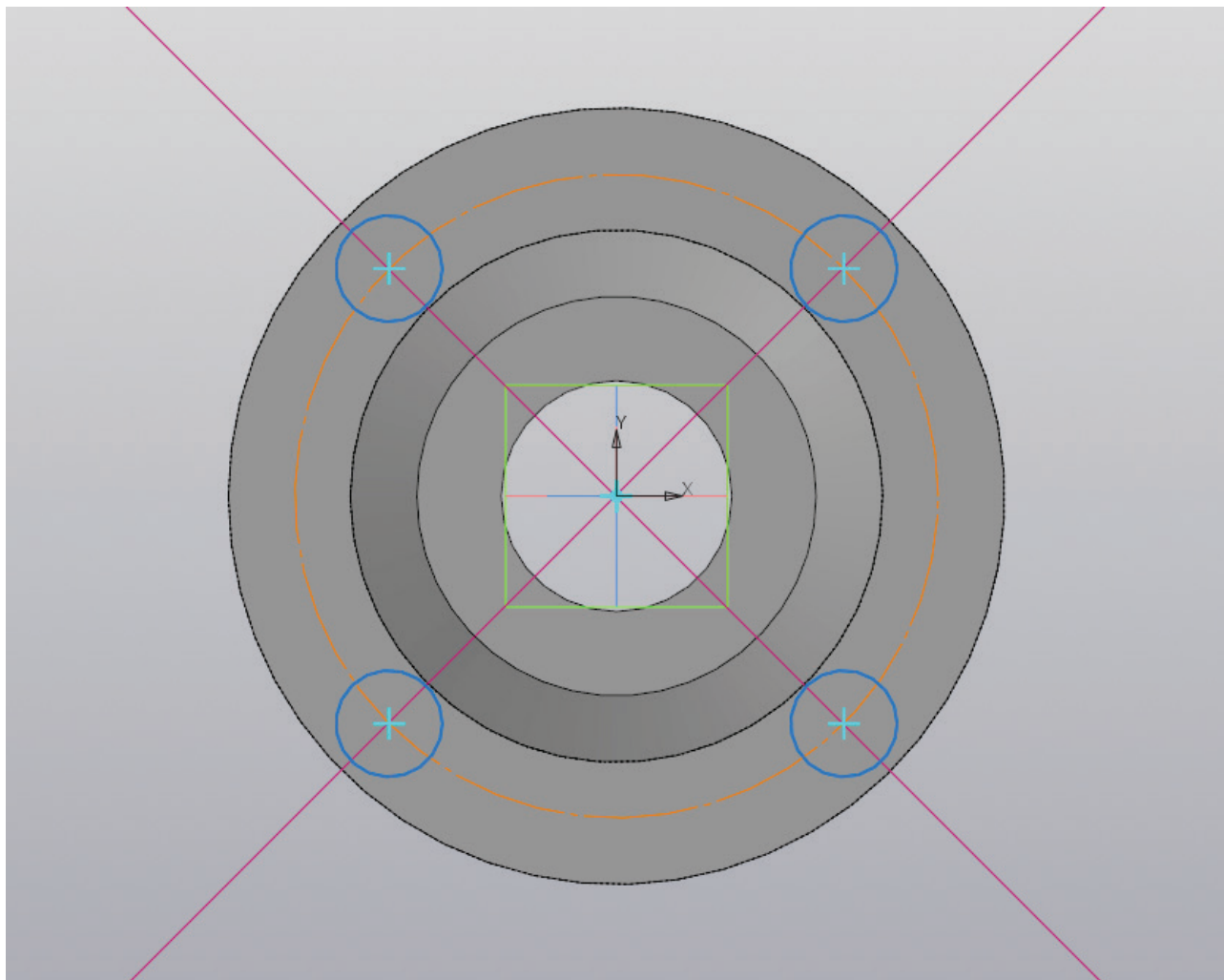


Рисунок 92 – Работа с эскизом, создание окружностей

На новом эскизе выполняется построение вспомогательных прямых, исходящих из центра крышки под углом 45 и 135 градусов. Из точки пересечения этих вспомогательных прямых выполняется построение окружности диаметром D_1 (мм) с помощью осевой линии. Затем в зависимости от количества отверстий, характерных для определенного вида крышки, создаются окружности диаметром d_2 (мм) (рис. 92).

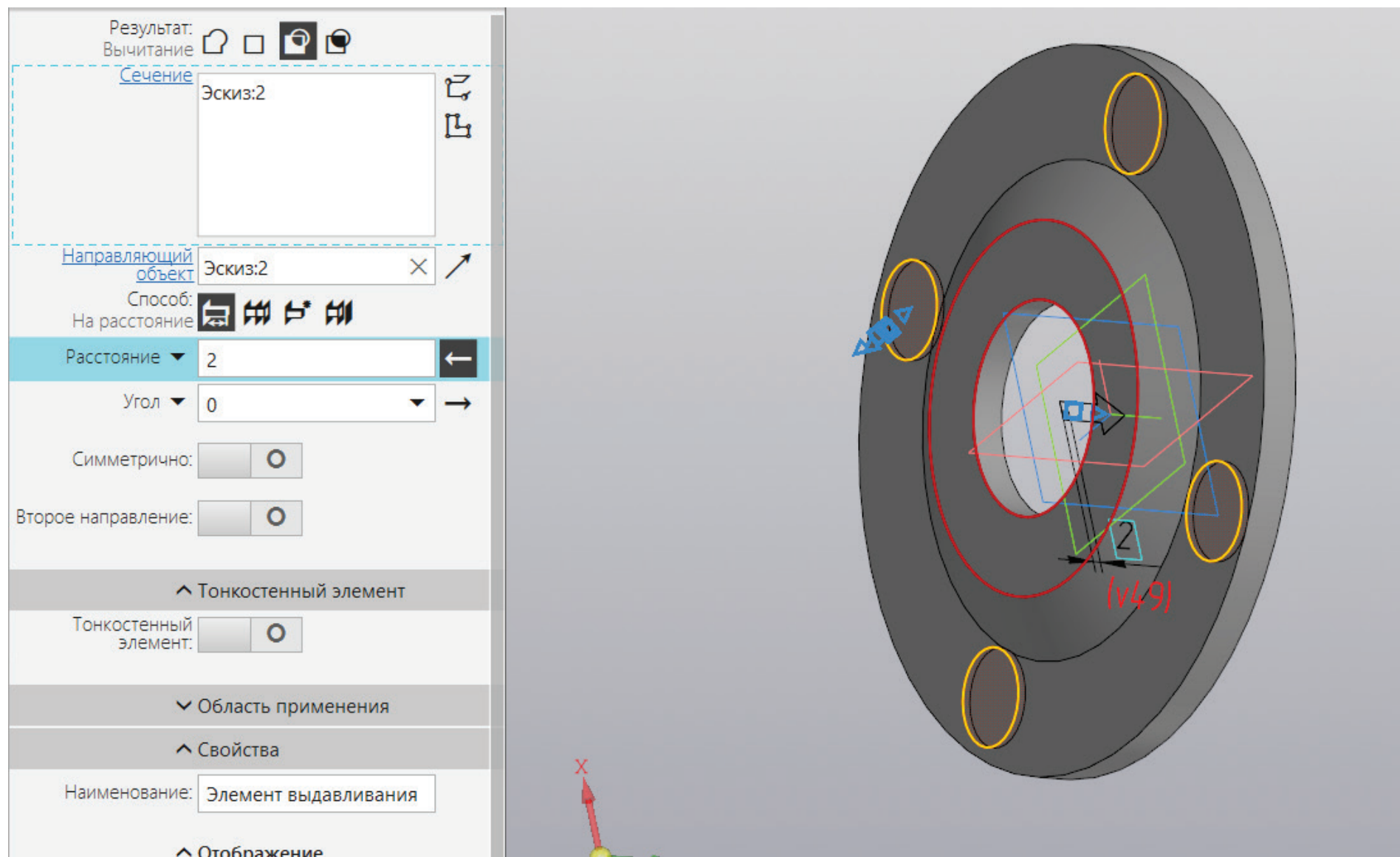


Рисунок 93 – Уменьшение геометрии объекта по созданному эскизу

К построенному эскизу применяется операция «Вырезать выдавливанием» на расстояние от 1 до 2 (мм) (рис. 93).

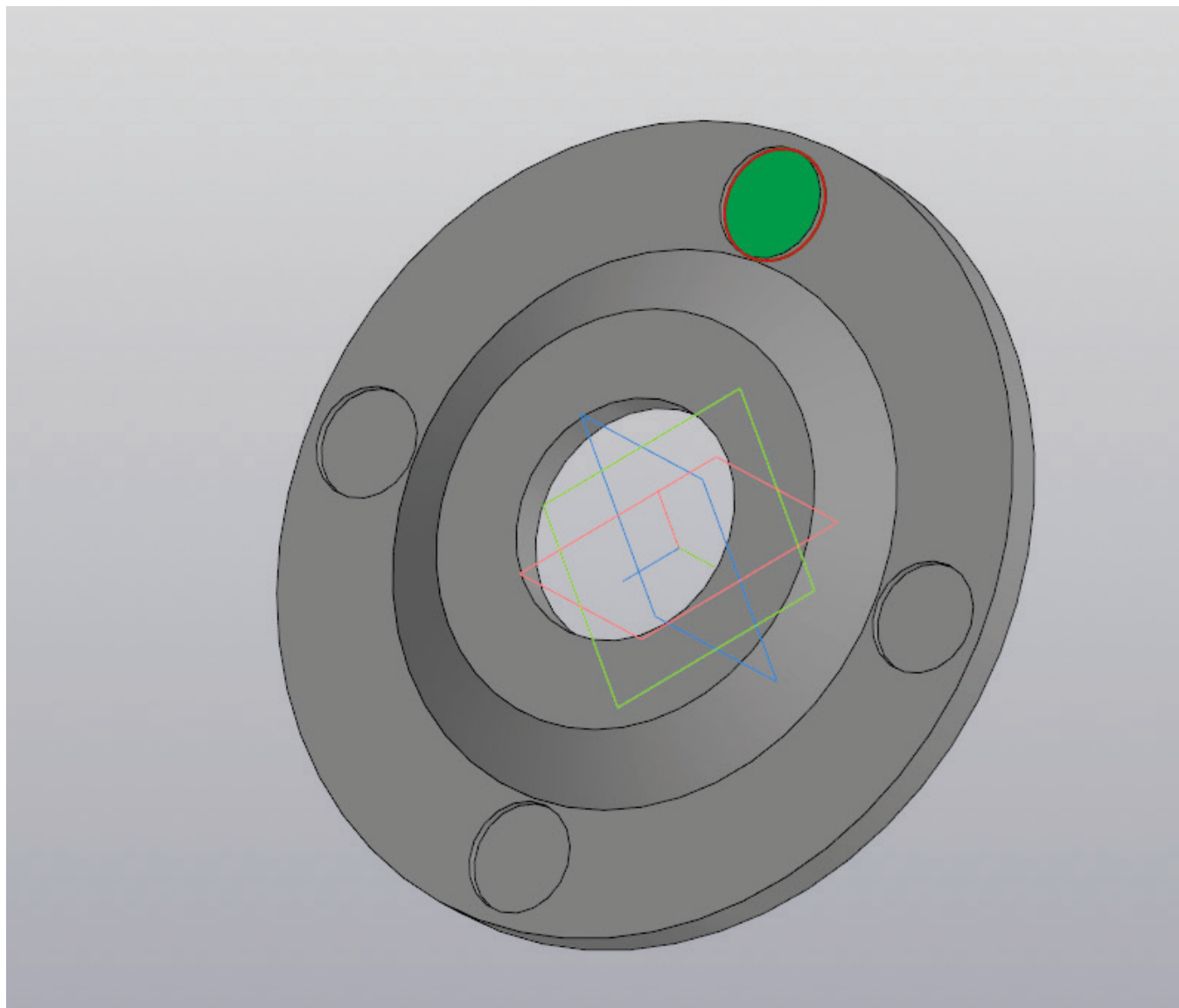


Рисунок 94 – Создание эскиза на плоскости

На образованной плоскости создается новый эскиз (рис. 94).

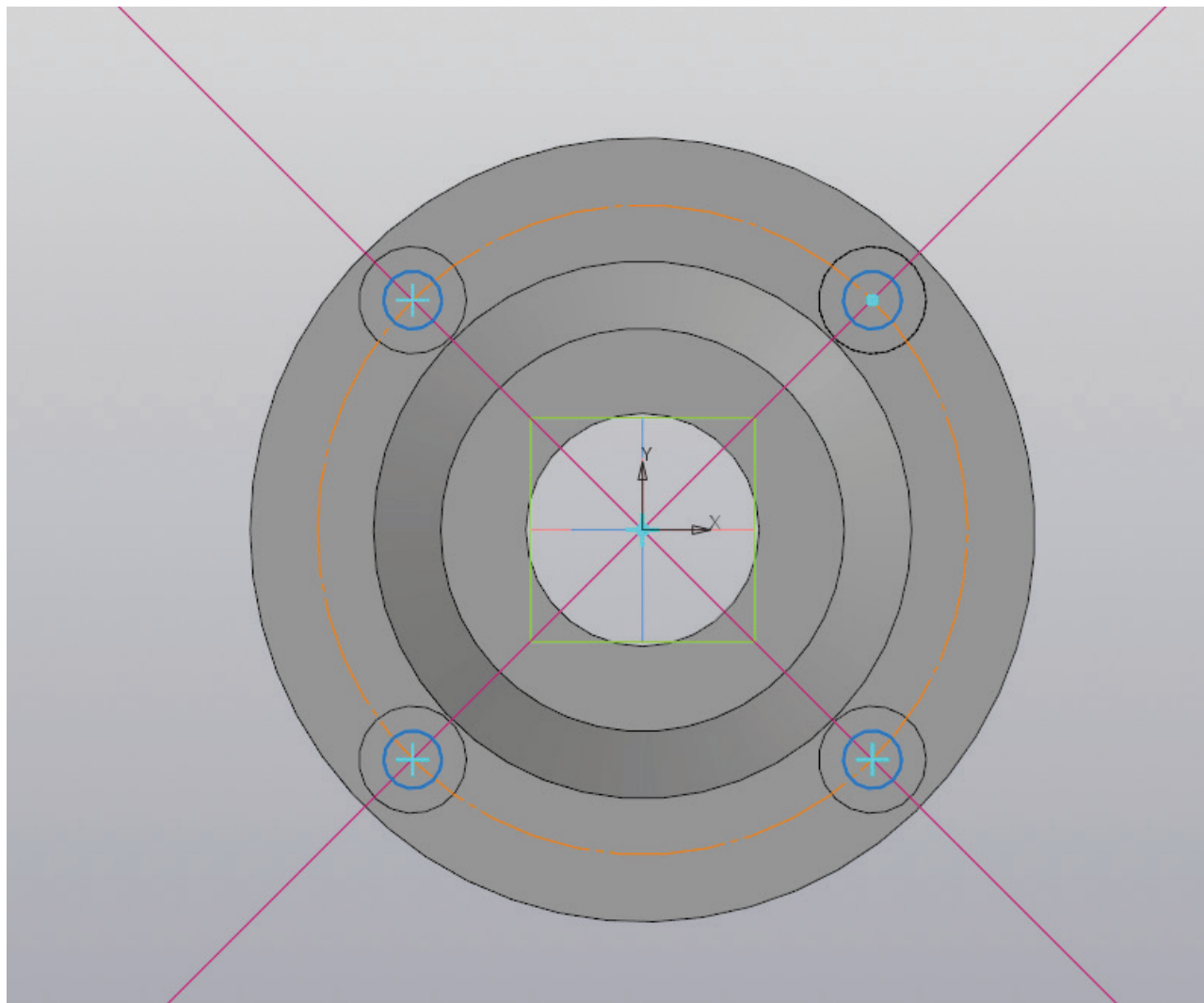


Рисунок 95 – Работа с эскизом, создание окружностей под отверстия

На плоскости эскиза вновь создаются вспомогательные прямые под углом 45 и 135 градусов, после этого снова выполняется построение окружности диаметром D_1 (мм) осевой линией и в каждом центре углубления создается окружность диаметром d_1 (мм) (рис. 95).

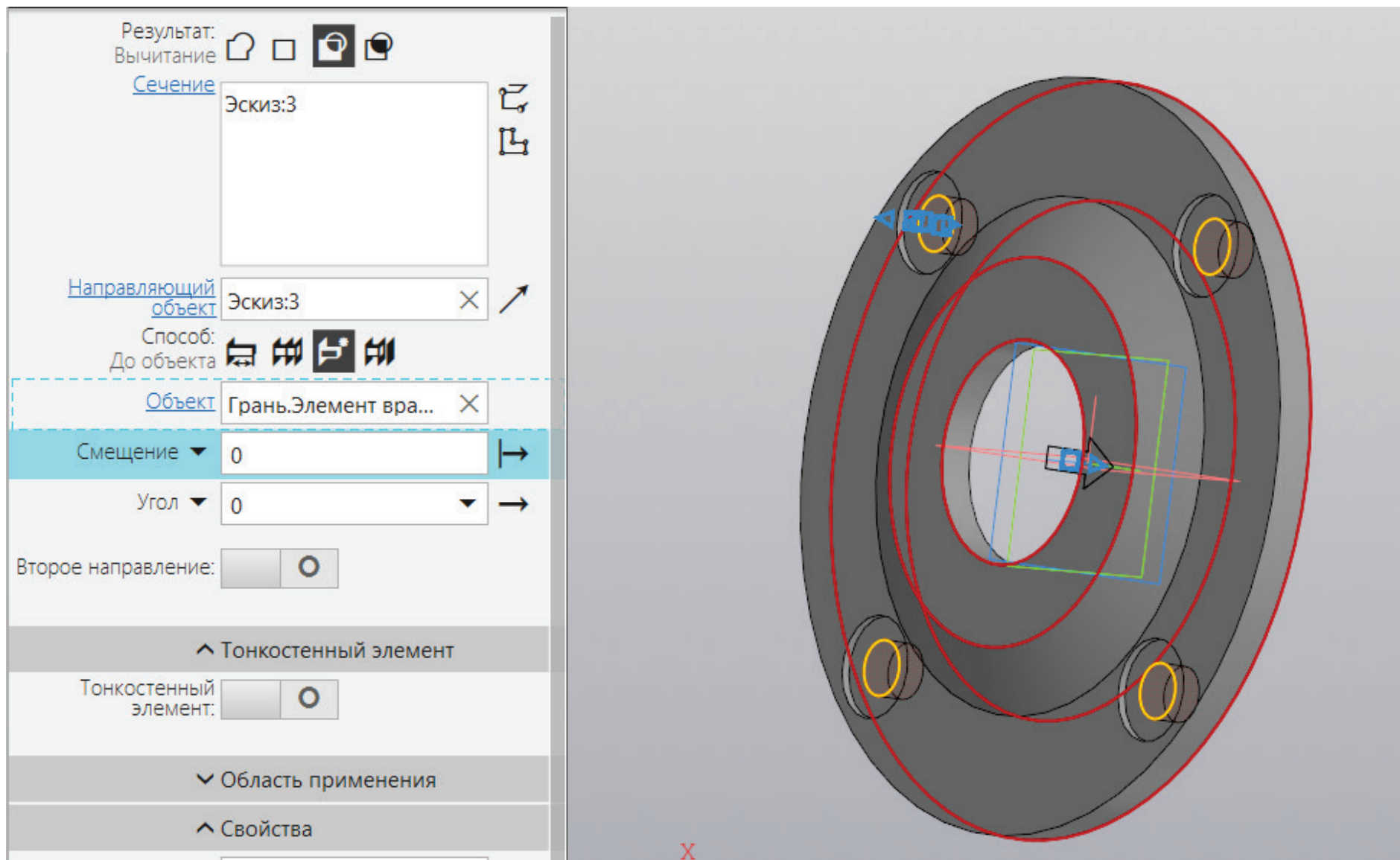


Рисунок 96 – Создание отверстий

К полученному эскизу применяется команды «Вырезать выдавливанием» до последней поверхности (рис. 96).

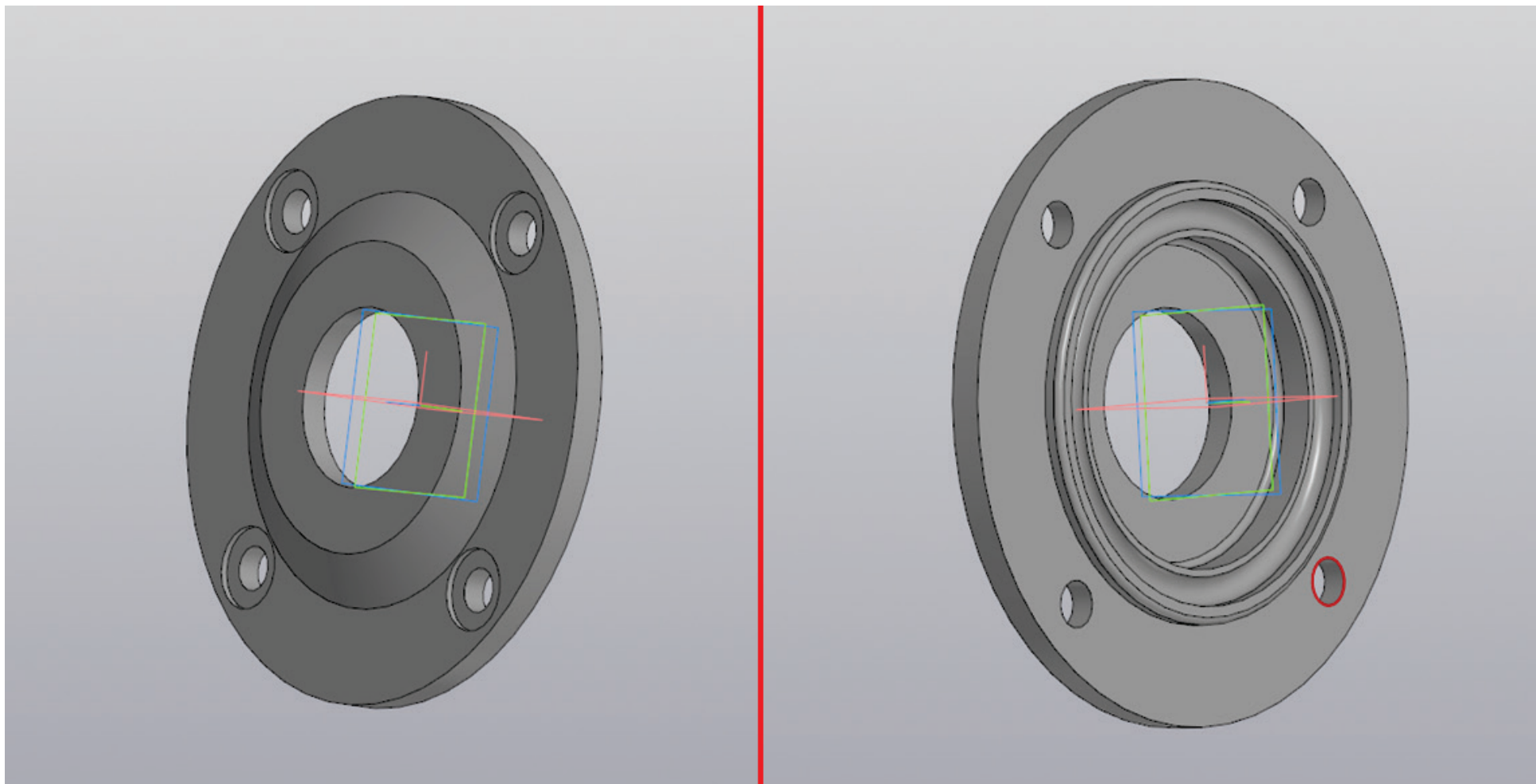


Рисунок 97 – Трехмерная модель низкой сквозной крышки

На рисунке 97 изображены вид спереди и вид сзади трехмерной модели низкой глухой крышки.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГОЙ ВТУЛОЧНО-ПАЛЬЦЕВОЙ МУФТЫ

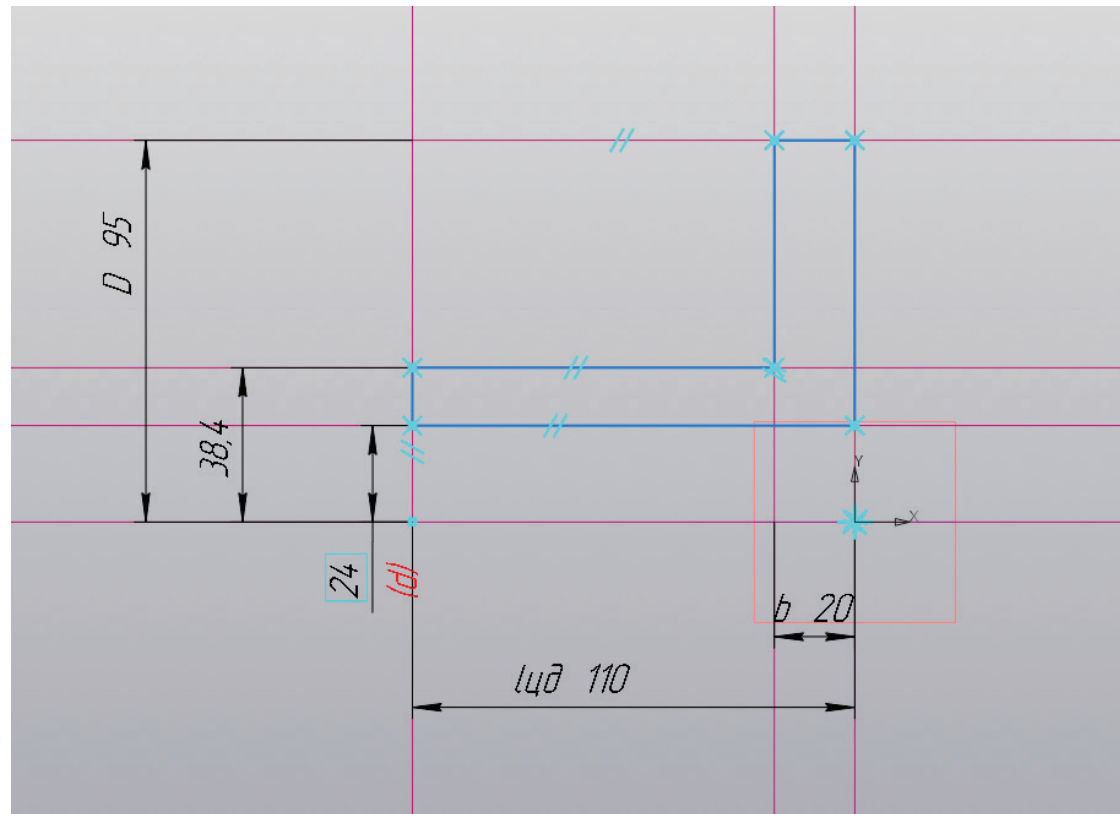


Рисунок 98 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые и контур

На плоскости создается новый эскиз, в котором предстоит разместить четыре горизонтальных прямых и три вертикальных, как показано на рисунке 98. Для этого необходимо построить вертикальную и горизонтальную прямые в начале координат. От горизонтальной прямой строятся параллельные прямые на расстоянии $d/2$ (мм), $1,6 \cdot d/2$ (мм) и $D/2$ (мм). От вертикальной прямой строится параллельная прямая на расстоянии b (мм) и прямая, соответствующая длине вала двигателя $l_{цд}$ (мм). Закончив построение вспомогательных прямых, следует приступить к созданию контура муфты, как показано на рисунке 98.

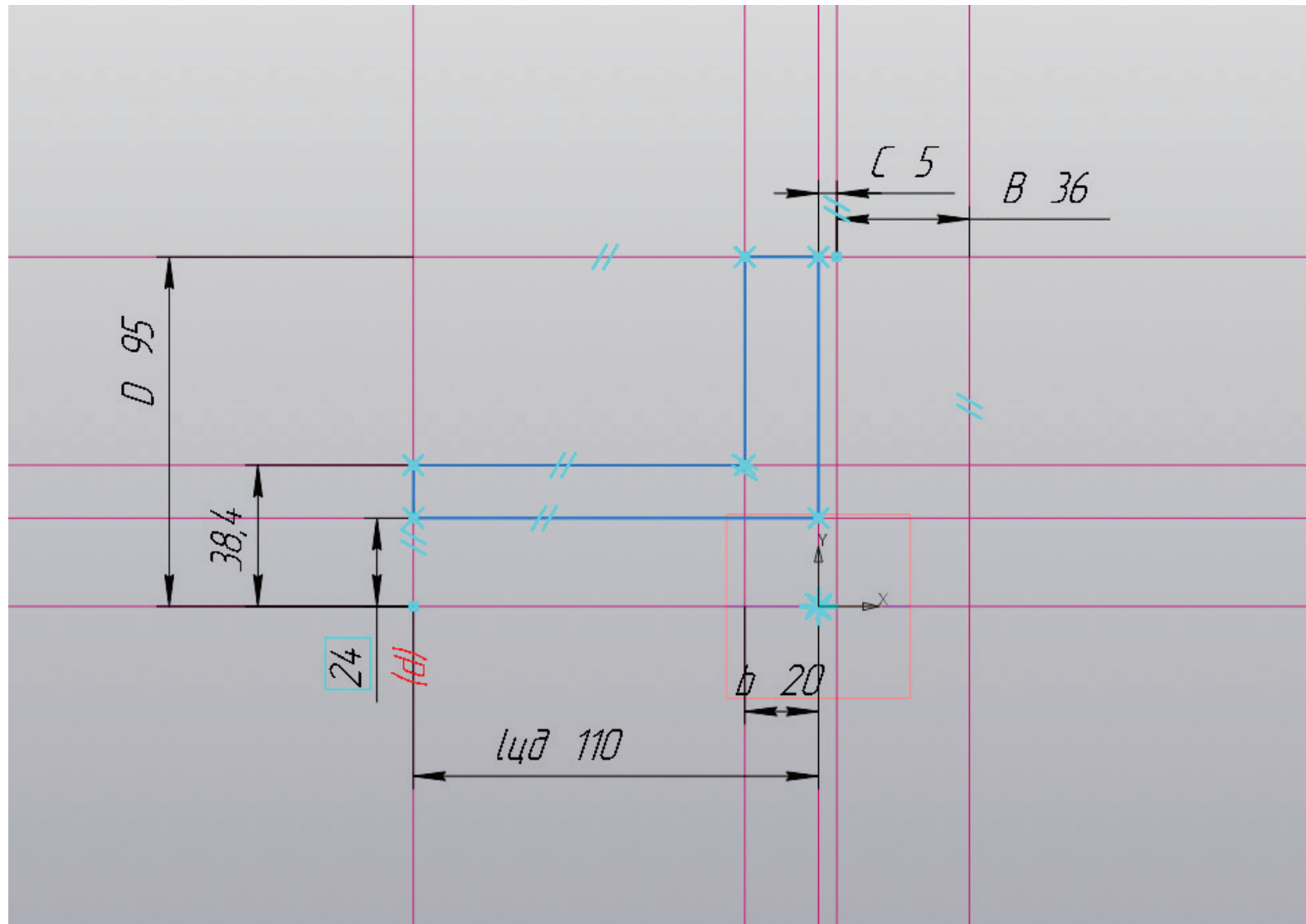


Рисунок 99 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

От вертикальной прямой расположенной в начале координат, предстоит построить параллельные прямые, как показано на рисунке 99, на расстоянии C (мм) и $C+B$ (мм).

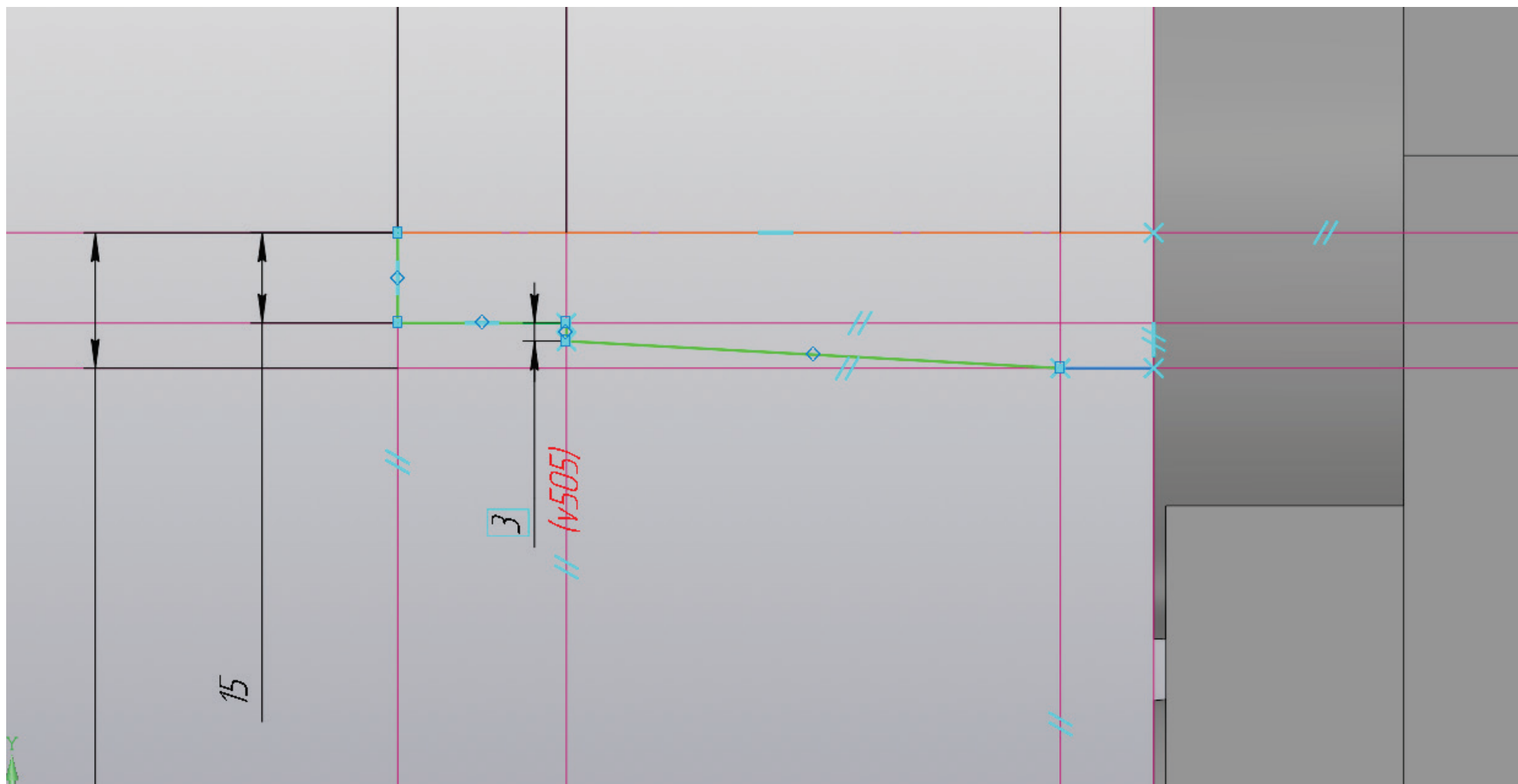


Рисунок 100 – Копирование эскиза меньшего вала редуктора

Прежде чем продолжить моделирование упругой втулочно-пальцевой муфты, необходимо открыть готовую модель редуктора, найти эскиз меньшего вала и скопировать его (рис. 100).

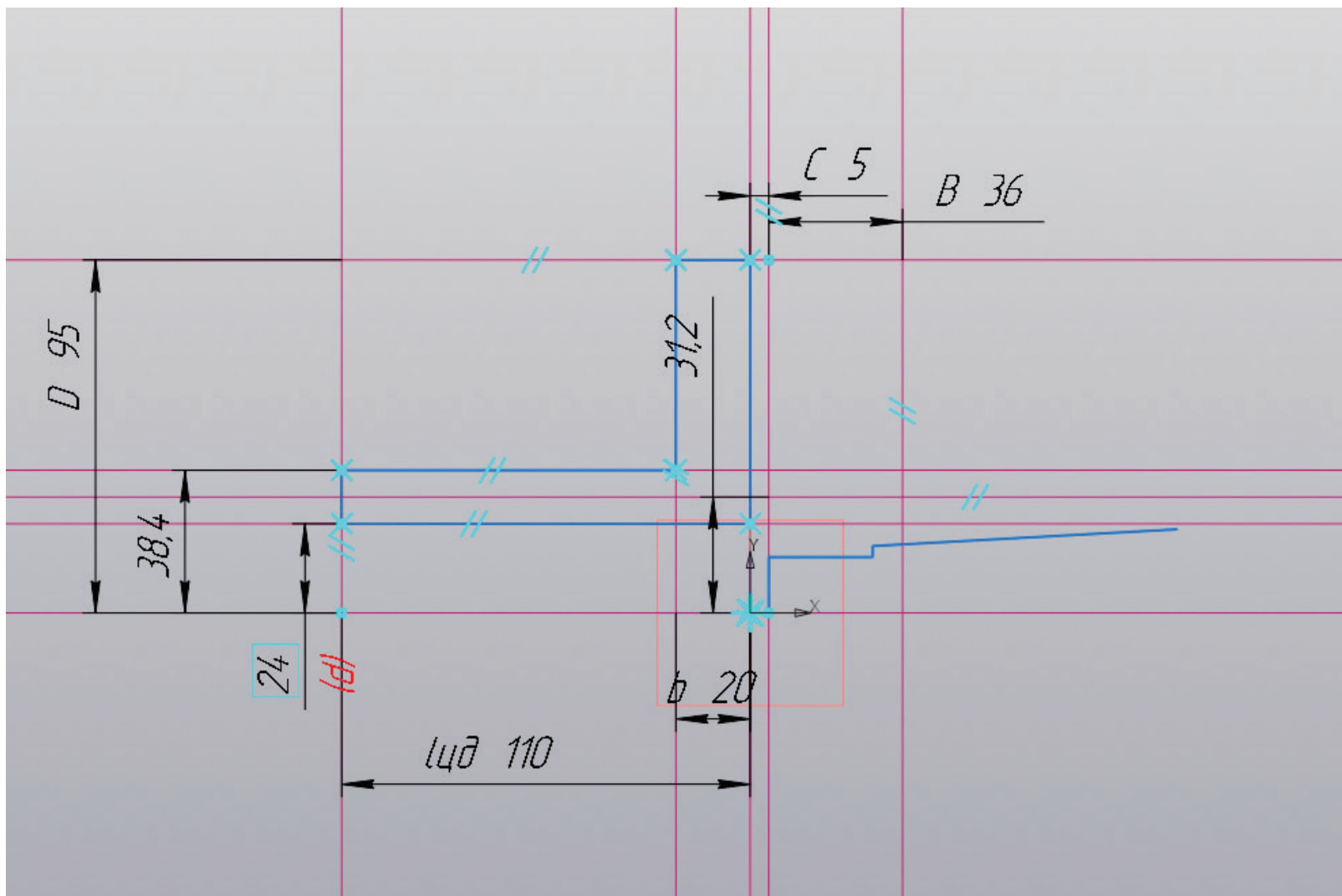


Рисунок 101 – Работа с эскизом, вставка эскиза меньшего вала редуктора

Скопировав эскиз меньшего вала редуктора, нужно произвести вставку в эскиз создания муфты, поскольку форма объектов одинакова, как показано на рисунке 101. После этого от горизонтальной прямой, располагающейся в начале координат, откладывается параллельная прямая на расстоянии $(d+(d_{ст}-d)/2)$ (мм).

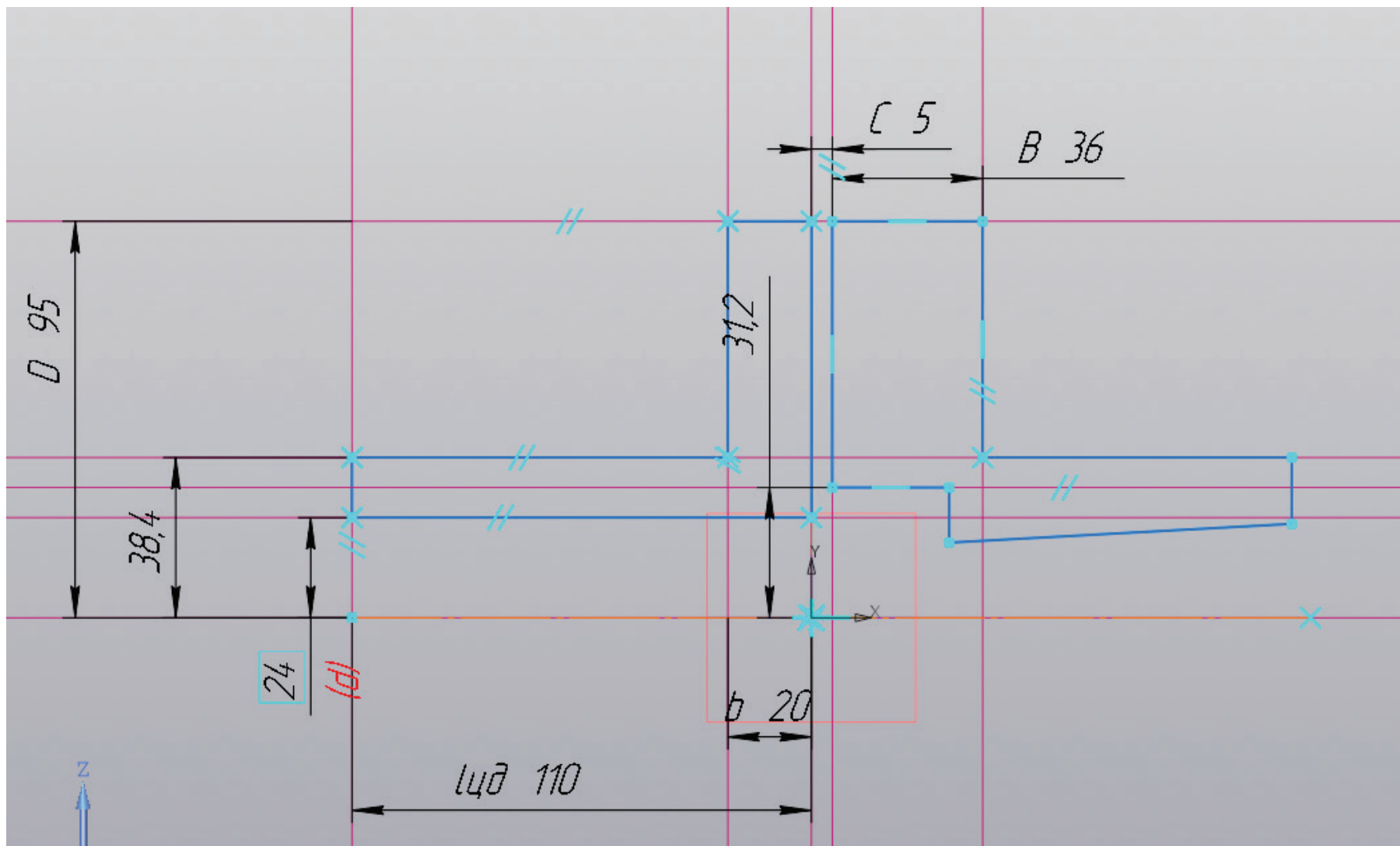


Рисунок 102 – Работа с эскизом, создание контура муфты

С помощью ломаной линии или отрезка создается контур муфты, как показано на рисунке 102, предварительно выполняется удаление ненужных частей. Затем в начале координат выполняется построение осевой линии.

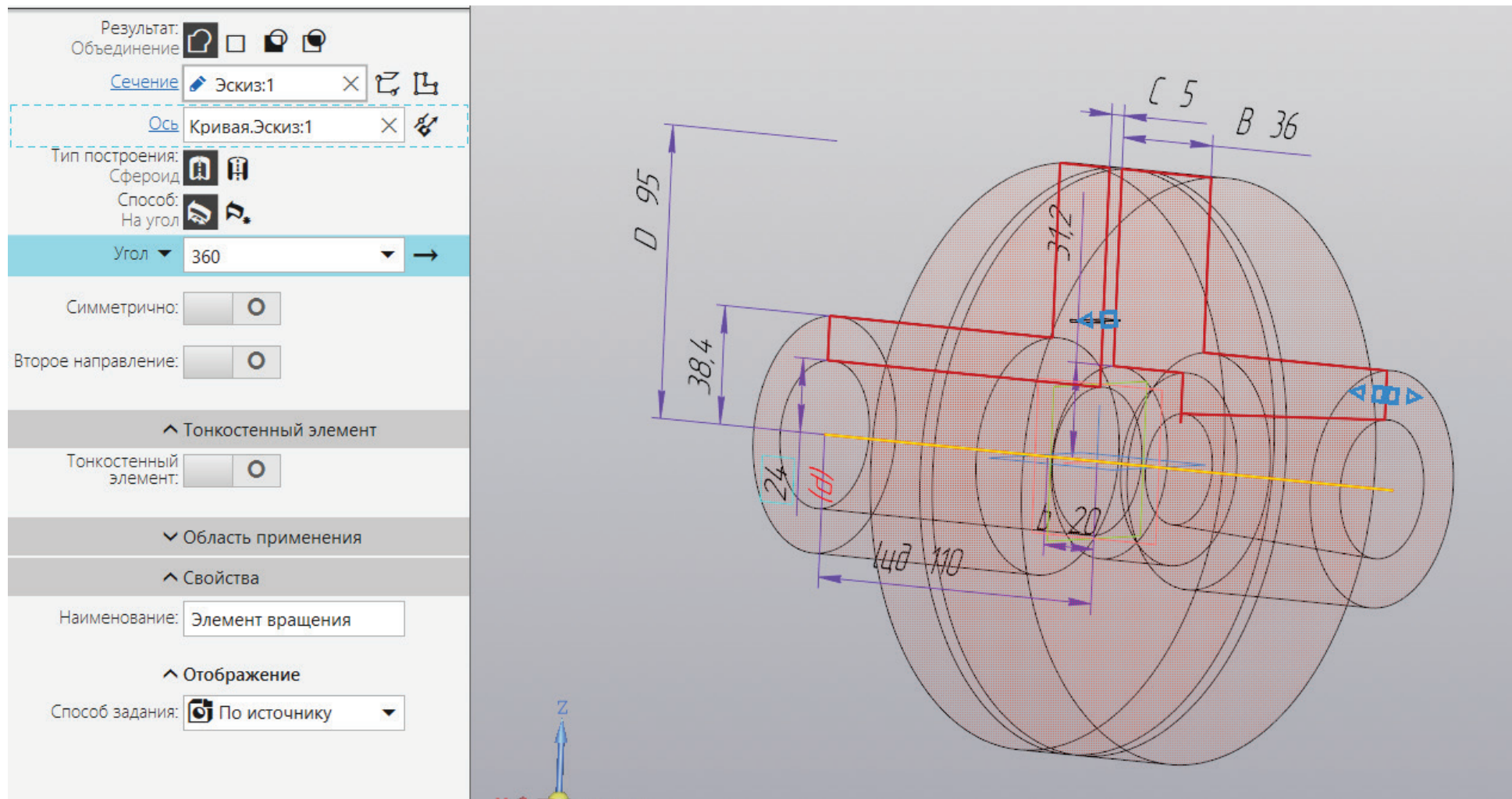


Рисунок 103 – Создание муфты вращением

К полученному эскизу применяется команда «Элемент вращения» (рис. 103).

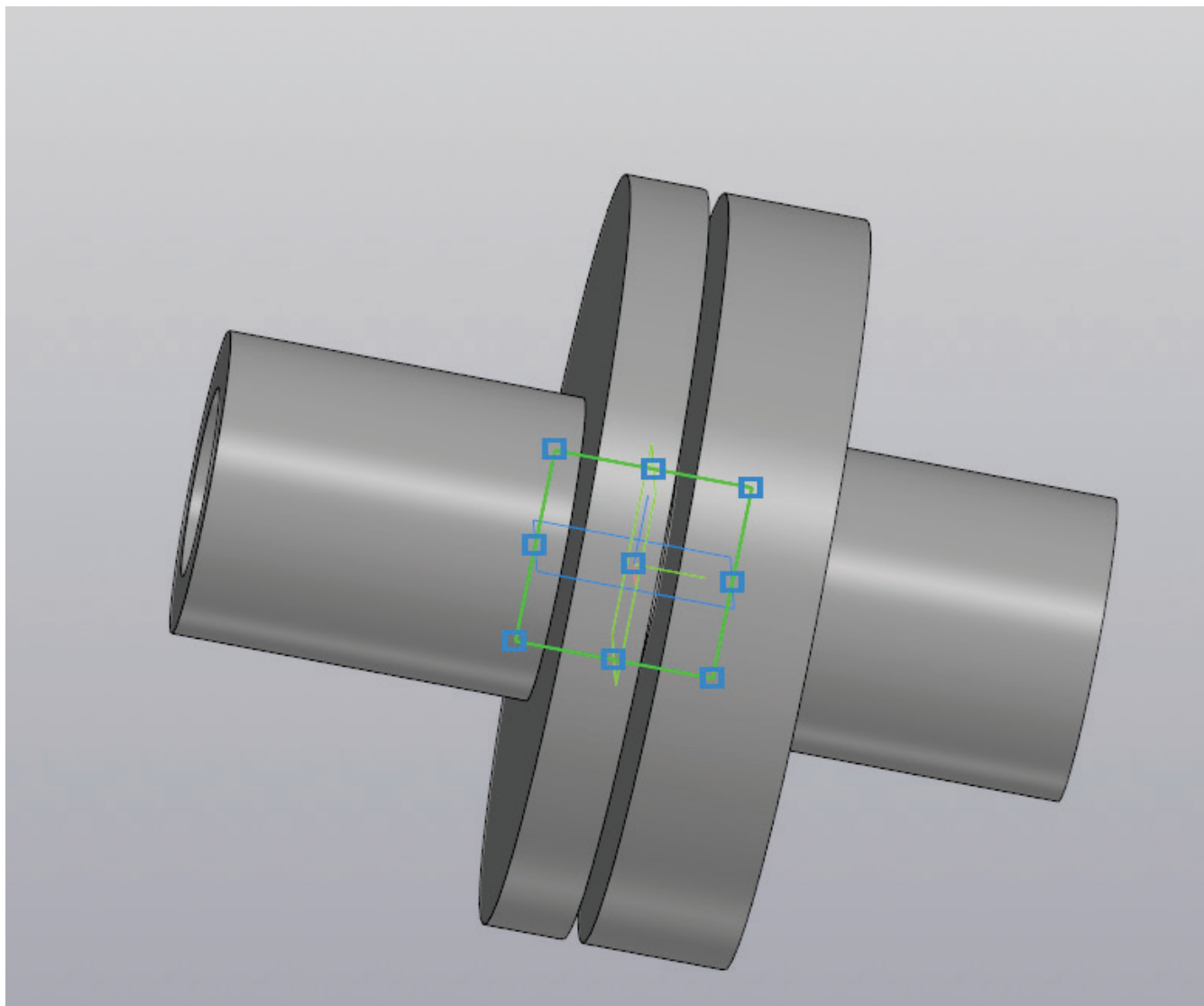


Рисунок 104 – Создание эскиза на плоскости

Получив заготовку трехмерной модели упругой втулочно-пальцевой муфты, необходимо создать отверстия для крепежных изделий, соединяющих обе части муфты. Для этого на плоскости XY предстоит создать новый эскиз (рис. 104).

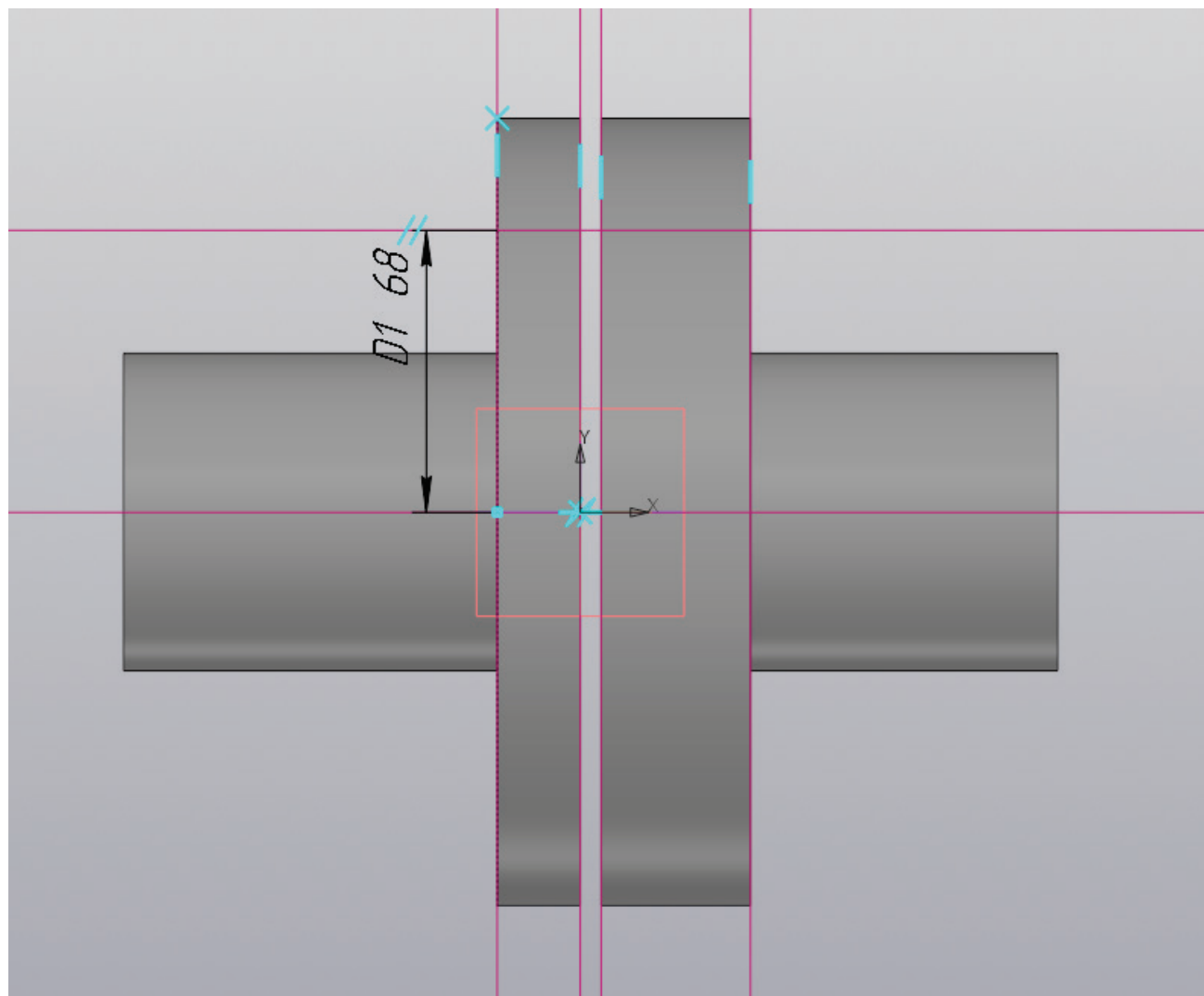


Рисунок 105 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

В новом эскизе необходимо разместить горизонтальную прямую в начале координат и от нее построить параллельную прямую на расстояние $D_1/2$ (мм). После этого предстоит выполнить построение четырех вертикальных прямых, как на рисунке 105.

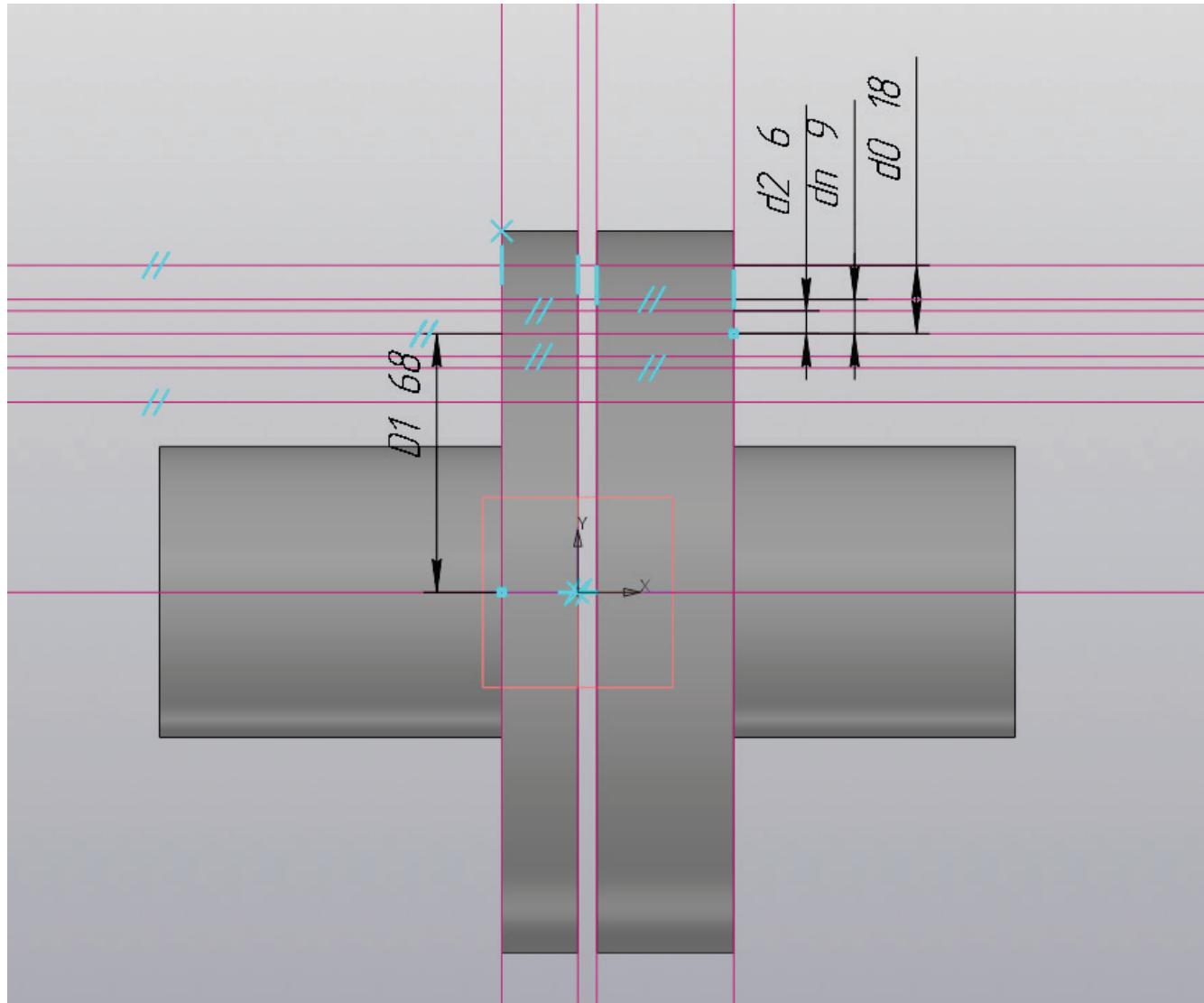


Рисунок 106 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

От горизонтальной прямой, образованной в предыдущей итерации, необходимо отложить по три параллельные прямые в каждую сторону на расстоянии $d_2/2$ (мм), $d_{\text{п}}/2$ (мм) и $d_0/2$ (мм) (рис. 106).

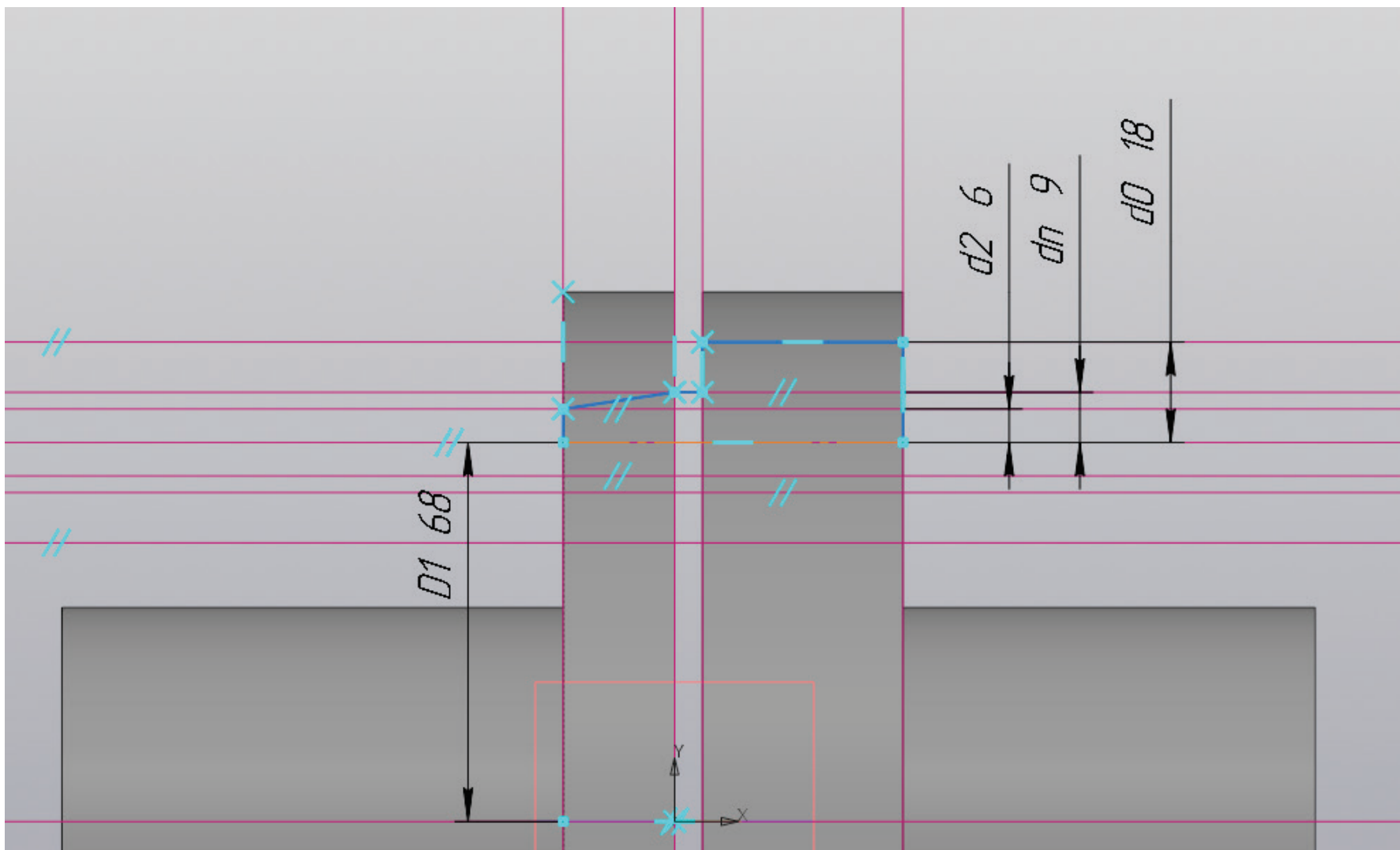


Рисунок 107 – Работа с эскизом, создание контура для отверстий

С помощью функции «Отрезок» выполняется построение контура будущих отверстий, как показано на рисунке 107. Выполнив построение контура отверстий, необходимо построить осевую линию на расстоянии $D_1/2$ (мм) от горизонтальной прямой, расположенной в начале координат.

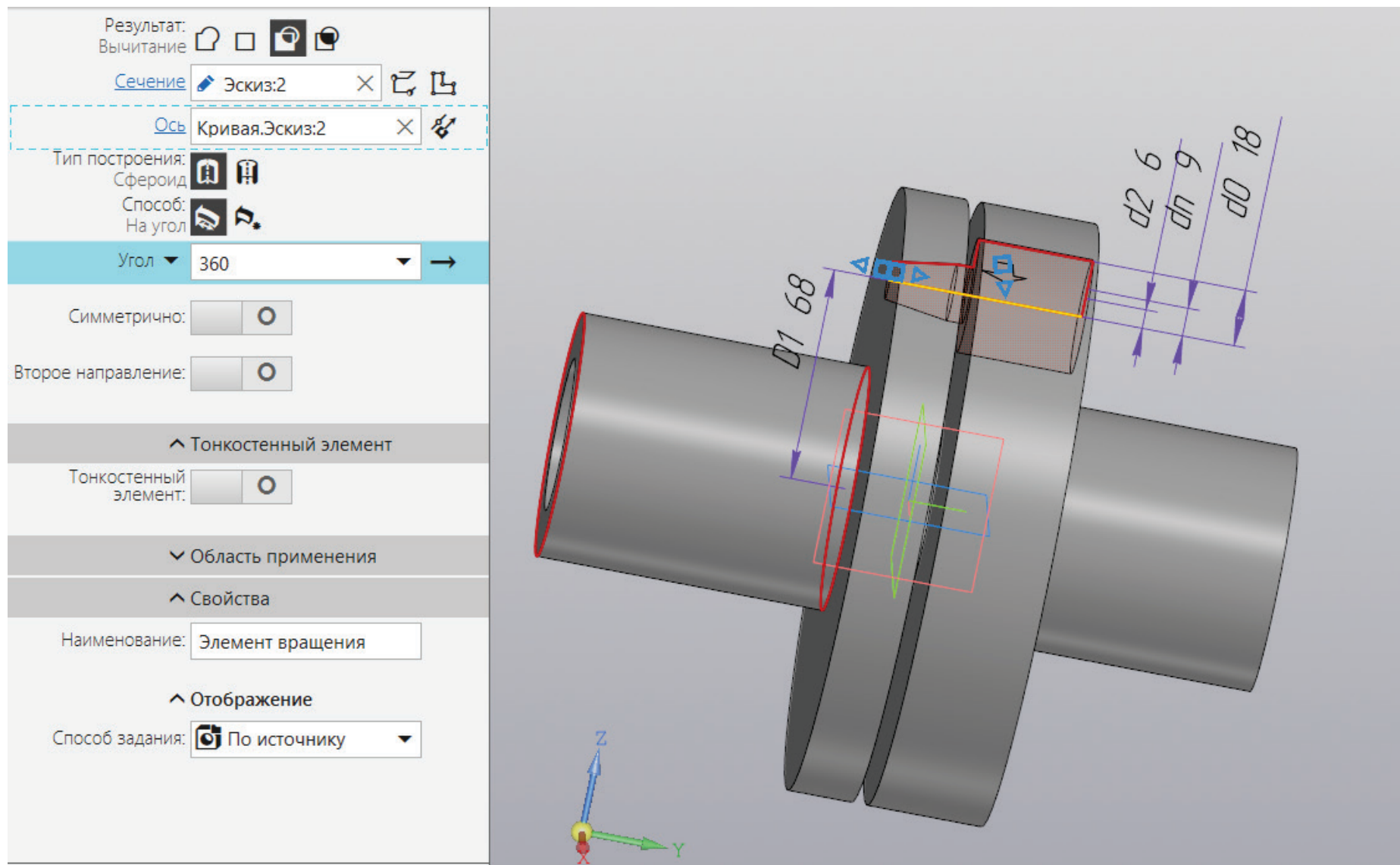


Рисунок 108 – Уменьшение геометрии трехмерной модели

К полученному эскизу применяется операция «Вырезать вращением» (рис. 108).

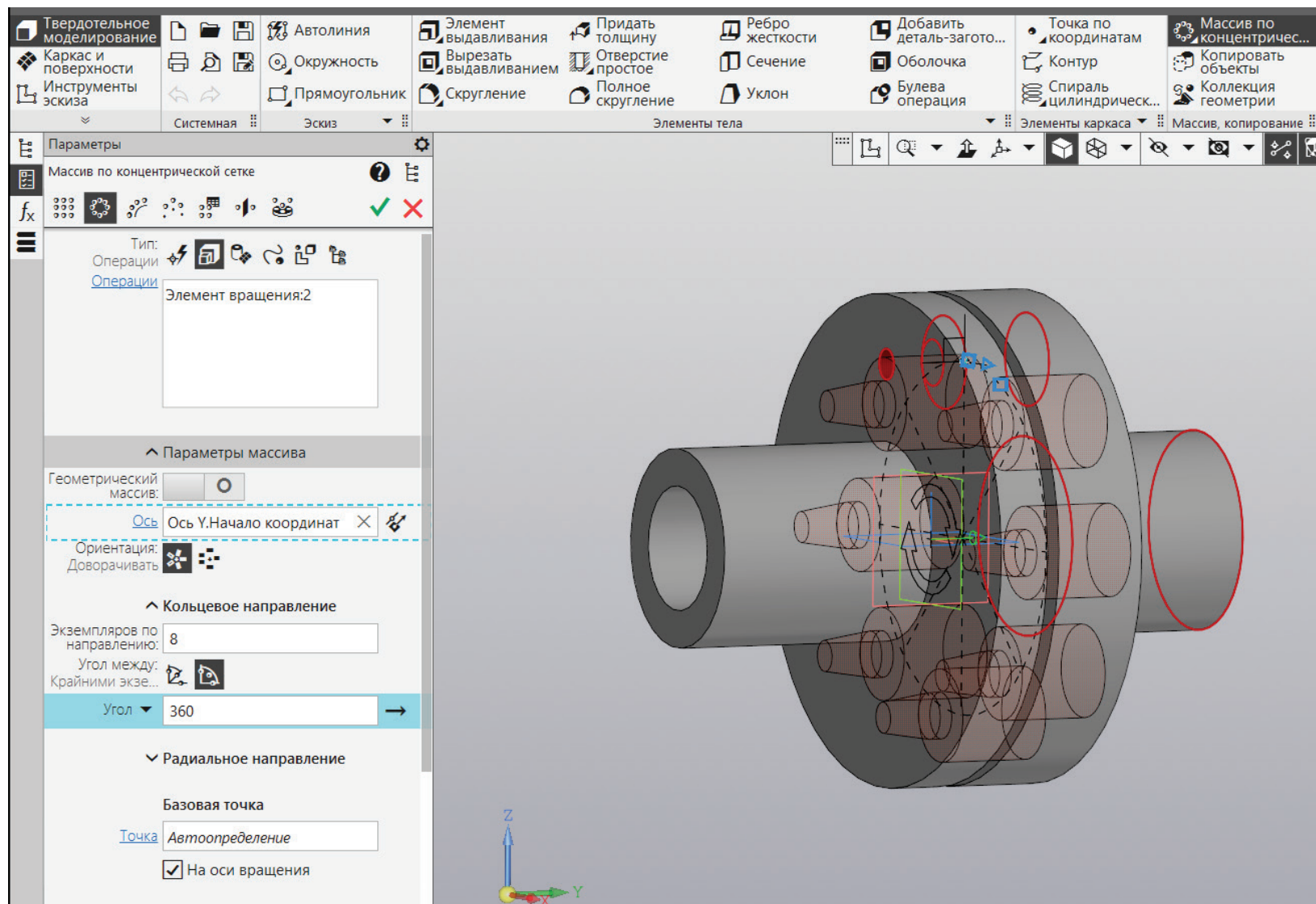


Рисунок 109 – Применение массива по концентрической сетке

К созданным отверстиям применяется массив по концентрической сетке и указывается нужное количество подобных отверстий под соединительные элементы.

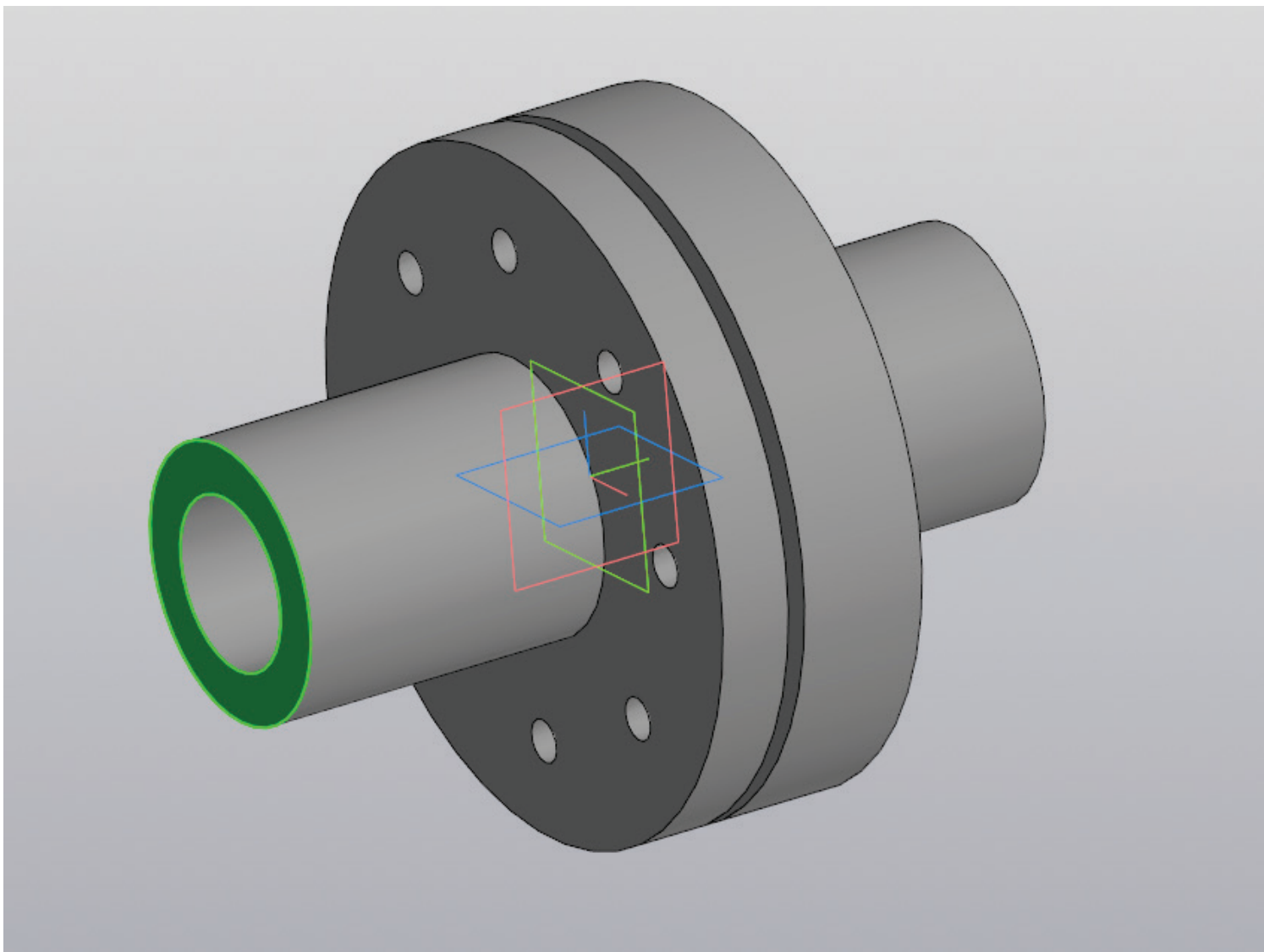


Рисунок 110 – Создание эскиза на плоскости

На плоскости, как показано на рисунке 110, создается новый эскиз.

двух вертикальных прямых по обе стороны от центра муфты на расстоянии, равном половине ширины шпонки, расположенной на валу электродвигателя $b/2$ (мм). Данная итерация завершается построением окружности диаметром, соответствующим диаметру вала двигателя d_1 (мм) (рис. 111).

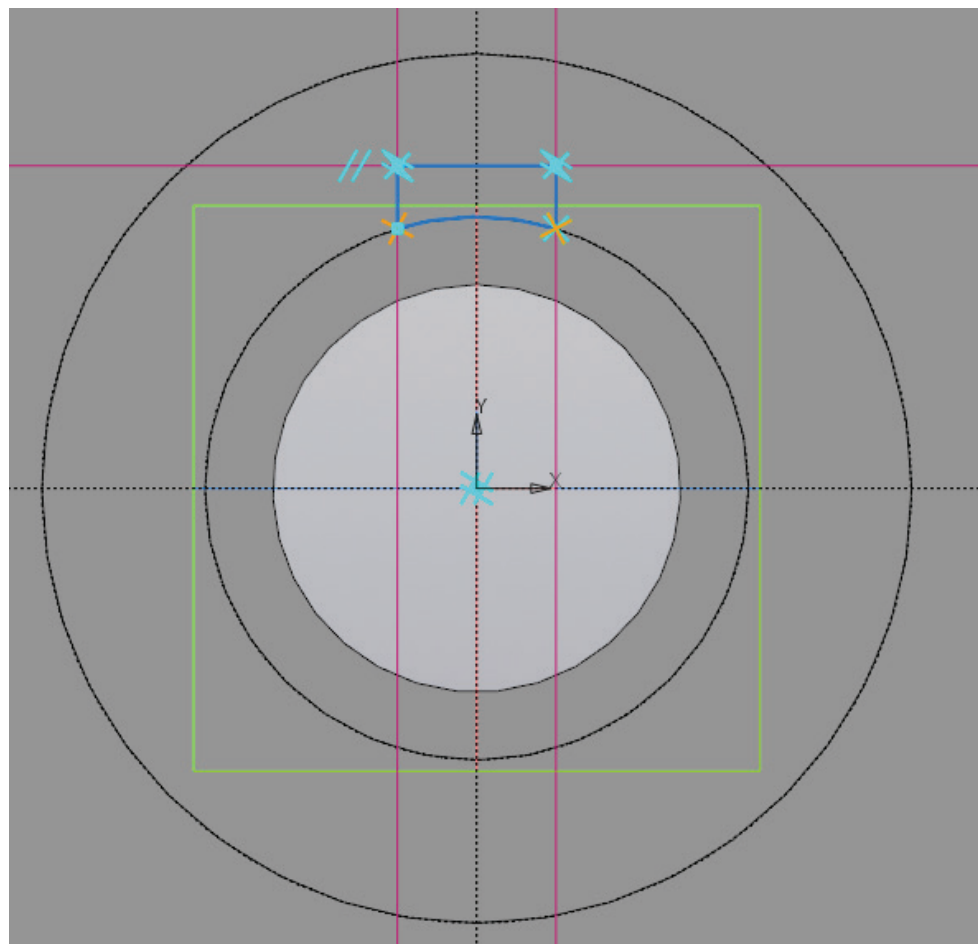


Рисунок 112 – Работа с эскизом, создание контура

С применением команды «Усечь кривую» и функции «Отрезок» выполняется построение контура шпоночного паза в муфте, как показано на рисунке 112.

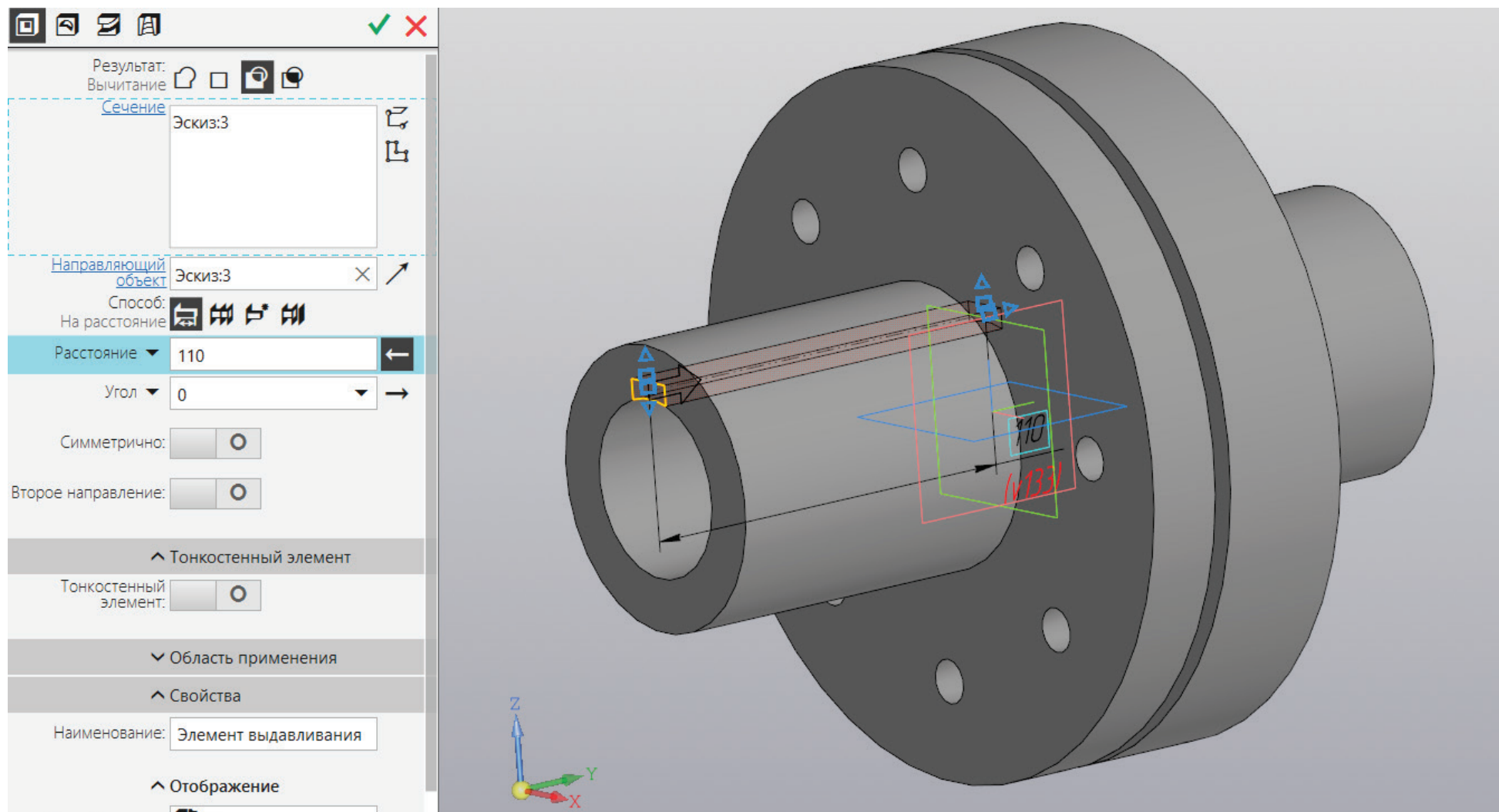


Рисунок 113 – Создание шпоночного паза

К полученному эскизу применяется операция «Вырезать выдавливанием» на расстояние, соответствующее длине участка вала двигателя l_1 (мм) (рис. 113).

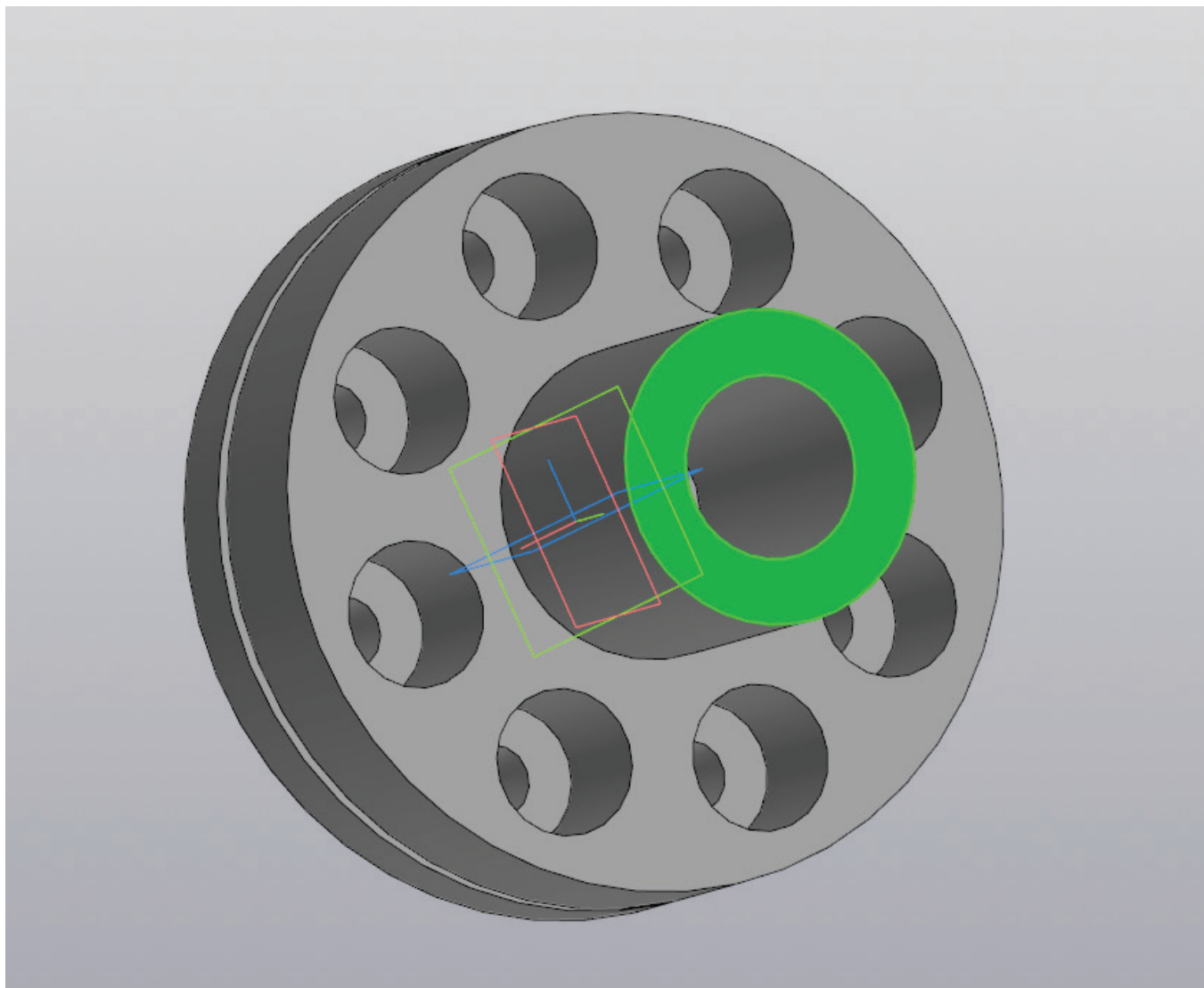


Рисунок 114 – Создание эскиза на плоскости

Предстоит создать еще один шпоночный паз, соответствующий размерам малого конического вала редуктора. Для этого необходимо создать эскиз на плоскости, как показано на рисунке 114.

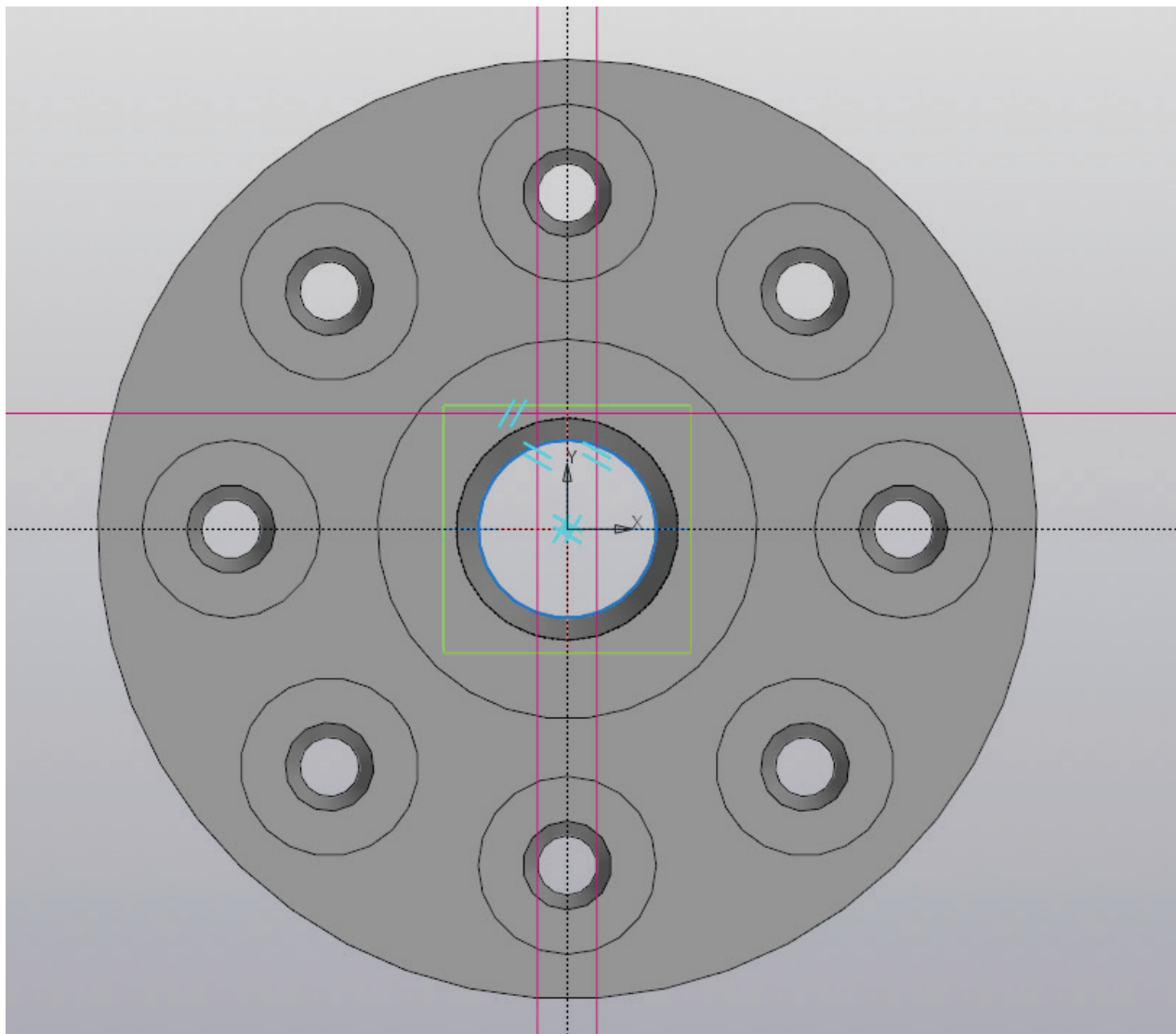


Рисунок 115 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые и окружность

От центра муфты необходимо отложить горизонтальную прямую соответствующую расстоянию t (мм) из значений малого вала редуктора. После этого предстоит выполнение построения двух вертикальных прямых по обе стороны от

центра муфты на расстоянии, равном половине ширины шпонки, расположенной на валу редуктора $b/2$ (мм). Данная итерация завершается построением окружности диаметром, соответствующим диаметру вала редуктора, рис. 115.

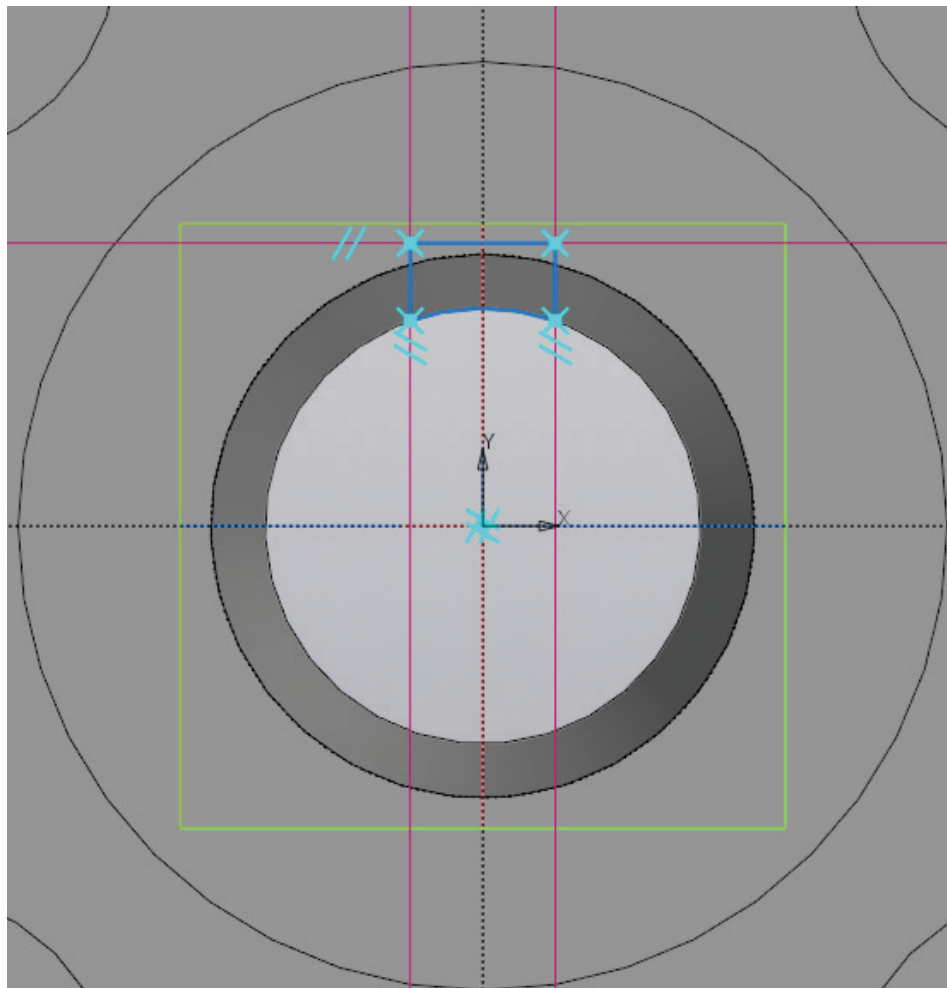


Рисунок 116 – Работа с эскизом, создание контура

С применением команды «Усечь кривую» и функции «Отрезок» выполняется построение контура шпоночного паза в муфте, как показано на рисунке 116.

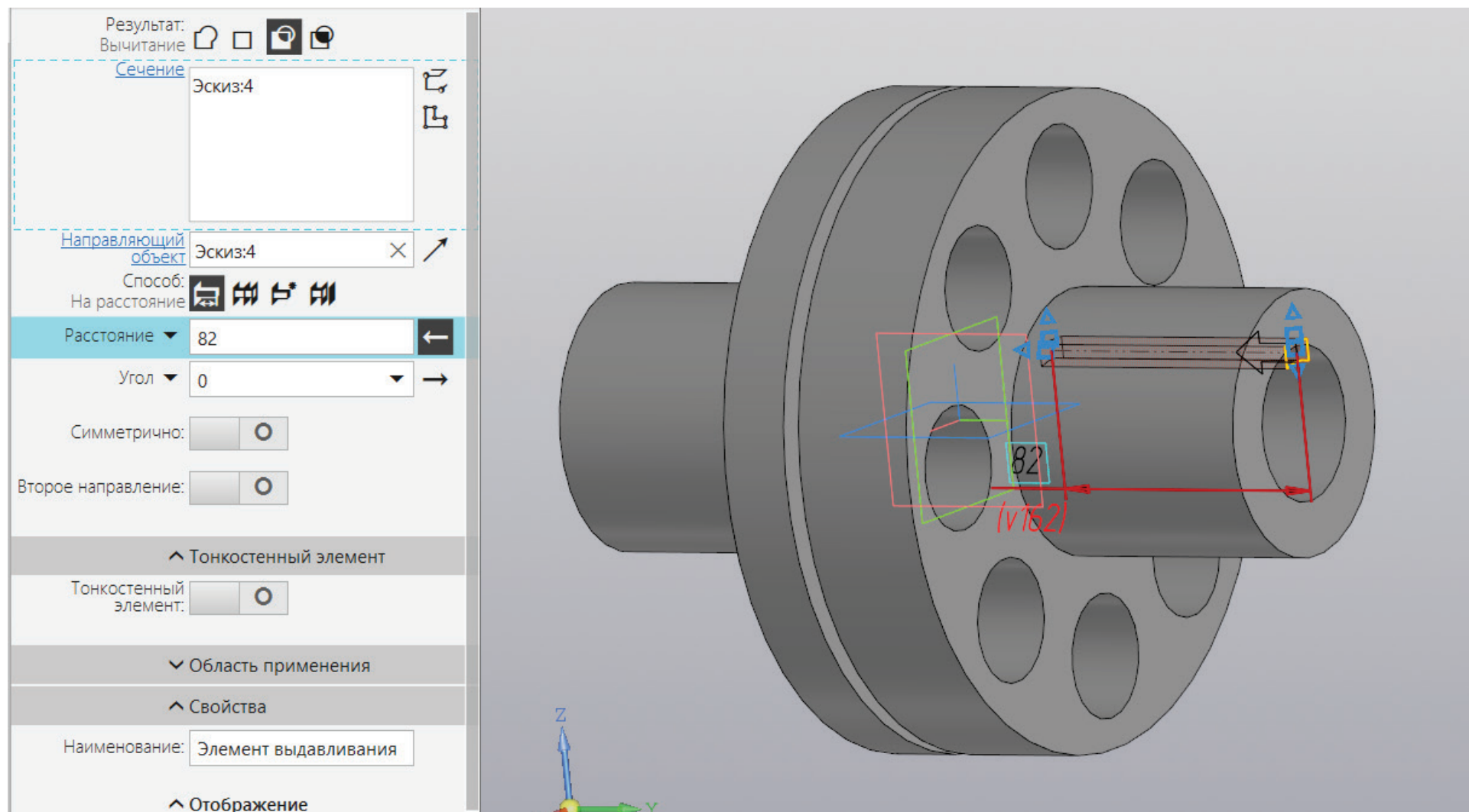


Рисунок 117 – Создание шпоночного паза

К полученному эскизу применяется операция «Вырезать выдавливанием» на расстояние, соответствующее длине участка вала редуктора l_1 (мм) (рис. 117).

На рисунке 118 представлена трехмерная модель упругой втулочно-пальцевой муфты.

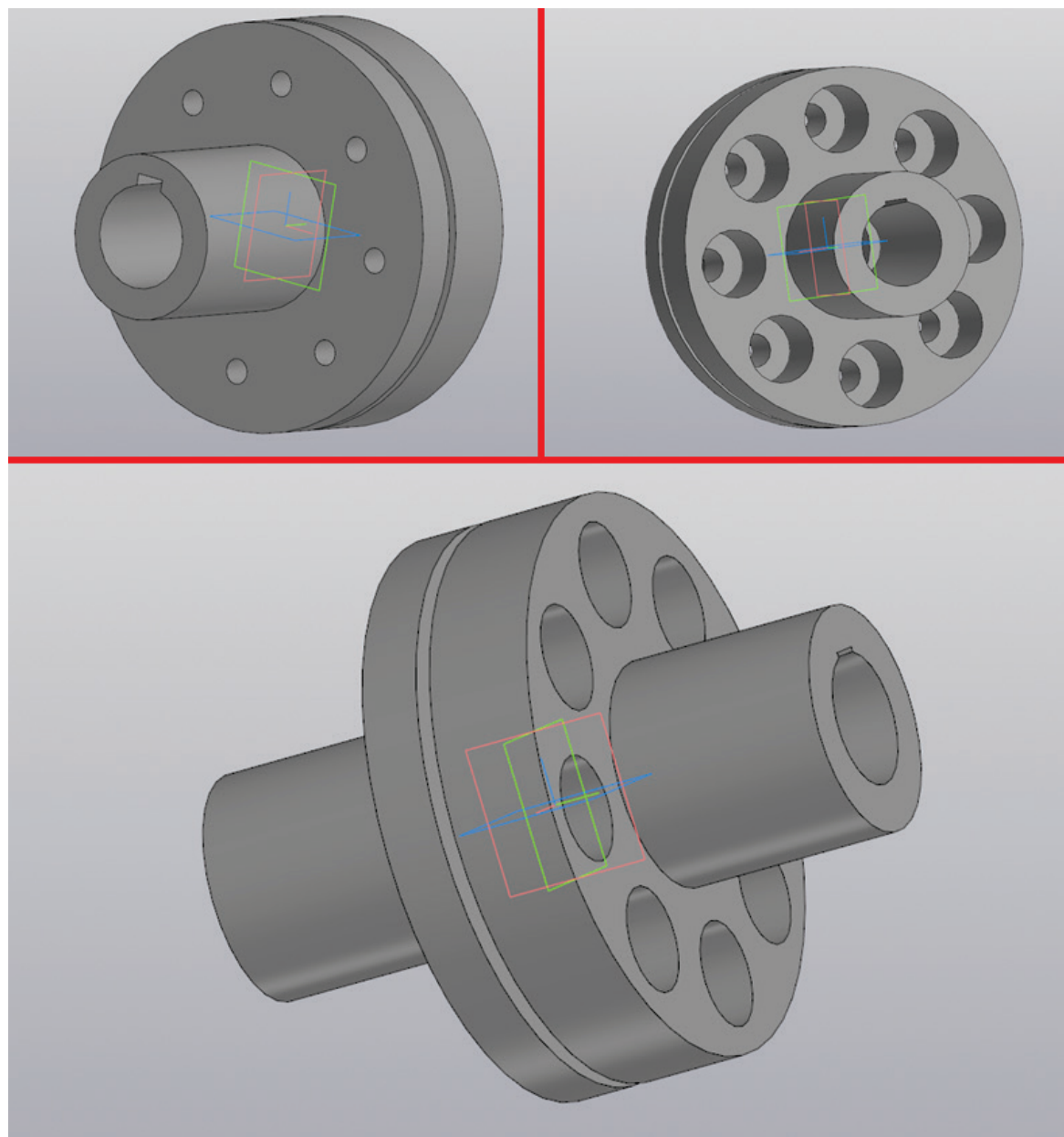


Рисунок 118 – Трехмерная модель упругой втулочно-пальцевой муфты

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗУБЧАТОЙ МУФТЫ

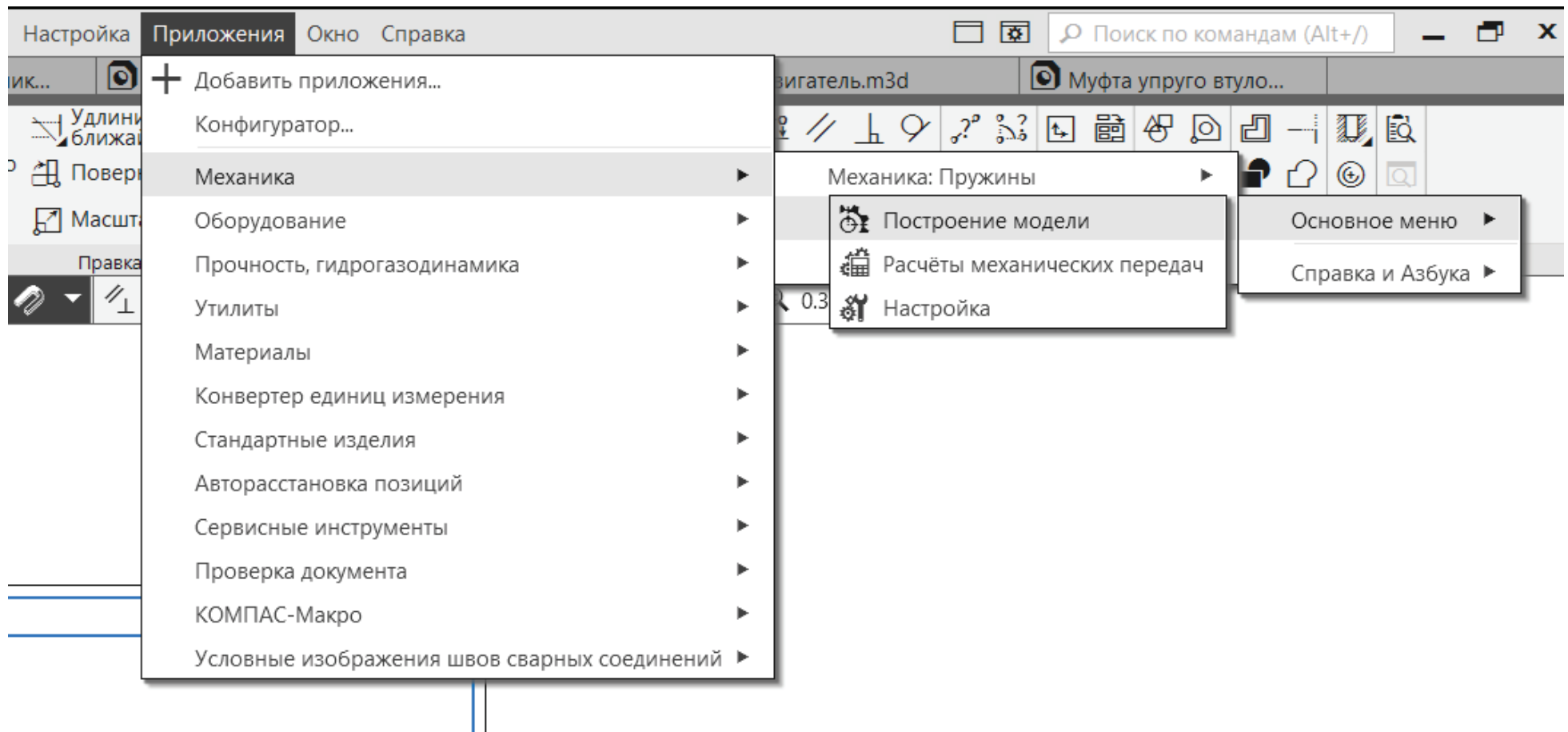


Рисунок 119 – Процесс вызова меню создания зубчатой муфты

Процесс моделирования зубчатой муфты начинается с создания чертежа. В открывшемся документе нужно перейти на вкладку «Приложение», найти раздел «Механика», выбрать пункт «Валы и механические передачи 2D», перейти к пункту «Основное меню» и выбрать «Построение модели» (рис. 119).

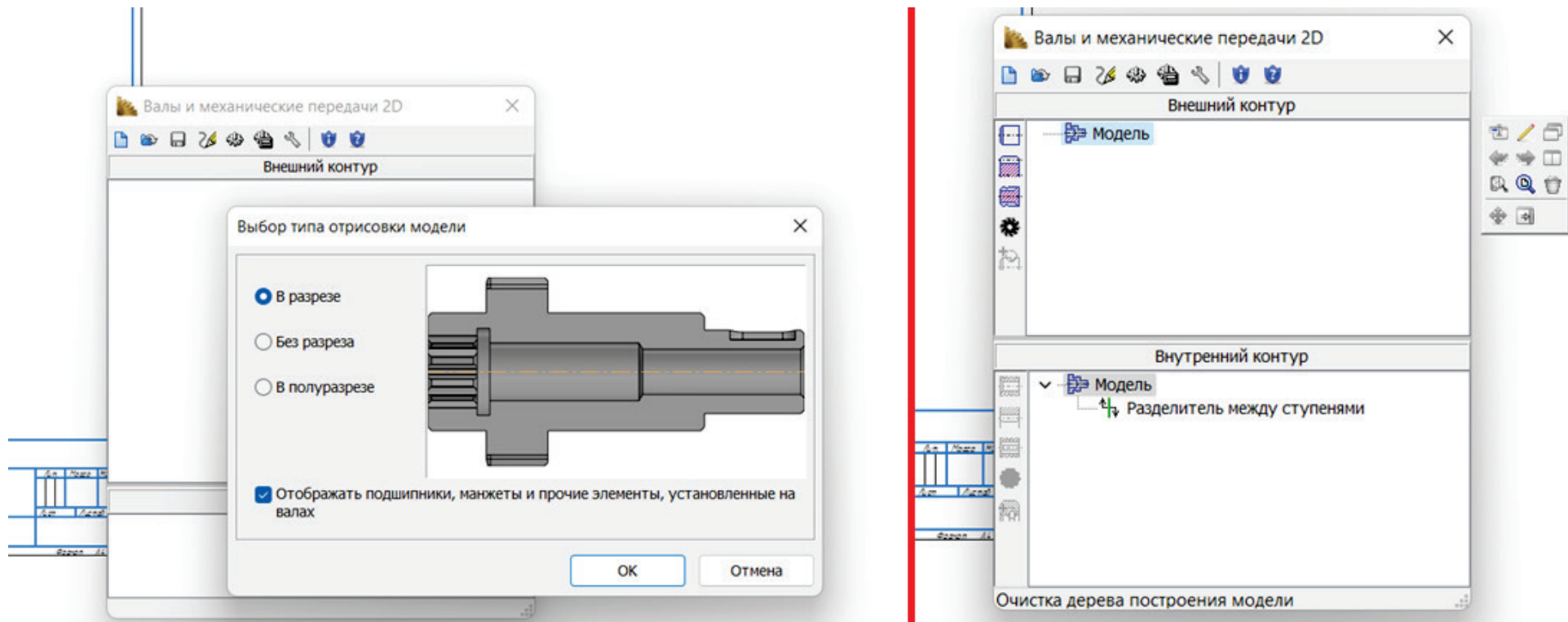


Рисунок 120 – Процесс моделирования зубчатой муфты

В открывшемся меню необходимо создать новую модель в разрезе, после этого предстоит указать произвольное место для создания чертежа. В выбранном месте чертежа откроется меню, как на рисунке. 120.

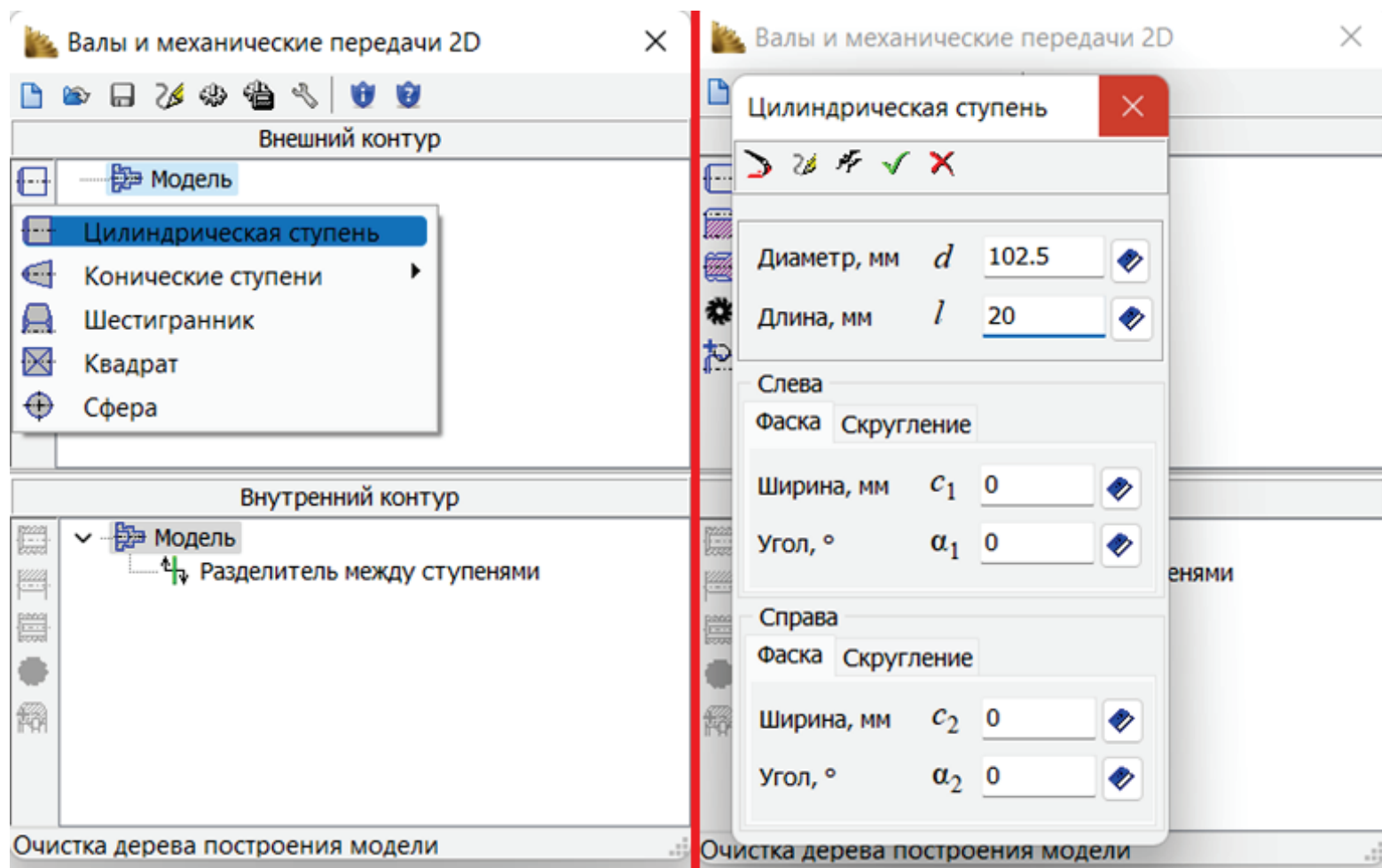


Рисунок 121 – Процесс моделирования зубчатой муфты, задание исходных параметров

В левом верхнем углу предстоит найти команду «Цилиндрическая ступень» и создать ее. Диаметр $D_2 + (D_1 - D_2)/2$ (мм) и длина $b \cdot 4/3$ (мм), значение длины округляется до целого числа. Все значения для расчета берутся из расчета зубчатой муфты [1]. Полученные значения вбиваются в соответствующие графы (рис. 121).

Задав исходные параметры, предстоит создать обойму зубчатой муфты и запустить геометрический расчет (рис. 122).

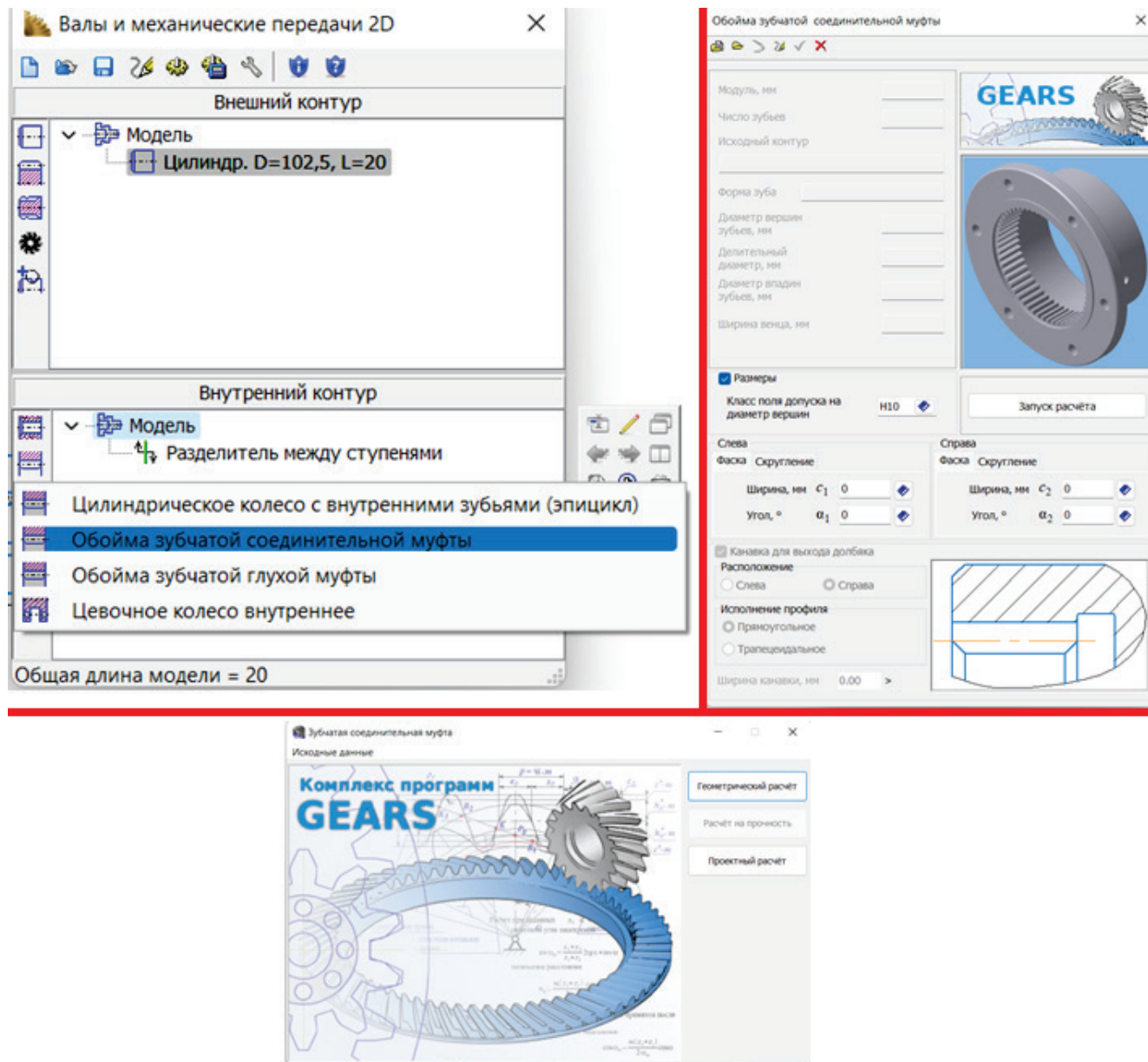


Рисунок 122 – Процесс моделирования зубчатой муфты, создание обоймы и запуск расчета

Геометрический расчёт

Страница 1 Страница 2 Предмет расчёта

Наименование и обозначение параметра		Втулка	Обойма
1. Число зубьев	z	38	
2. Модуль, мм	m_n	2.5	
b_1, b_2		15	+10 ≤ 20
14. Параметры зуборезного инструмента	Число зубьев	z_{02}	30
	Диаметр вершин, мм	d_{ao2}	82.25

Рисунок 123 – Процесс моделирования зубчатой муфты, ввод ключевых параметров

Геометрический расчёт

Страница 1 Страница 2 Предмет расчёта

Наименование и обозначение параметра		Втулка	Обойма
Расчётные значения диаметра вершин зубьев втулки и диаметра впадин обоймы, мм	d_{a1}, d_{f2}	100	100
Уточненные значения диаметра вершин зубьев втулки и диаметра впадин обоймы (со значениями предельных отклонений), мм	d'_{a1}, d'_{f2}	100	100
	es, ES	0	0.14
	ei, EI	-0.07	0.05
Закончить расчёты (для проверки радиального биения втулки и обоймы, мм)	D_{Fr1}, D_{Fr2}	4.98	3.579

Рисунок 124 – Процесс моделирования зубчатой муфты, результаты расчета

При запуске геометрического расчета открывается большое окно параметров, куда необходимо записать число зубьев, модуль и длину. Значения числа зубьев и модуля берутся из расчета зубчатой муфты, а значение длины вводится согласно отношениям $b_1=b$ (мм) и $b_2=b*4/3$. После задания параметров необходимо выбрать подходящий зуборезный инструмент (рис. 123). Остальные данные остаются без изменений, что позволяет запустить расчет, для этого необходимо нажать на соответствующую кнопку «Калькулятор» на второй странице. После того, как программа выдаст все необходимые параметры, расчет заканчивается нажатием соответствующей клавиши (рис. 124) и выполняется подтверждение завершения расчета нажатием на кнопку «ОК» (рис. 125).

Обойма зубчатой соединительной муфты

Модуль, мм m_n 2.5

Число зубьев z 38

Исходный контур
ГОСТ 13755-2015

Форма зуба прямая

Диаметр вершин зубьев, мм d_a 91

Делительный диаметр, мм d 95

Диаметр впадин зубьев, мм d_f 100

Ширина венца, мм b 20

☒ Размеры

Класс поля допуска на диаметр вершин H10

Запуск расчёта

Слева
Фаска Скругление

Ширина, мм c_1 0

Угол, ° α_1 0

Справа
Фаска Скругление

Ширина, мм c_2 0

Угол, ° α_2 0

☒ Канавка для выхода долбяка

Расположение
☐ Слева ☒ Справа

Исполнение профиля
☒ Прямоугольное
☐ Трапецидальное

Ширина канавки, мм 6 ≥ 6 мм

GEARS

Рисунок 125 – Завершение расчета создания зубчатой муфты

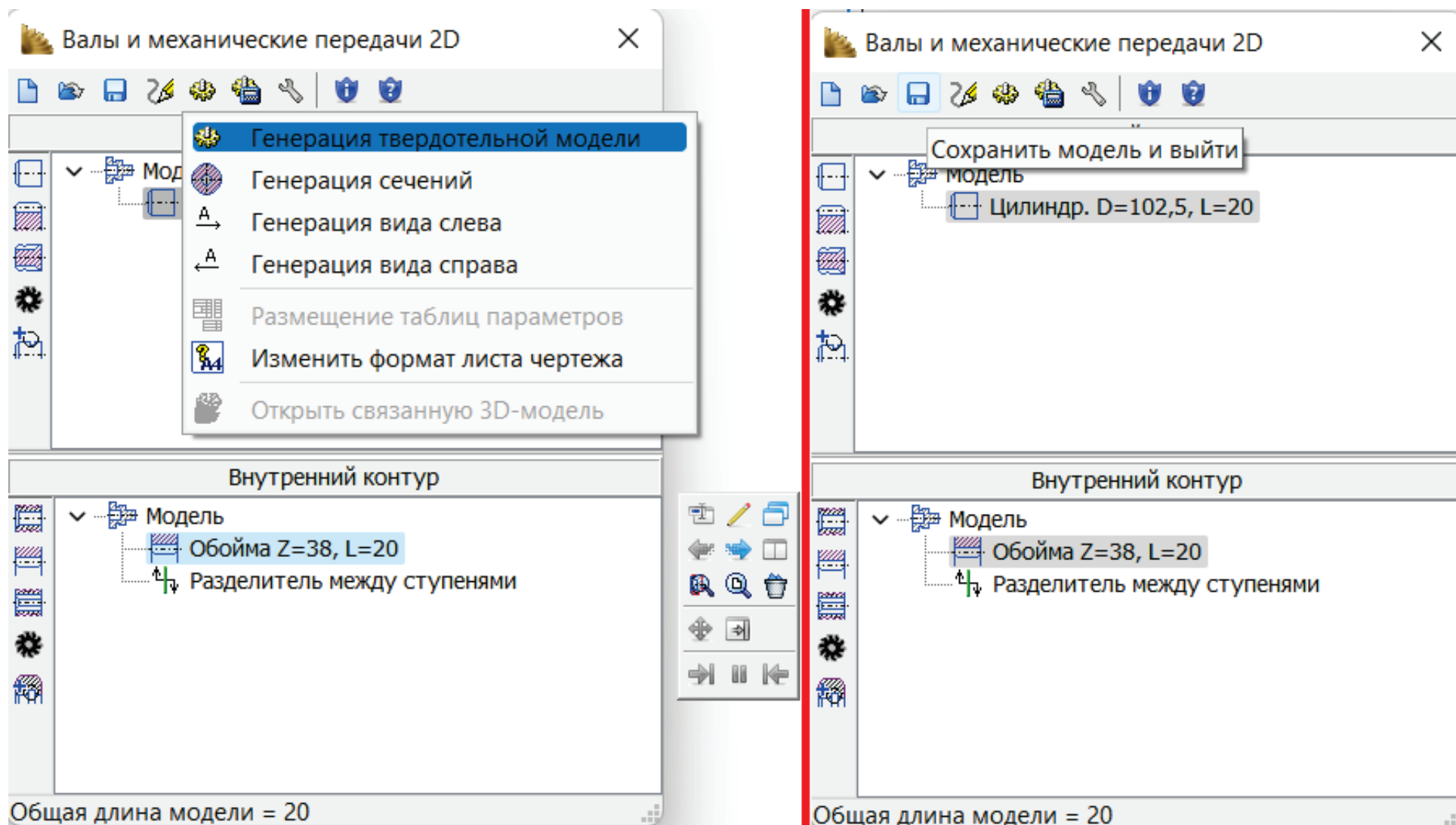


Рисунок 126 – Генерация твердотельной модели и сохранение результата

Завершив расчет, необходимо выполнить генерацию твердотельной модели и сохранить полученный результат, как показано на рисунке 126.

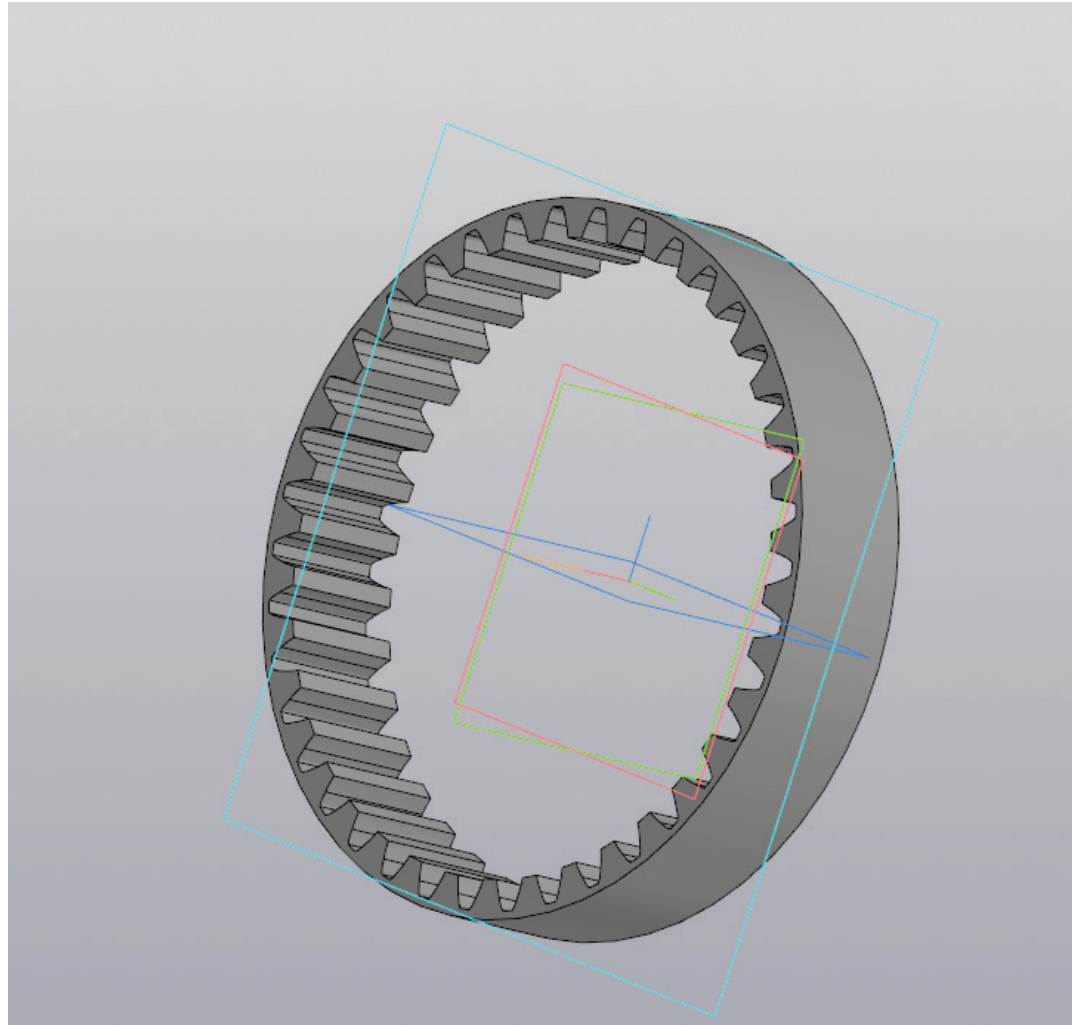


Рисунок 127 – Трехмерная модель промежуточной обоймы

К образованной модели необходимо применить функцию «Сохранить как» и для удобства назвать «Промежуточная обойма». При сохранении нужно учитывать необходимость наличия двух файлов, первый из которых будет являться исходной моделью промежуточной обоймы, а в другой можно производить сохранения, это нужно для того, чтобы иметь резервную копию исходного объекта (рис. 127).

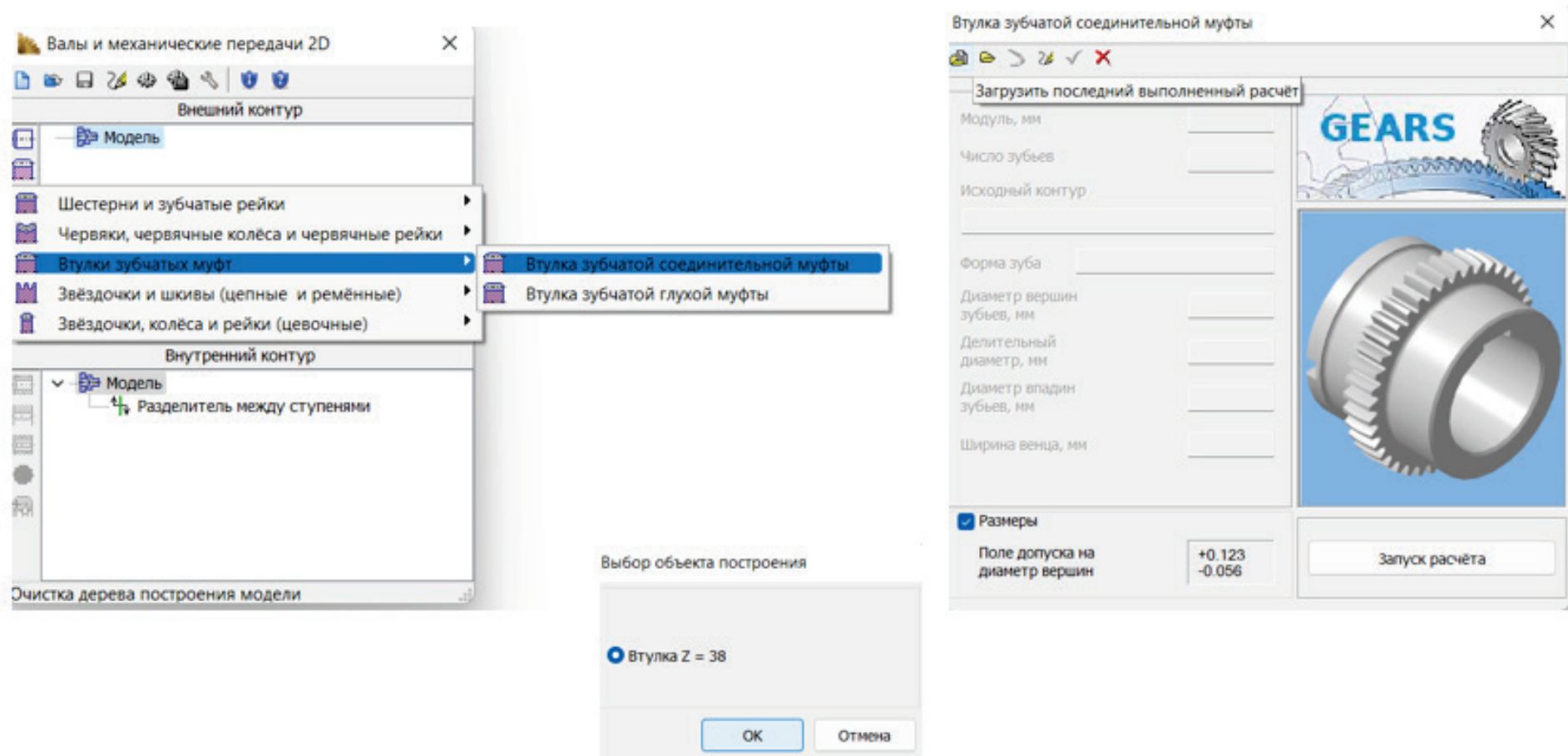


Рисунок 128 – Процесс создания зубчатой втулки

Для создания зубчатой втулки необходимо вновь создать новый чертеж и проделать те же операции, что для промежуточной обоймы, (рис. 119-120). После чего предстоит создать соединительную втулку зубчатой муфты, куда загружается последний выполненный расчет (рис. 128).

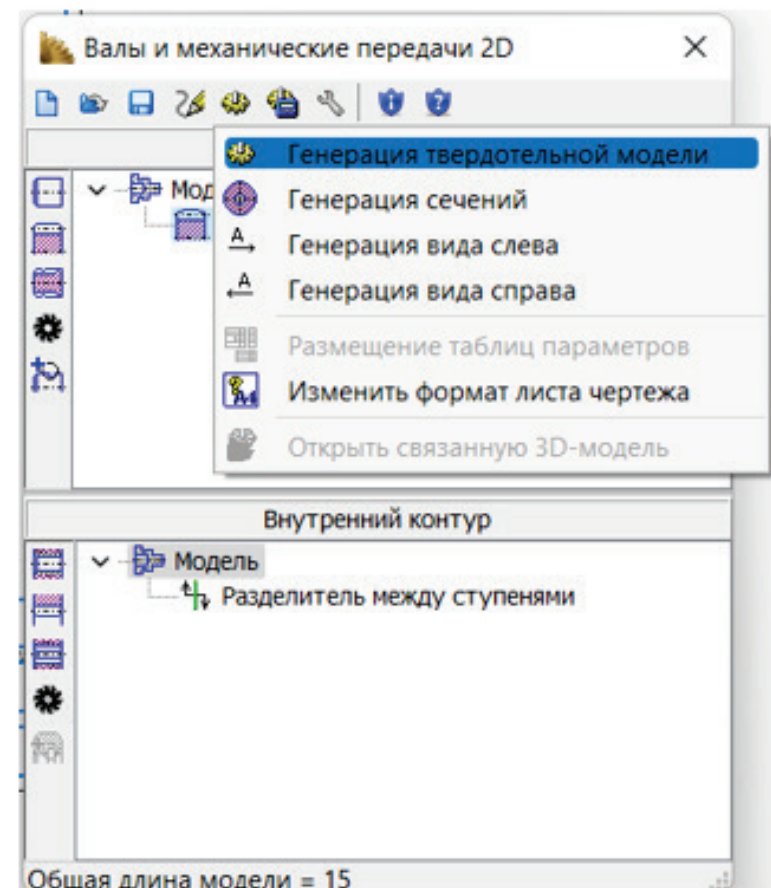
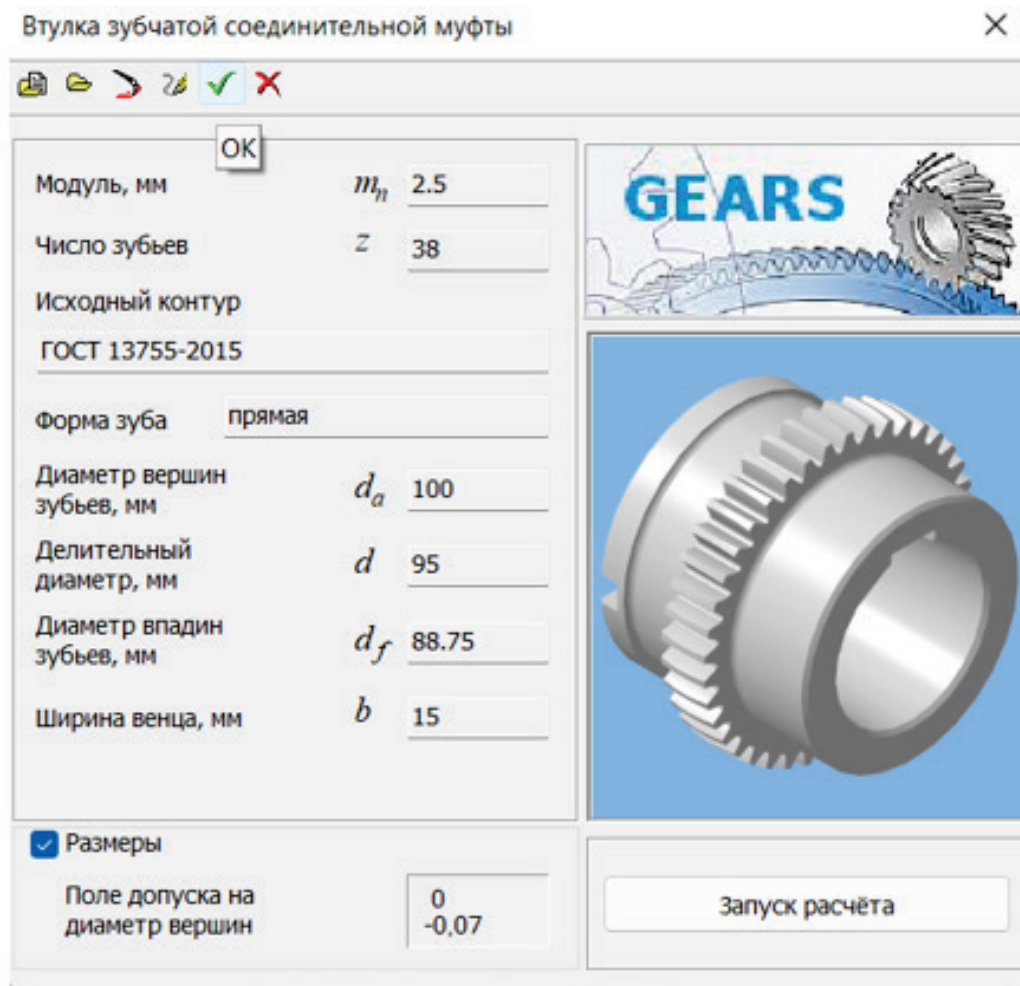


Рисунок 129 – Генерация твердотельной модели

После нажатия клавиши «ОК» выполняется генерация твердотельной модели (рис. 129).

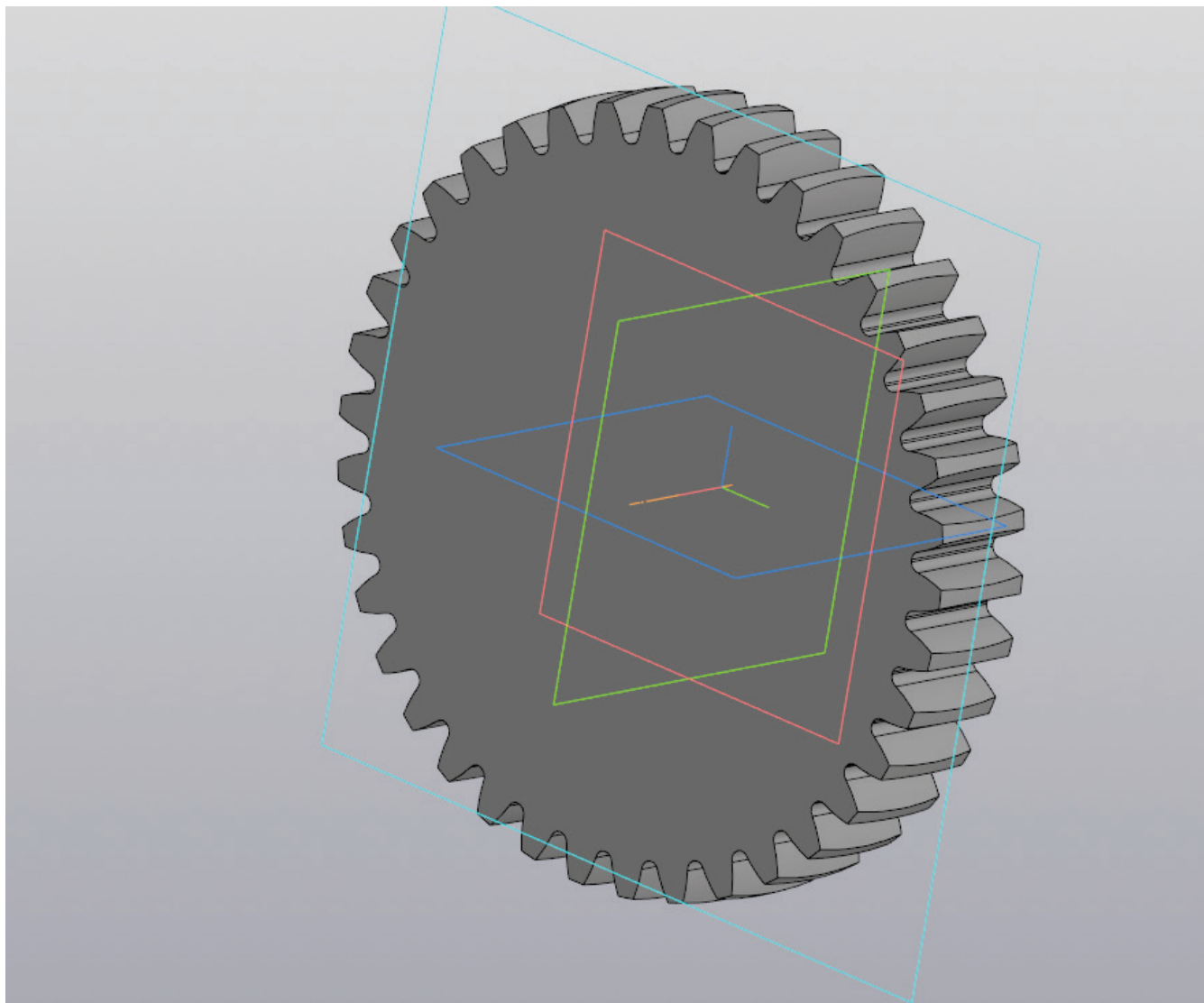


Рисунок 130 – Промежуточная втулка

Для удобства к трехмерной модели промежуточной втулки также стоит применить команду «Сохранить как» и создать дубликат.

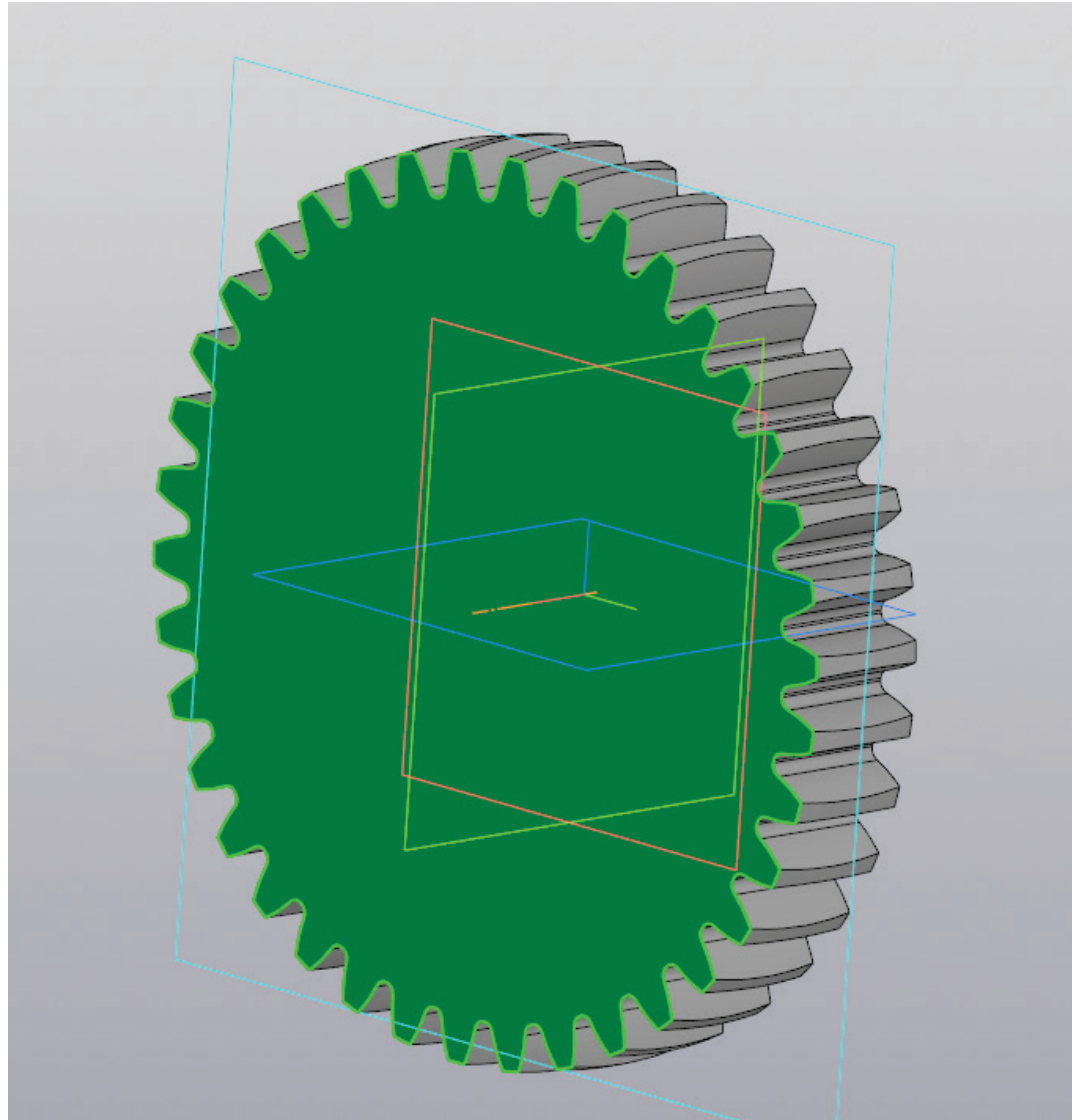


Рисунок 131 – Создание эскиза на плоскости

Выбрав для работы резервную копию и одну из граней втулки, на ней необходимо создать эскиз (рис. 131).

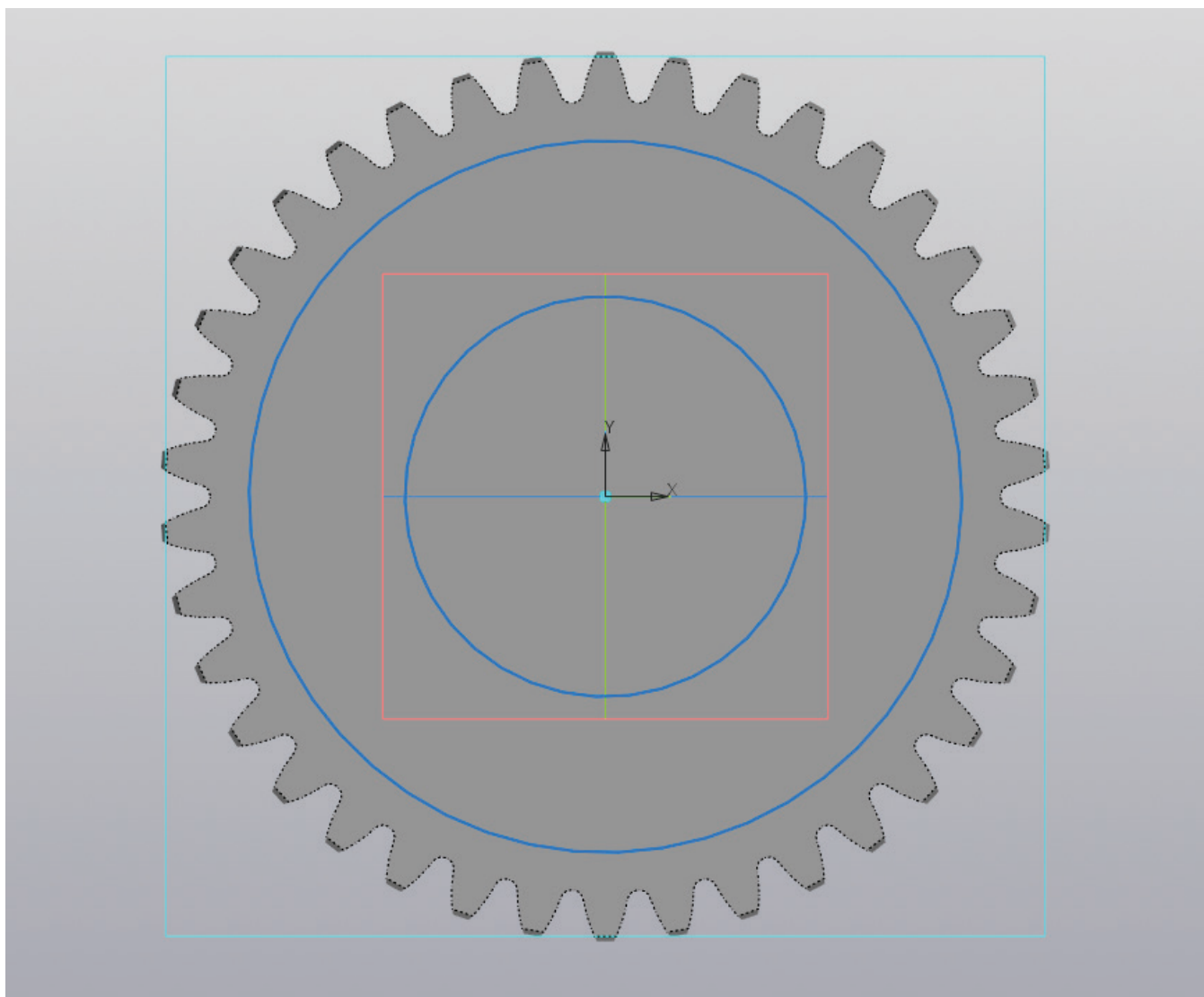


Рисунок 132 – Работа с эскизом, окружности

Из центра втулки создаются две окружности диаметрами d_1 (мм) и D_2 (мм), значение диаметра d_1 берется из размеров промежуточного вала, а D_2 – из размеров зубчатой муфты (рис. 132).

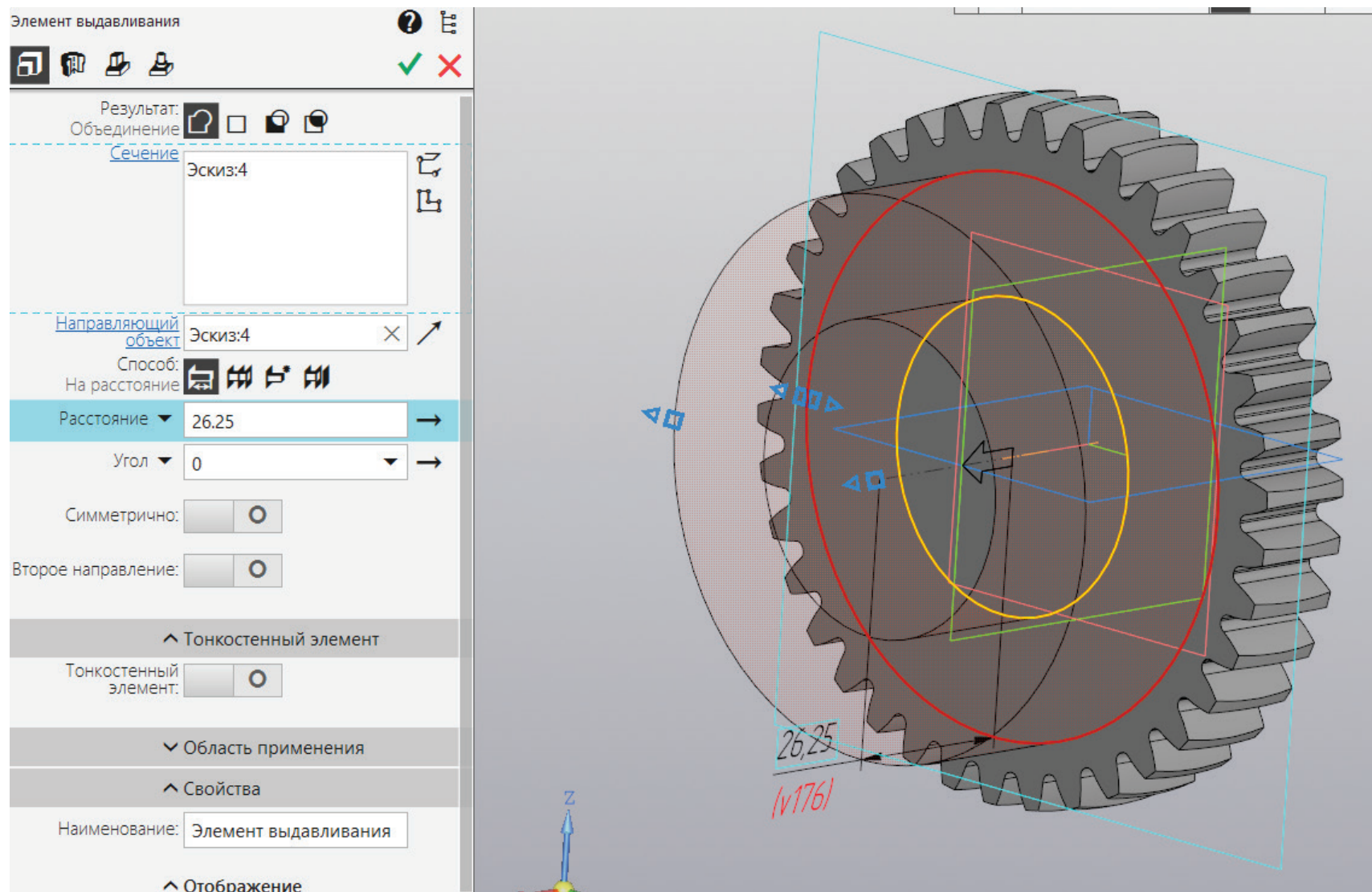


Рисунок 133 – Создание объема по эскизу

К образованному эскизу применяется операция «Элемент выдавливания» на расстояние $(L_1 - b)/2$ мм (L_1 берем из размеров промежуточного вала, а b из размеров зубчатой муфты) (рис. 133).

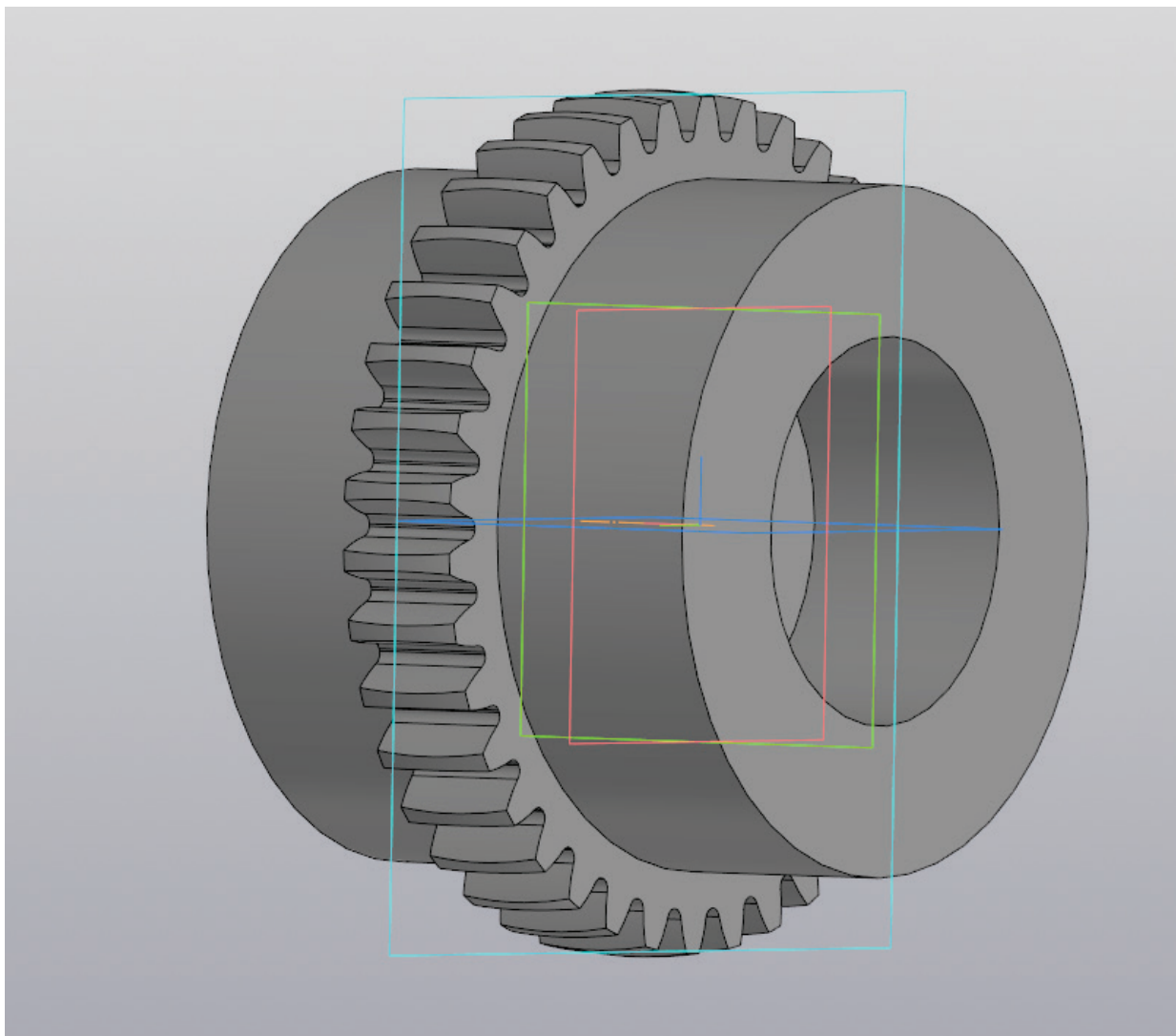


Рисунок 134 – Результат повторения операции выдавливания с другой стороны муфты

В противоположной грани муфты необходимо применить подобные операции для получения идентичного результата (рис. 134). Также можно воспользоваться зеркальным массивом.

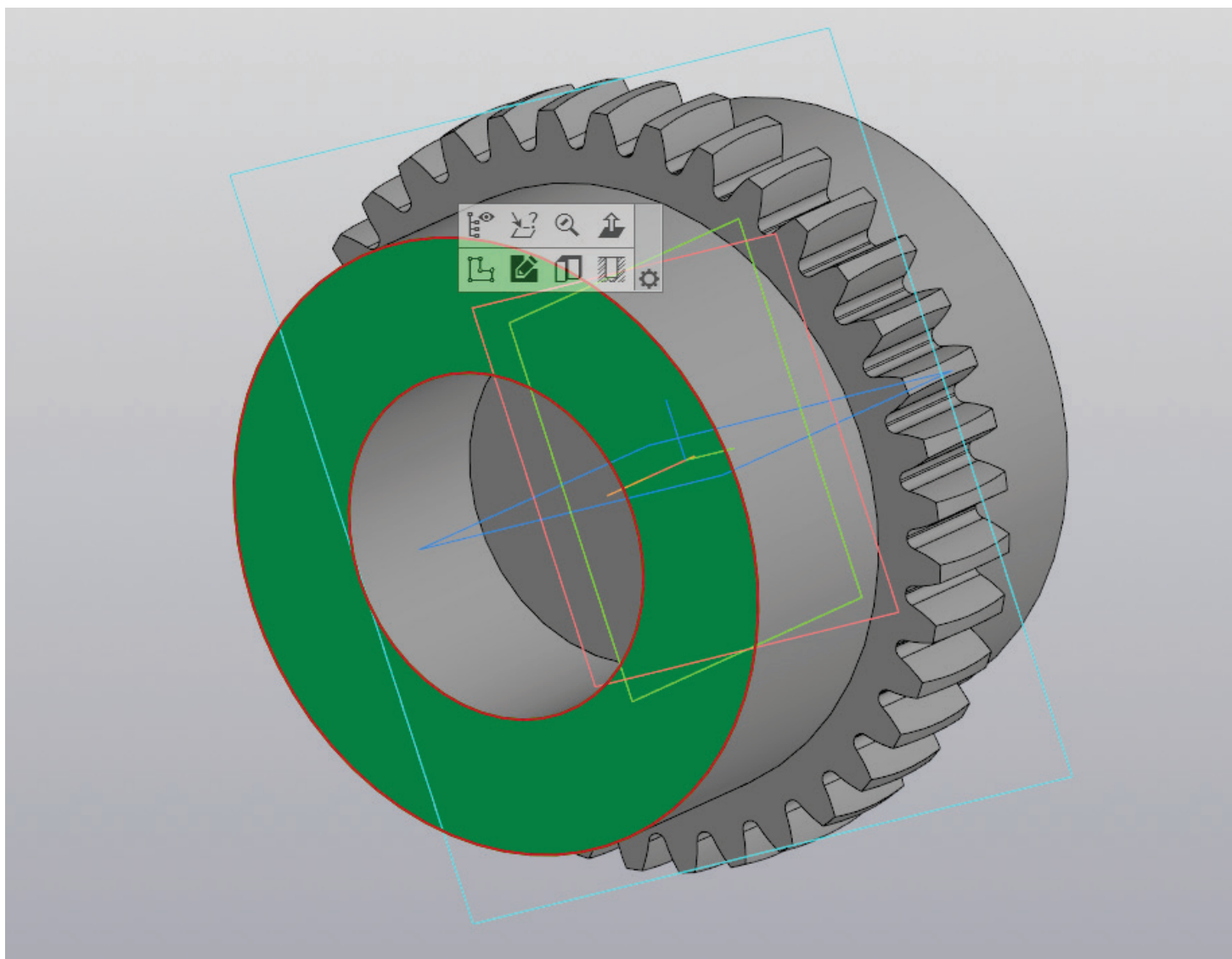


Рисунок 135 – Создание эскиза на плоскости

На одной из плоскостей необходимо создать эскиз (рис. 135).

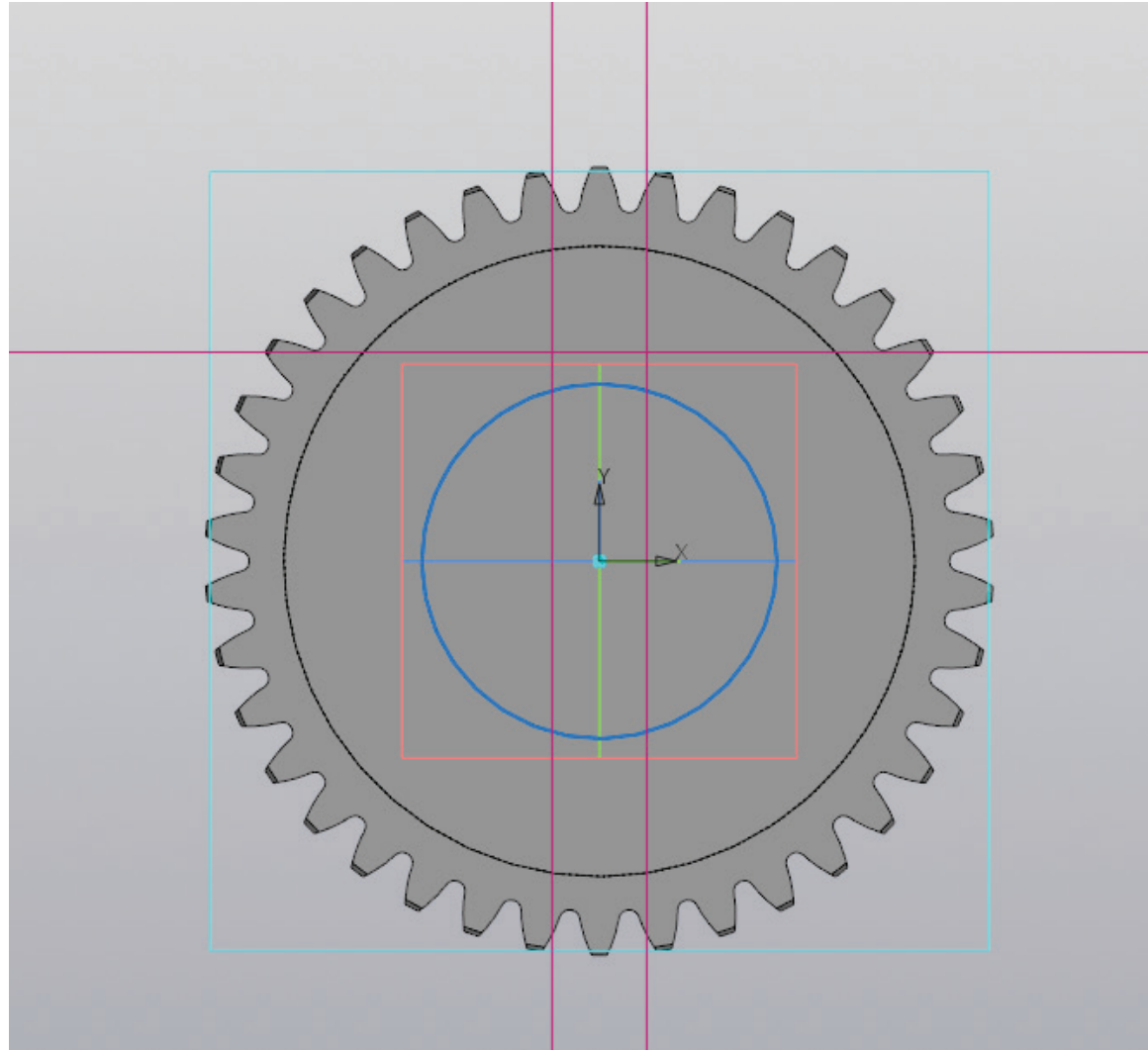


Рисунок 136 – Работа с эскизом, создание окружности и вспомогательных прямых

В новом эскизе из центра муфты выполняется построение окружности диаметром d_1 мм, вертикальной прямой по обе стороны от центра на расстояние $b/2$ (мм) и горизонтальной прямой вверх на расстояние $(d_1+b)/2$ (мм). Где d_1 относится к размерам промежуточного вала, а b к размерам меньшей шпонки промежуточного вала.

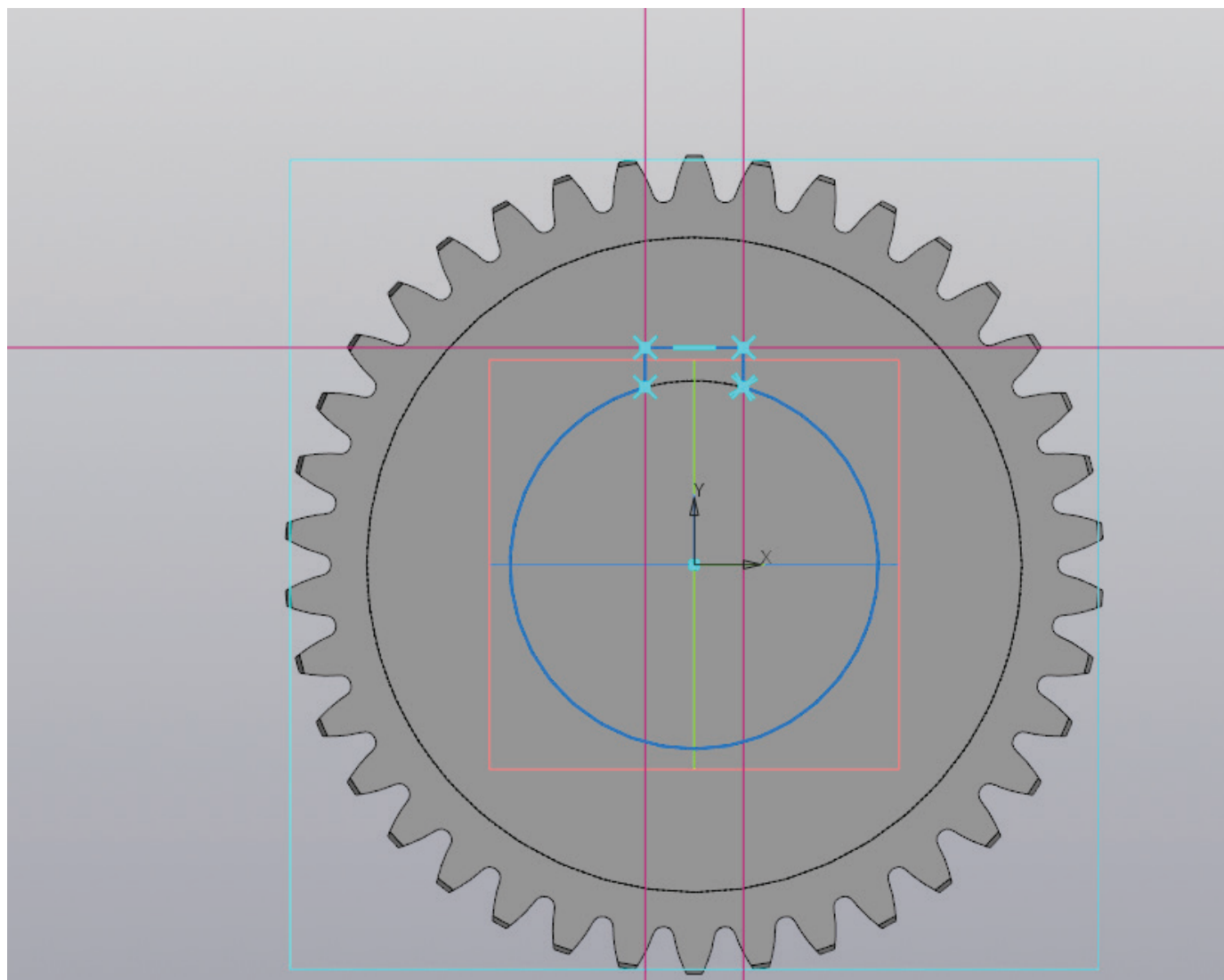


Рисунок 137 – Работа с эскизом, создание контура отверстия

С помощью инструментов редактирования и создания необходимо создать контур для отверстия со шпоночным пазом (рис. 137).

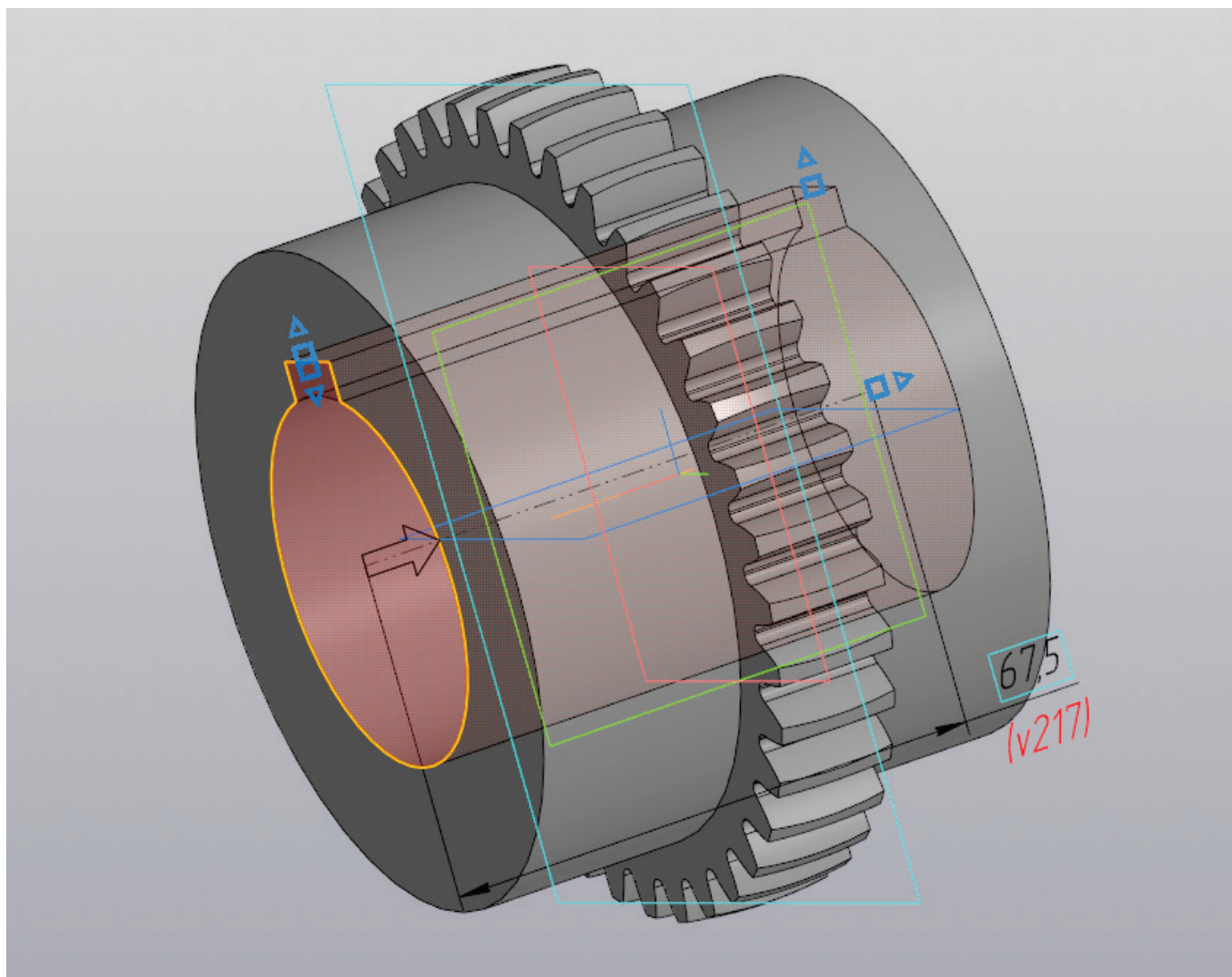


Рисунок 138 – Создание отверстия по эскизу

К полученному эскизу необходимо применить операцию «Вырезать выдавливанием» до последней поверхности объекта (рис. 138). После чего файл сохраняется как «Втулка промежуточного вала».

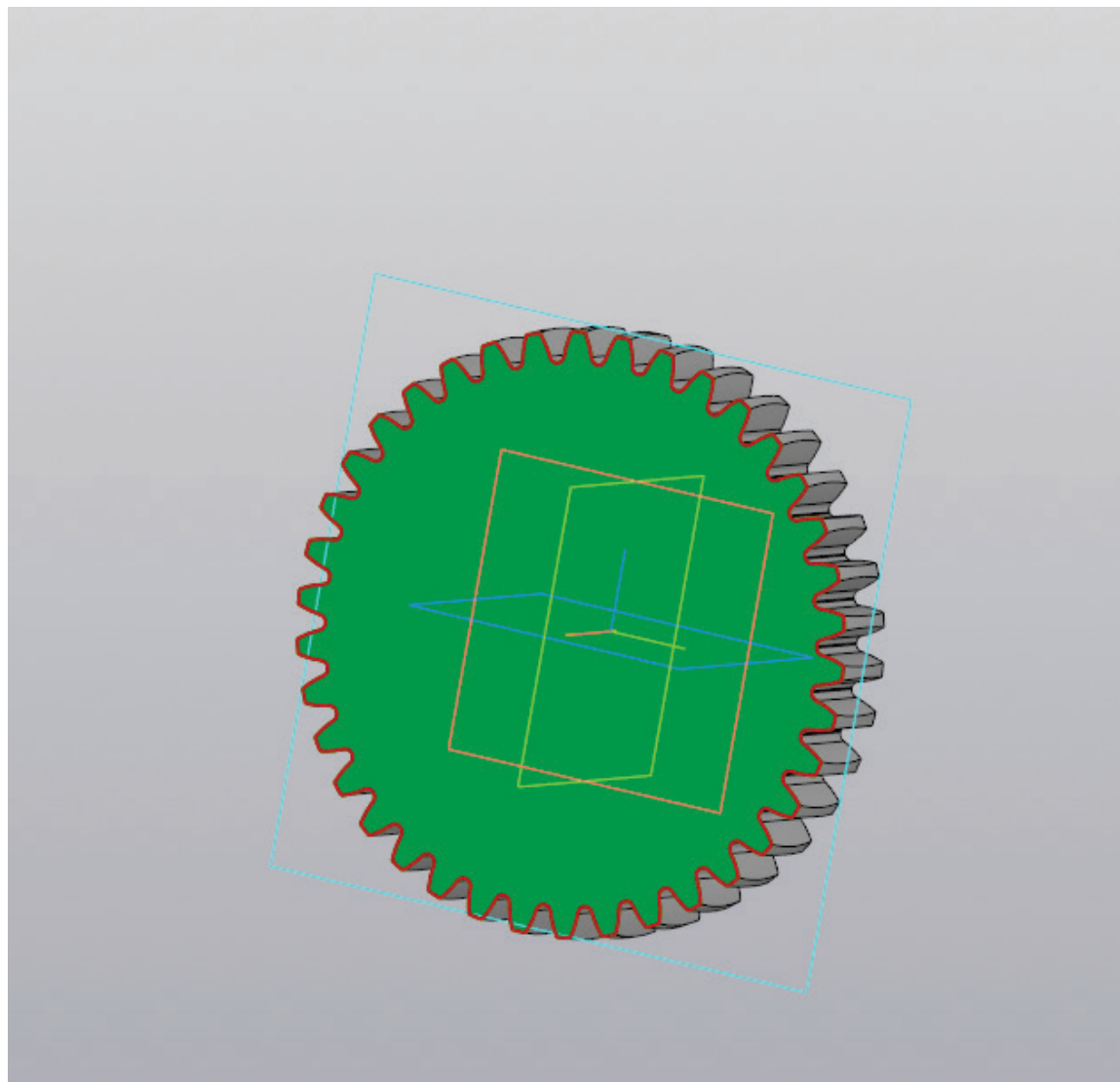


Рисунок 139 – Создание эскиза на плоскости

Завершив сохранение снова, необходимо открыть дубликат исходного файла и создать эскиз на плоскости, как показано на рисунке 139.

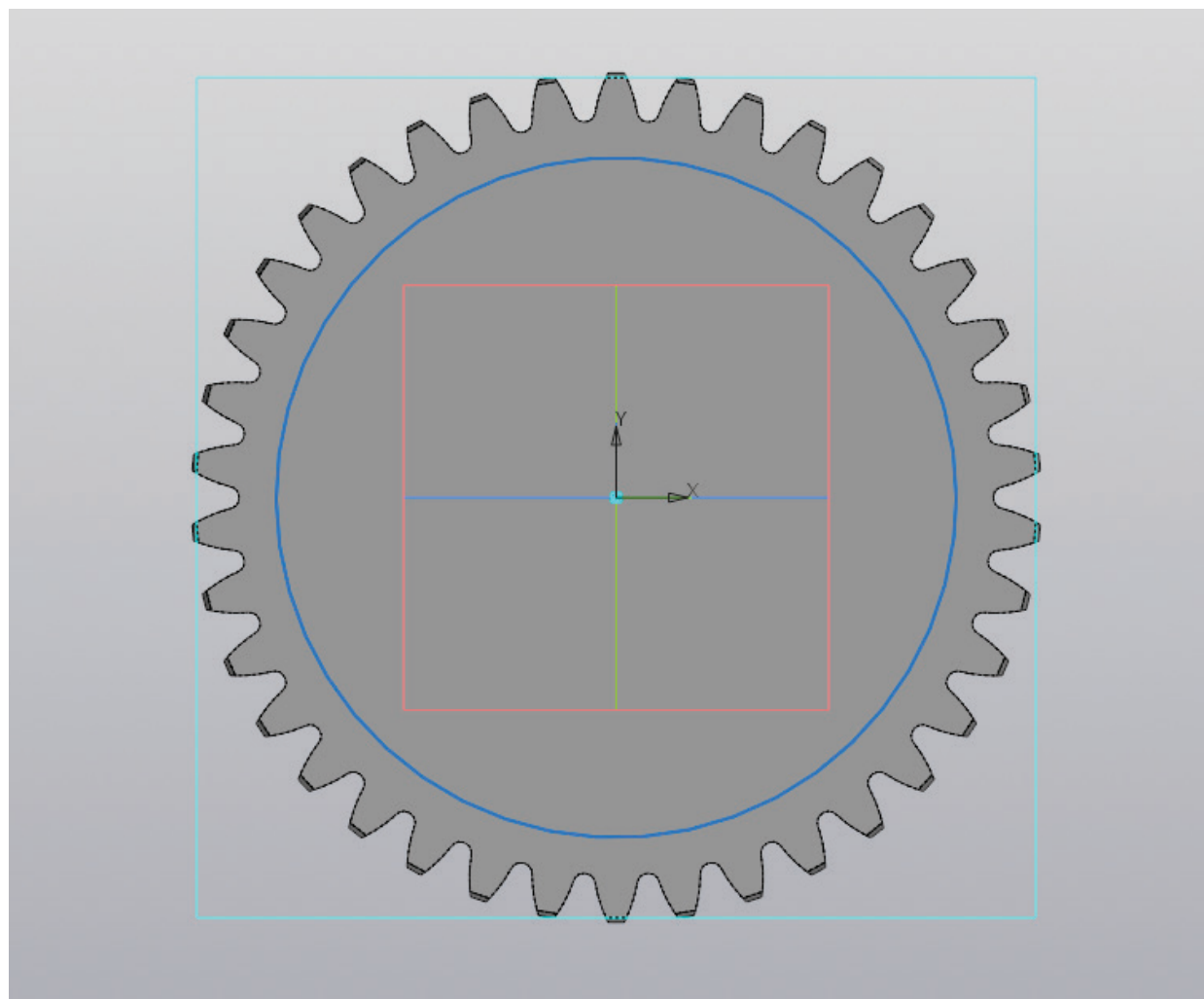


Рисунок 140 – Работа с эскизом, создание окружности

Из центра промежуточной втулки создается окружность диаметром D_2 (мм) (рис. 140). Затем данный эскиз необходимо выдавить на расстояние $(l_3 - b)/2$ (мм). D_2 и b относятся к размерам зубчатой муфты, а l_3 относится к размерам одноступенчатого редуктора. Операцию выдавливания необходимо произвести с двух сторон, либо применив зеркальный массив. Результат операции представлен на рисунке 141.

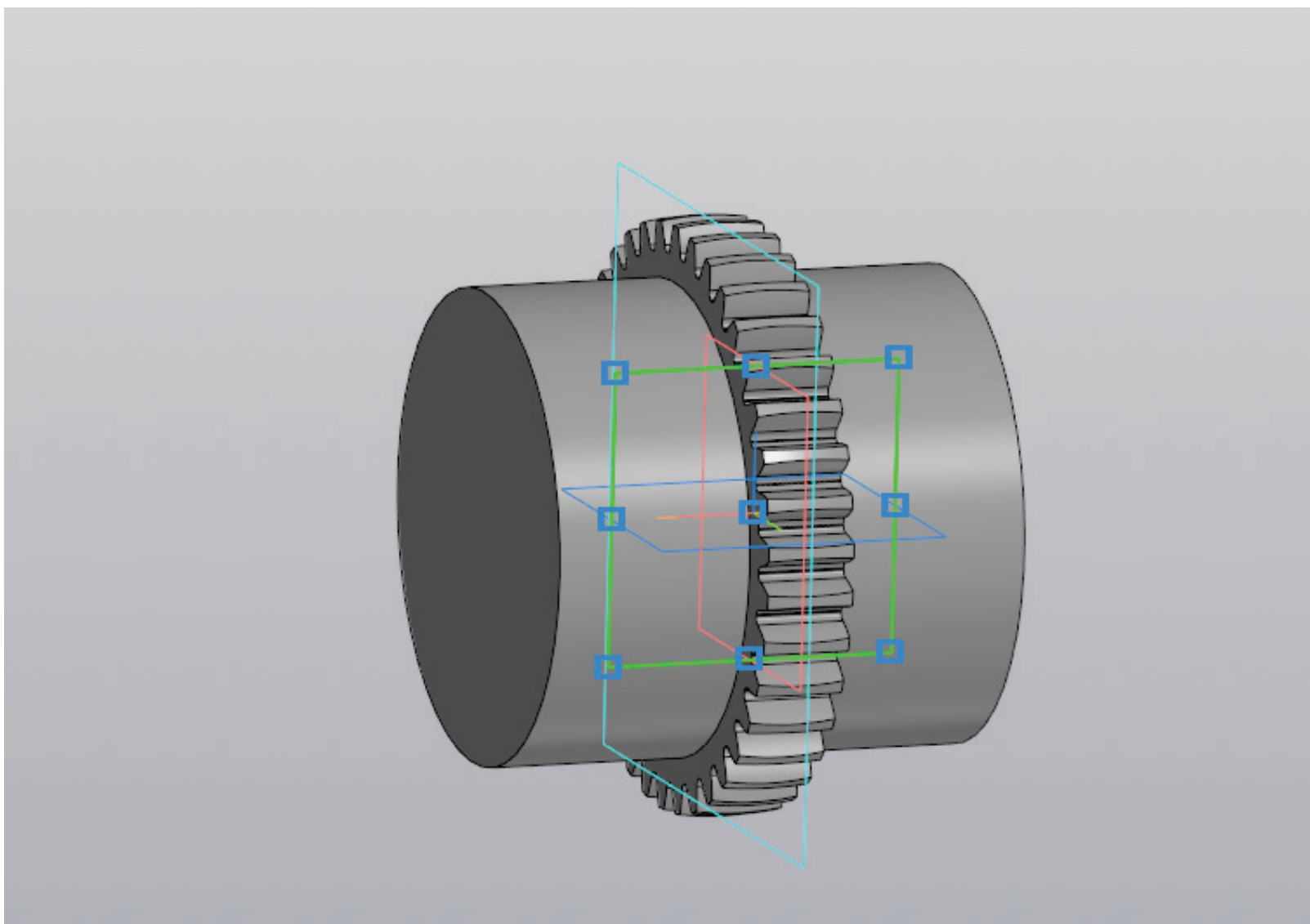


Рисунок 141 – Результат выдавливания эскиза с двух сторон

Завершив моделирование, предстоит выбрать центральную плоскость XY и создать на ней новый эскиз (рис. 141).

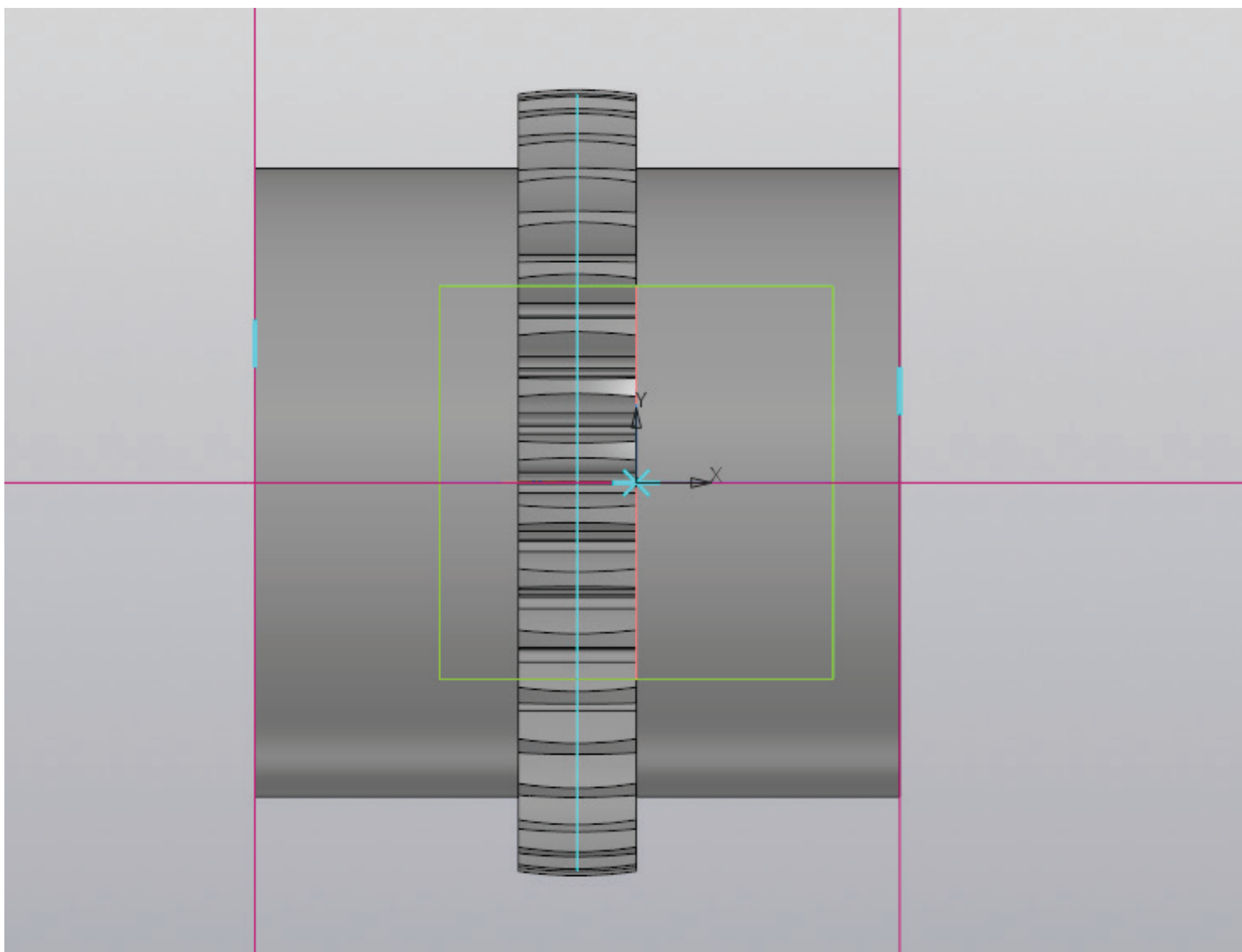


Рисунок 142 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

На созданном эскизе необходимо построить горизонтальную прямую, проходящую через начало координат и две вертикальных прямых, повторяющих контур муфты (рис. 142).

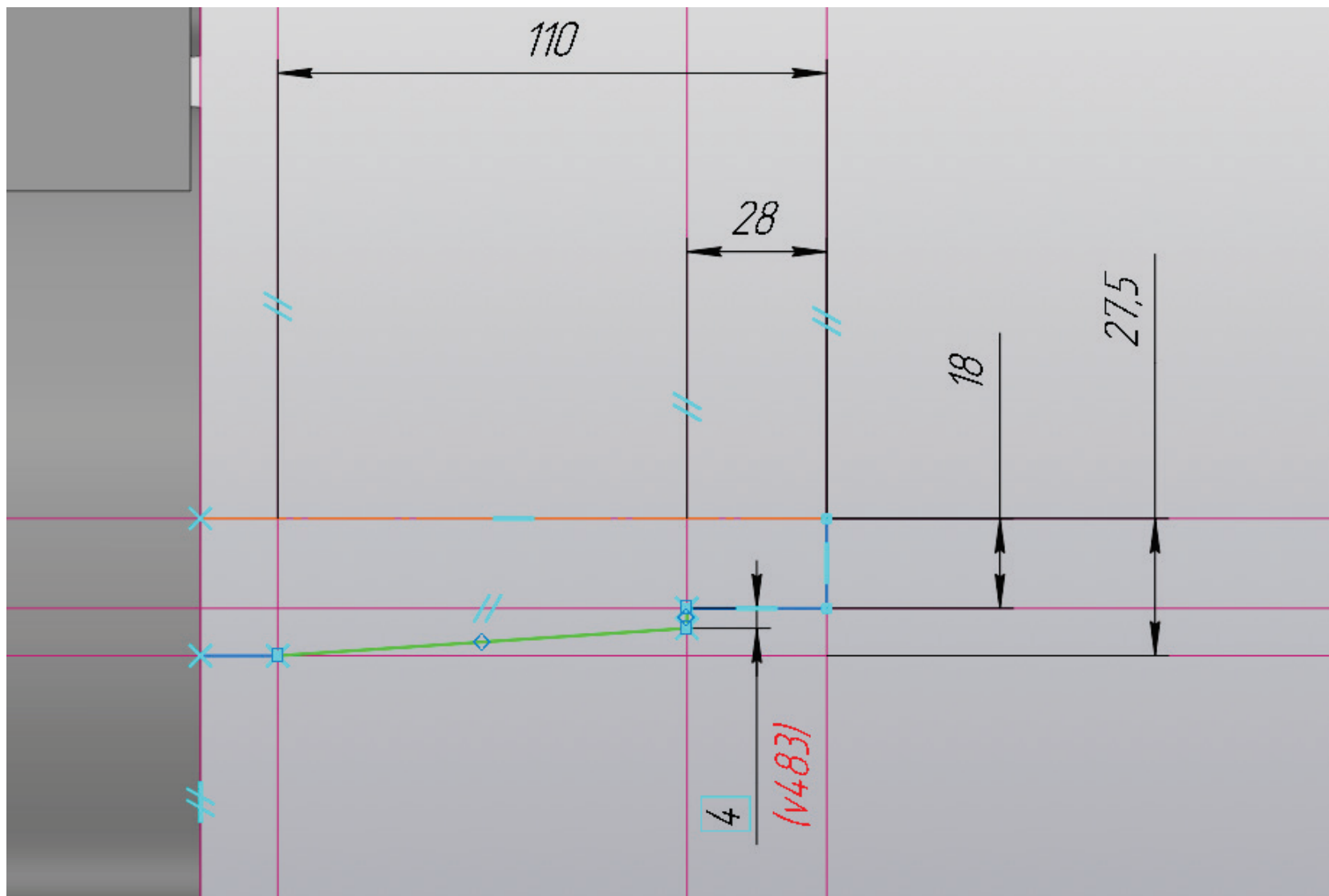


Рисунок 143 – Работа с эскизом, копирование вала редуктора

Прежде чем продолжить моделирование муфты, необходимо открыть эскиз большего вала редуктора и скопировать его за точку, как показано на рисунке 143.

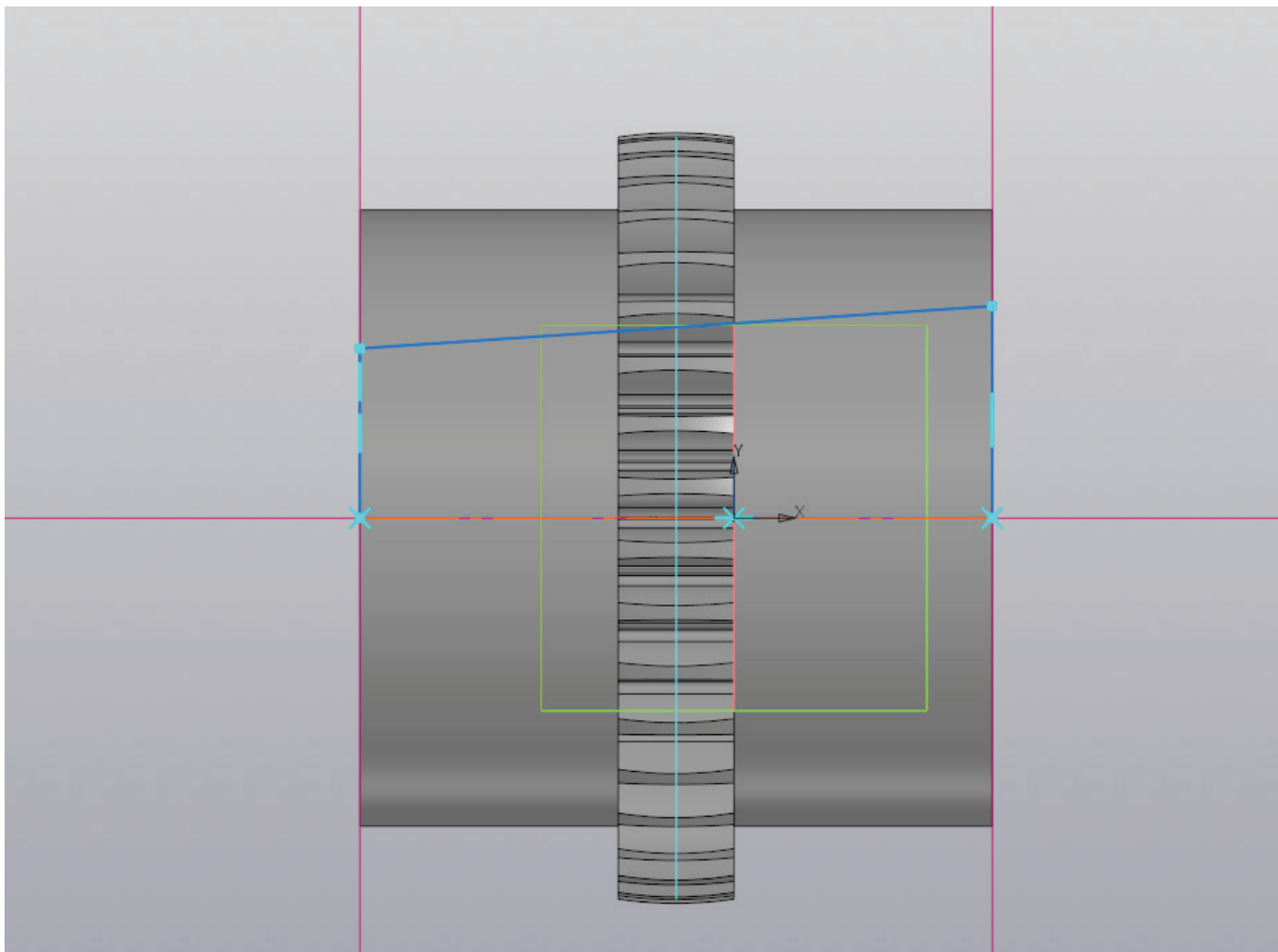


Рисунок 144 – Работа с эскизом, вставка контура вала редуктора

Необходимо вставить скопированную часть эскиза в эскиз втулки и соединить отрезками, как показано на рисунке 144. Важно на центральной прямой создать осевую линии, это необходимо для дальнейшего вращения эскиза по оси.

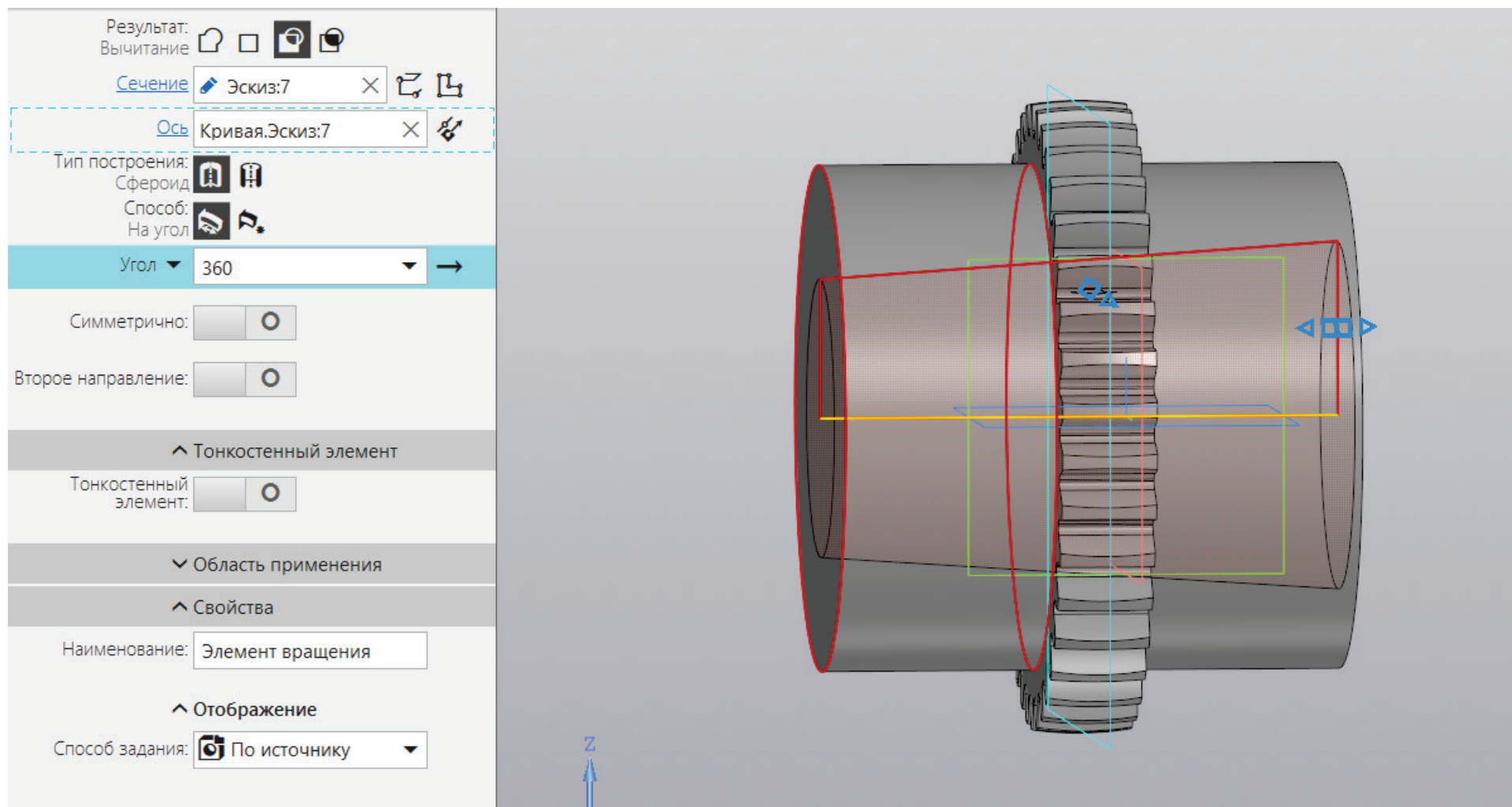


Рисунок 145 – Создание отверстия для участка вала

К полученному эскизу применяется операция «Вырезать вращением» (рис. 145).

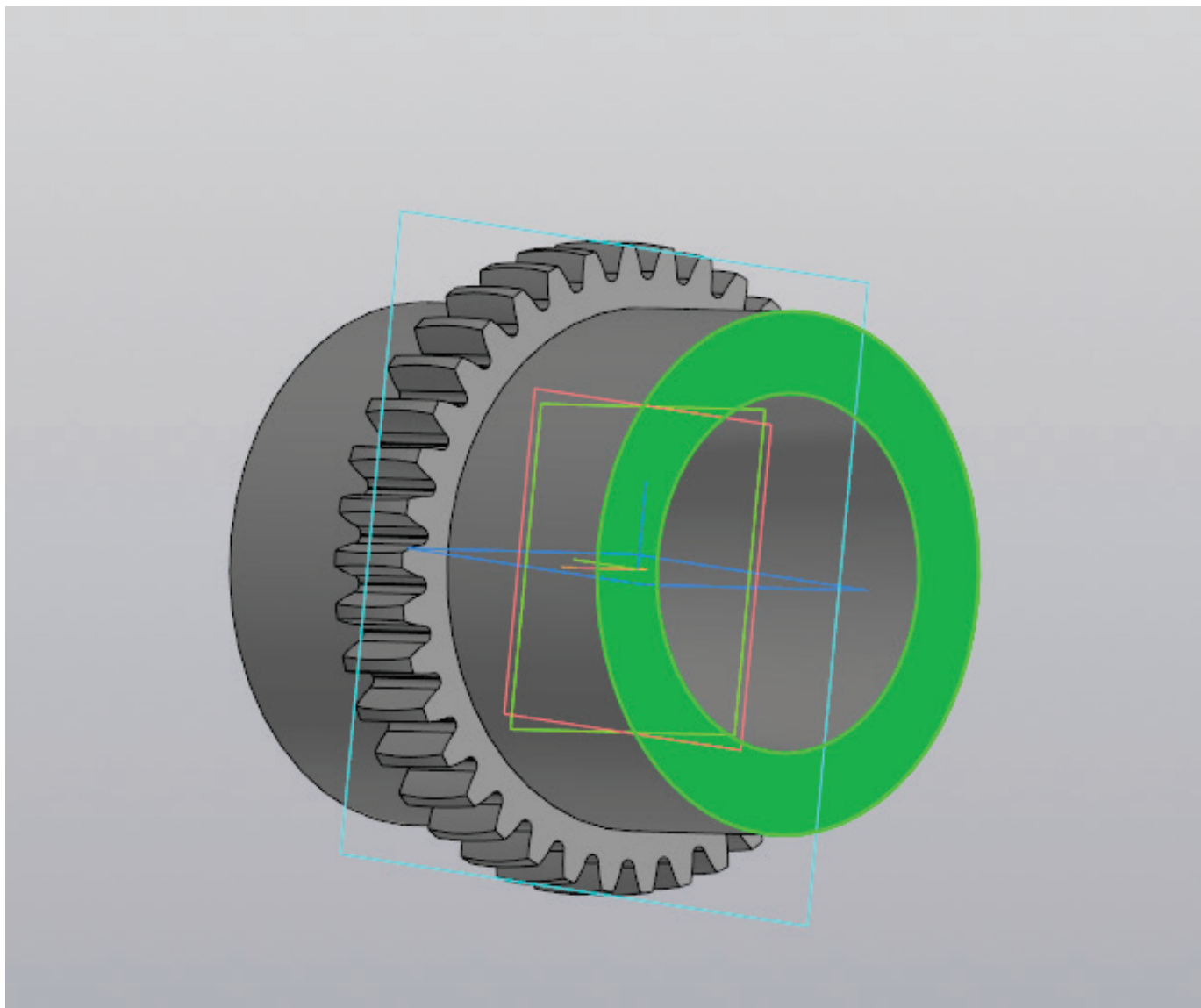


Рисунок 146 – Создание эскиза на плоскости

Необходимо создать эскиз на плоскости с большим диаметром отверстия (рис. 146).

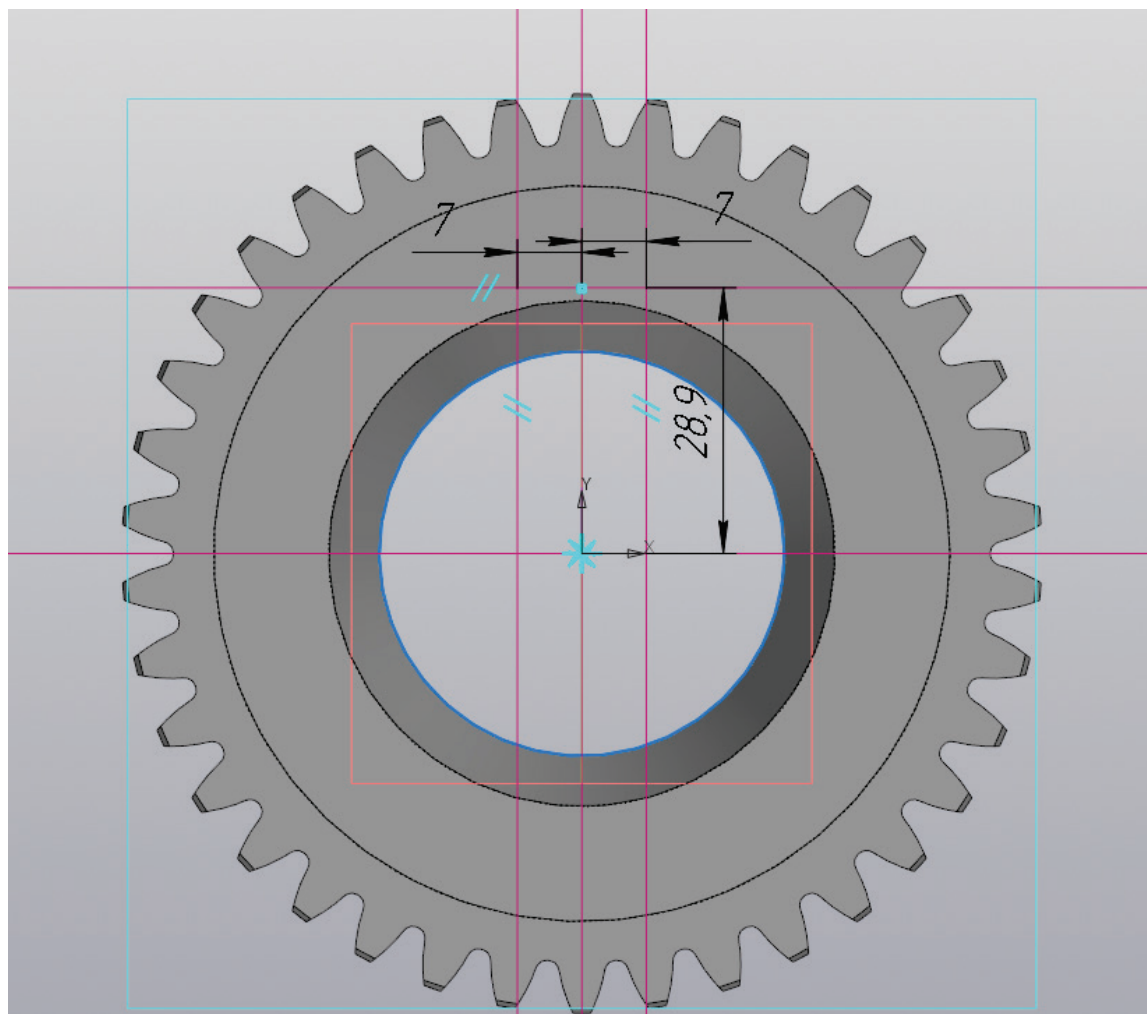


Рисунок 147 – Работа с эскизом, вспомогательные плоскости и окружность

В образованном эскизе из центра необходимо построить окружность, совпадающую с внутренним контуром, после этого провести вертикальную и горизонтальную прямые в центре детали. От горизонтальной прямой необходимо построить параллельную прямую на расстоянии t_1 (мм). От вертикальной прямой необходимо отложить параллельные прямые по обе стороны на расстоянии, равном $b_1/2$ (мм). Значения t_1 и b_1 относятся к значениям редуктора (рис. 147).

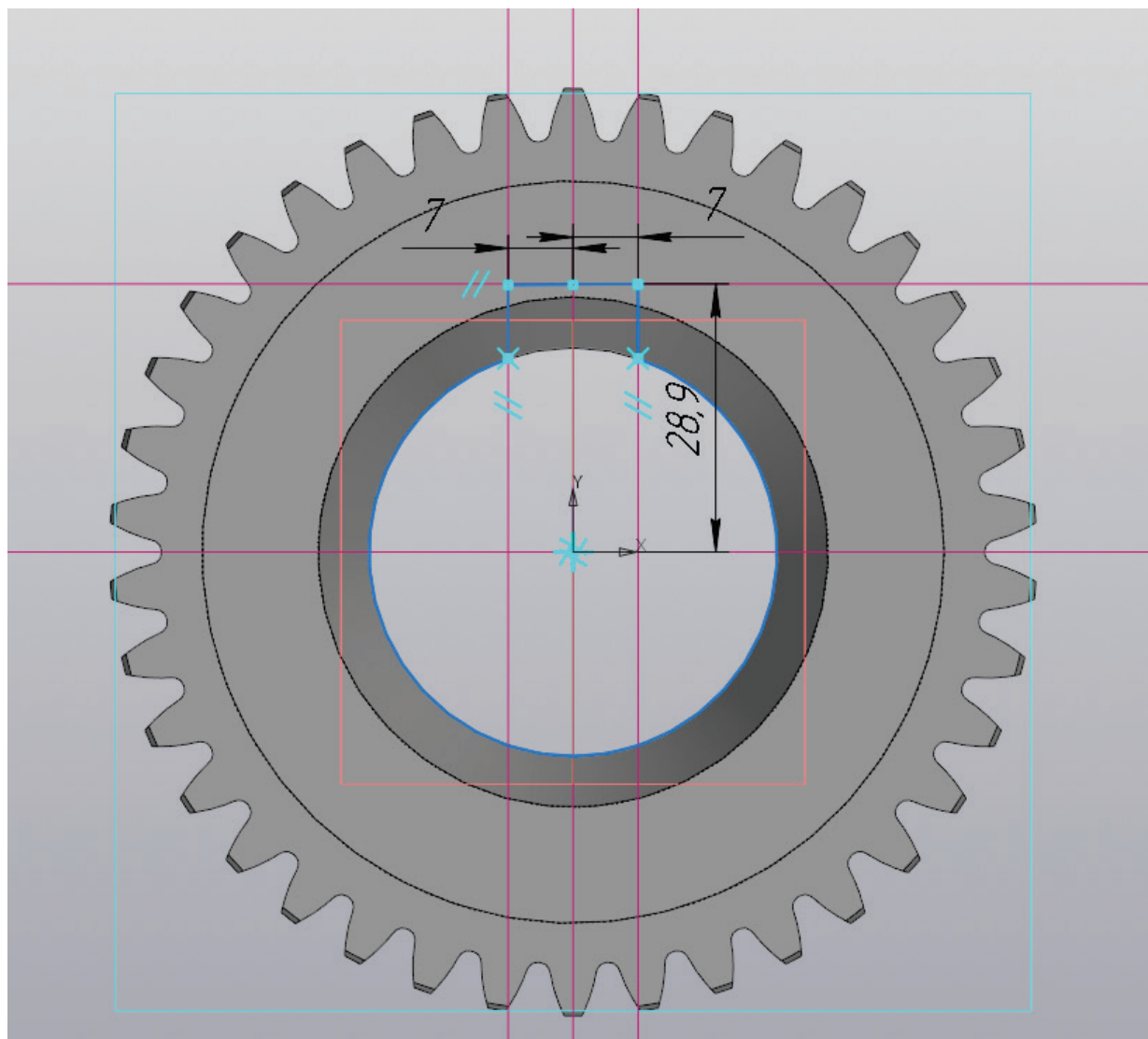


Рисунок 148 – Работа с эскизом, создание контура отверстия со шпоночным пазом под редуктор

Необходимо создать контур отверстия со шпоночным пазом под редуктор (рис. 148) и вырезать его на расстояние до ближайшей поверхности 13 (мм).

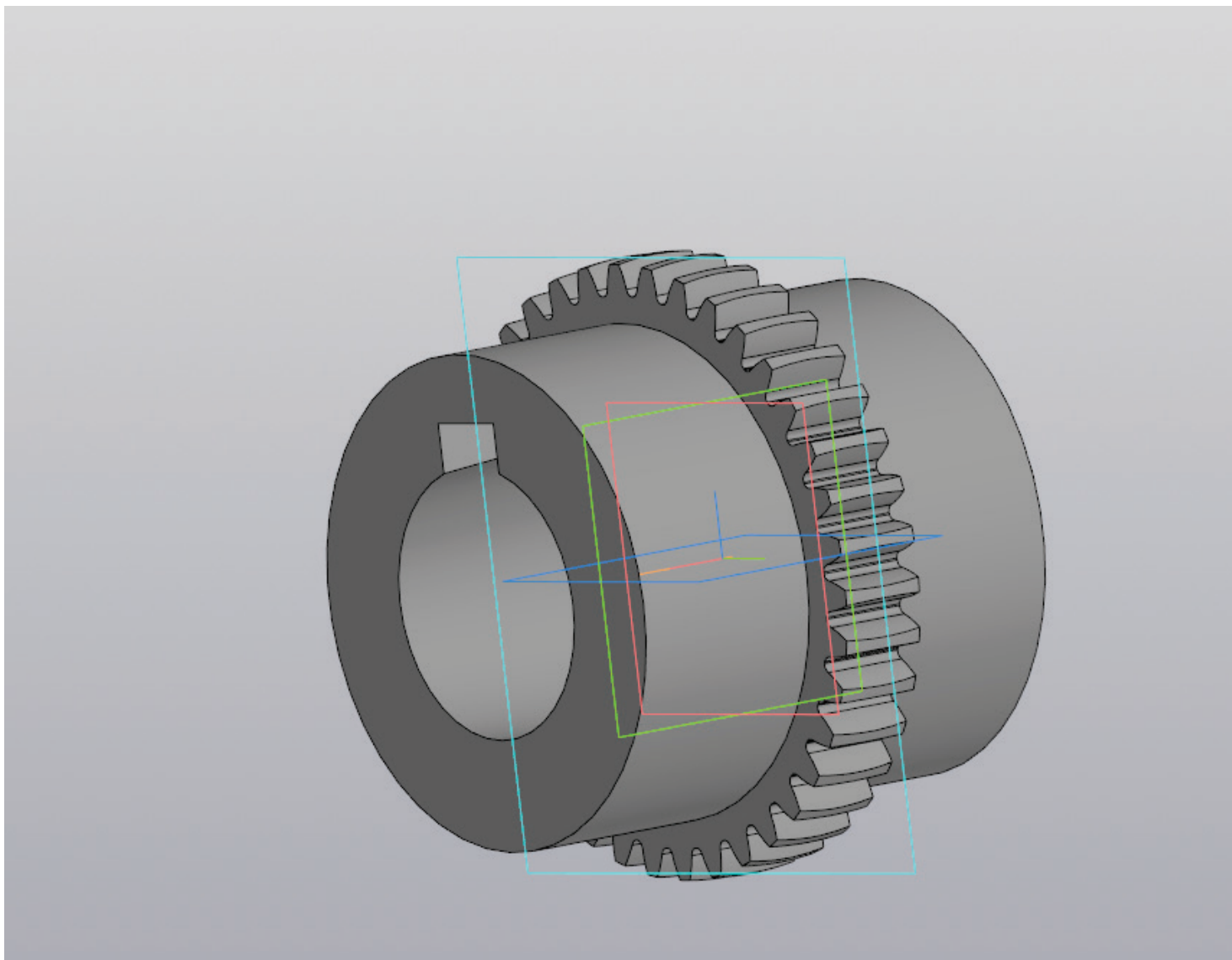


Рисунок 149 – Трехмерная модель втулки для редуктора

Полученную модель предстоит сохранить как «Втулка для редуктора» (рис. 149).

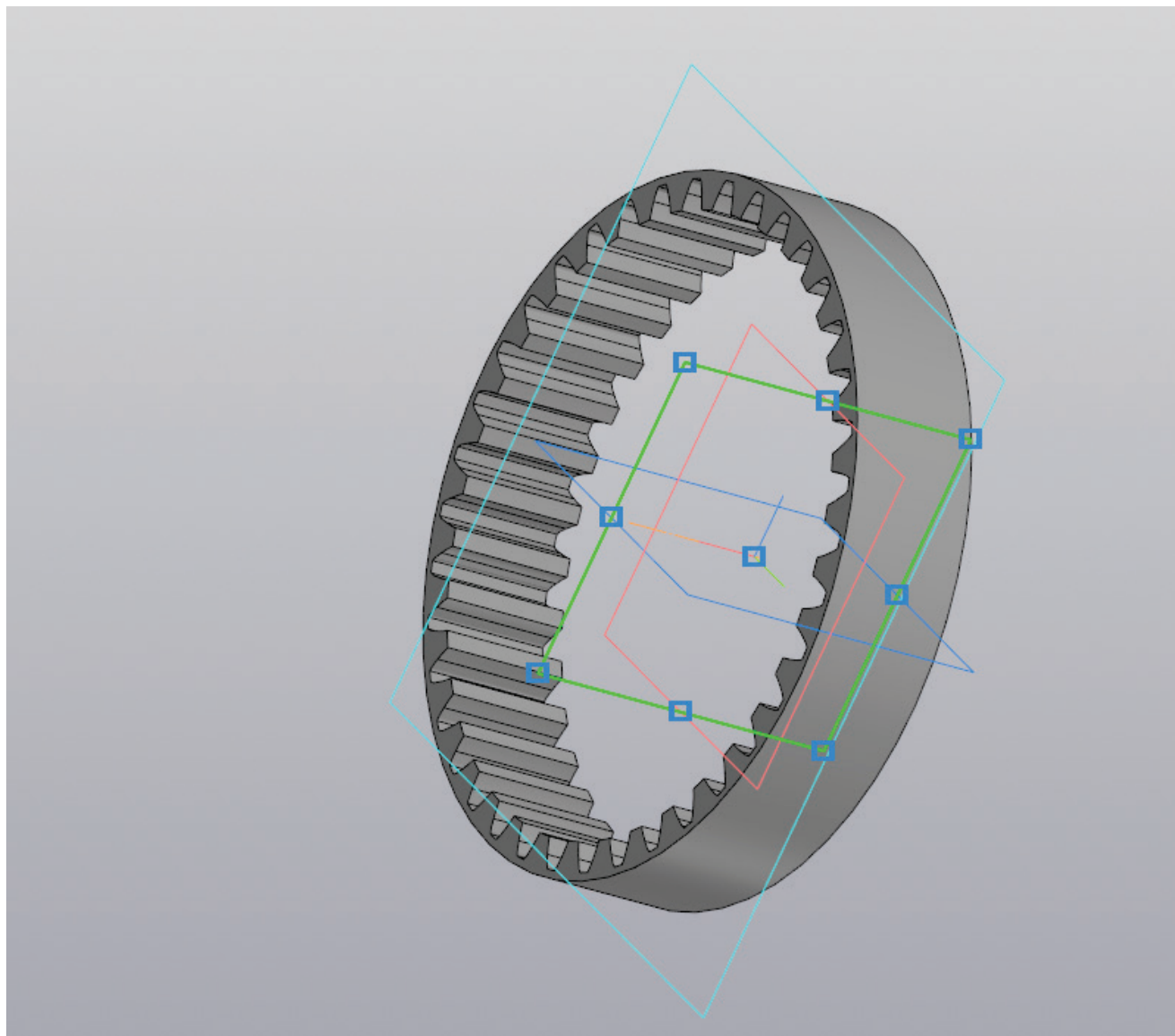


Рисунок 150 – Создание эскиза на плоскости промежуточной облоймы

Открыв трехмерную модель промежуточной облоймы, нужно выбрать плоскость XY и создать на ней эскиз (рис. 150).

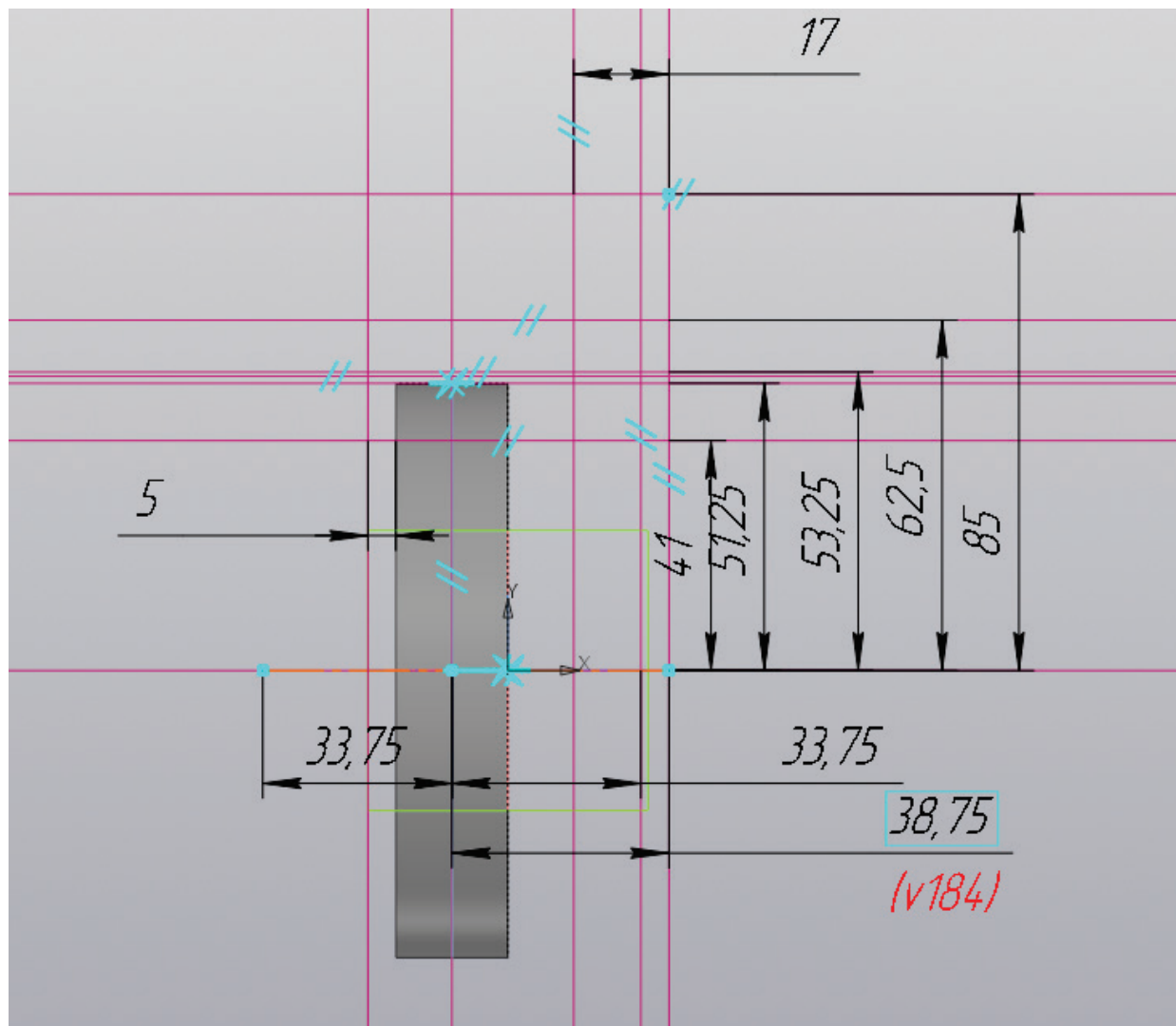


Рисунок 151 – Работа с эскизом, создание вспомогательных прямых

На эскизе предстоит создать пять вертикальных прямых и шесть горизонтальных. Первая вертикальная, как и горизонтальная, располагается посередине детали.

Выполняется построение вертикальной параллельной прямой вправо от середины на расстояние $L_1/2$ (мм), где L_1 – длина первого участка промежуточного вала. Также от середины вправо выполняется построение параллельной прямой на расстояние $L_1+C-B/2$ (мм), где C и B размеры для зубчатой муфты. Вправо от середины выполняется построение еще одной параллельной прямой на расстояние L_1+C (мм), где C берется из размеров зубчатой муфты. Финальная вертикальная прямая откладывается от левого края детали влево на 5 (мм) (рис. 151).

Выполнив построение вертикальных прямых, необходимо выполнить построение горизонтальных. От центральной прямой все прямые откладываются вверх на расстояниях $D_2/2+1$ (мм), $D_2+(D_1-D_2)/2$ (мм), $(D_2+(D_1-D_2)/2)+2$ (мм), $D_1/2$ (мм) и $D/2$ (мм), также, как на рисунке 151.

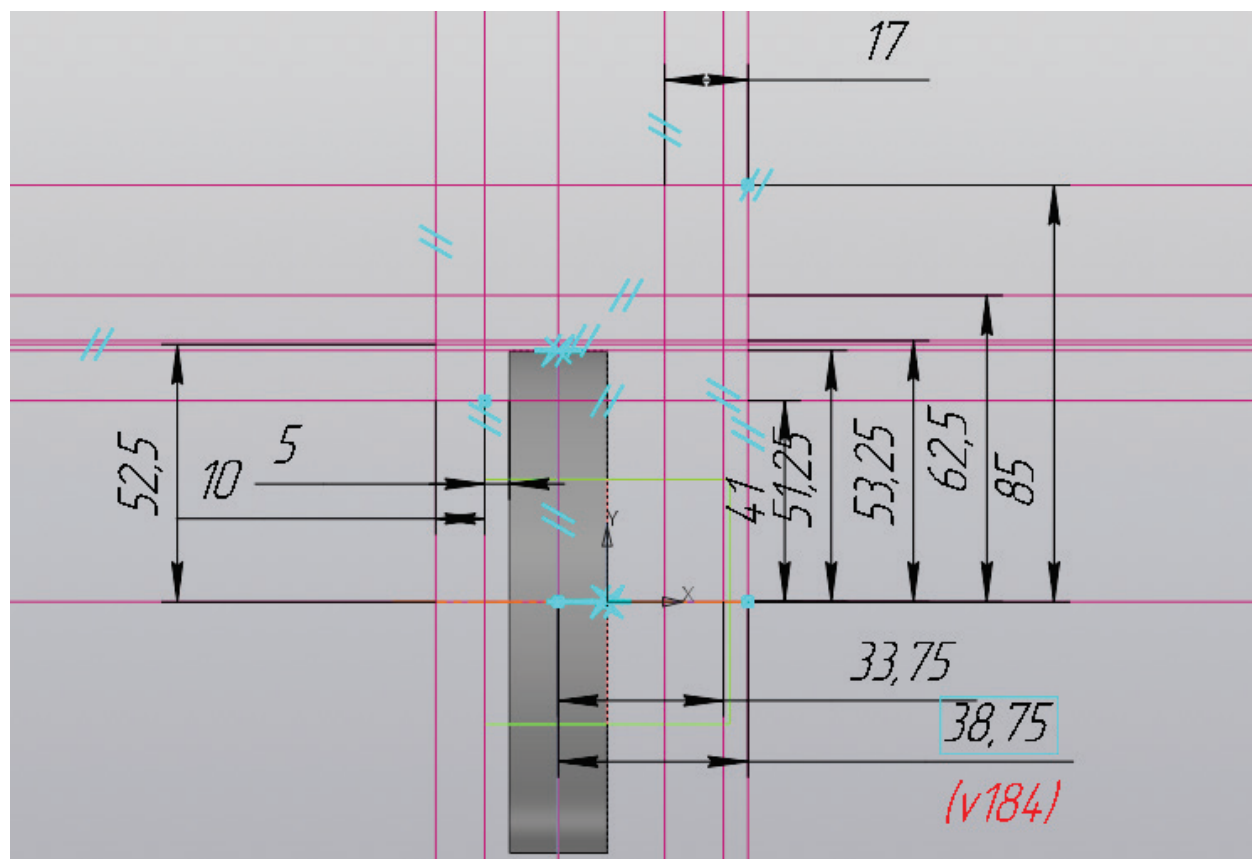


Рисунок 152 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

Выполнив построение вертикальных и горизонтальных прямых, как показано на рисунке 151, необходимо найти размеры манжеты, которая располагается на диаметре D_2 , интерес представляют значения D и h (мм). От самой левой вертикальной прямой предстоит отложить параллельную прямую влево на расстояние h (мм), а от горизонтальной прямой, расположенной в центре, необходимо построить вверх параллельную прямую на расстояние $D/2$ (мм) (рис. 152).

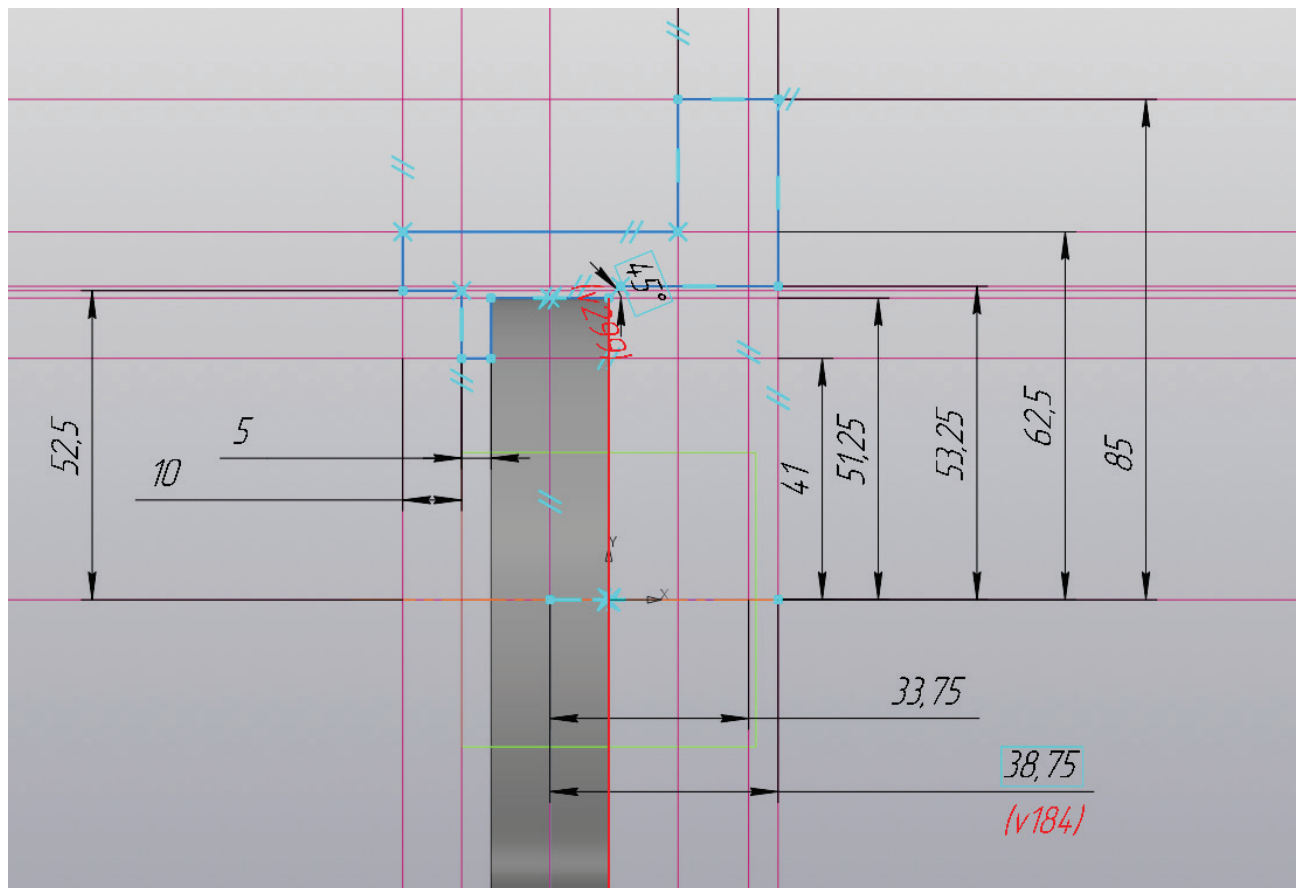


Рисунок 153 – Работа с эскизом, создание контура

С помощью ломаной линии или функции «Отрезок» необходимо получить контур, а в центре детали выполнить построение осевой линии (рис. 153).

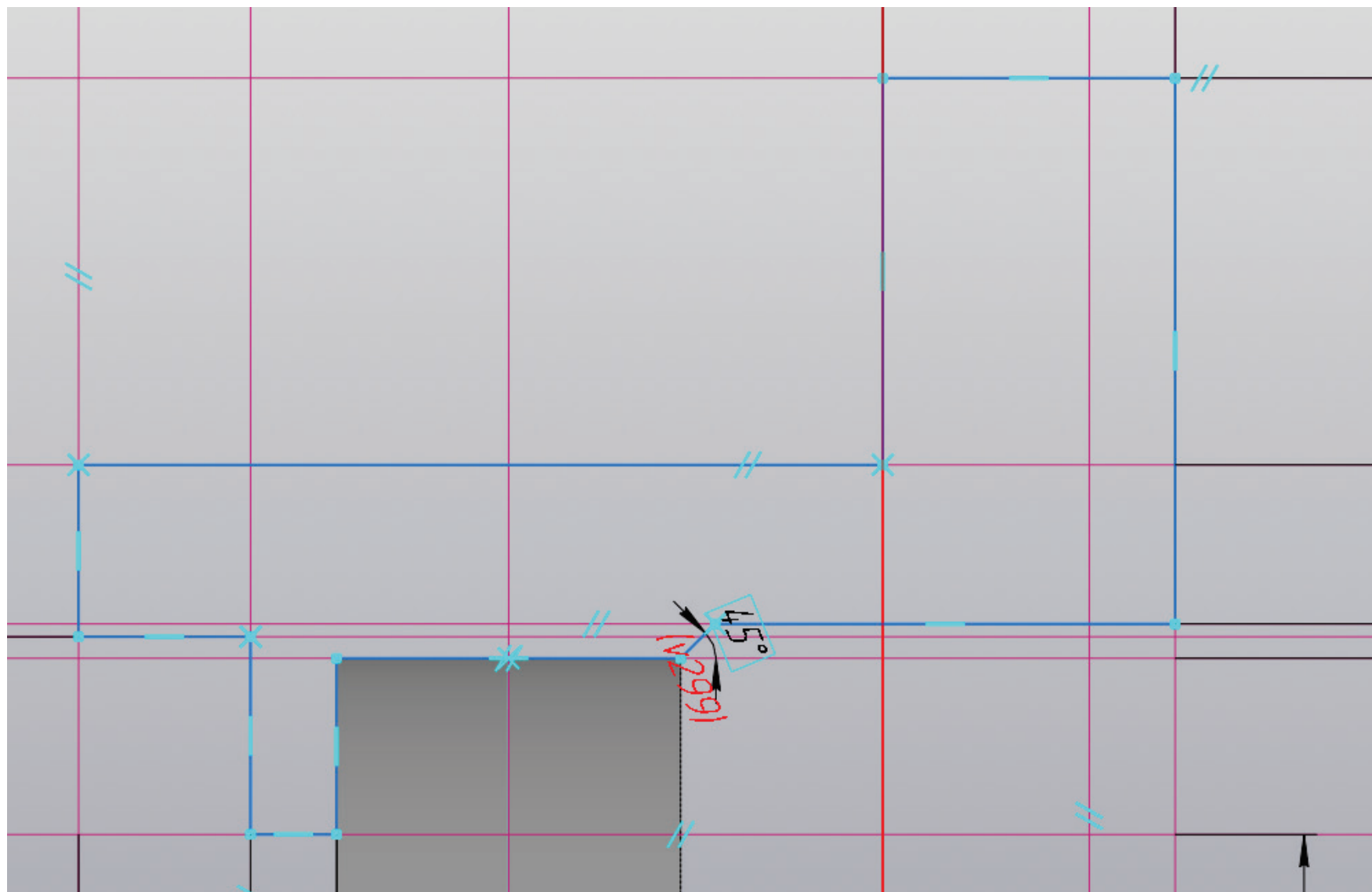


Рисунок 154 – Работа с эскизом, готовый контур

На рисунке 154 представлен крупный план контура полученной детали для упрощения процесса моделирования.

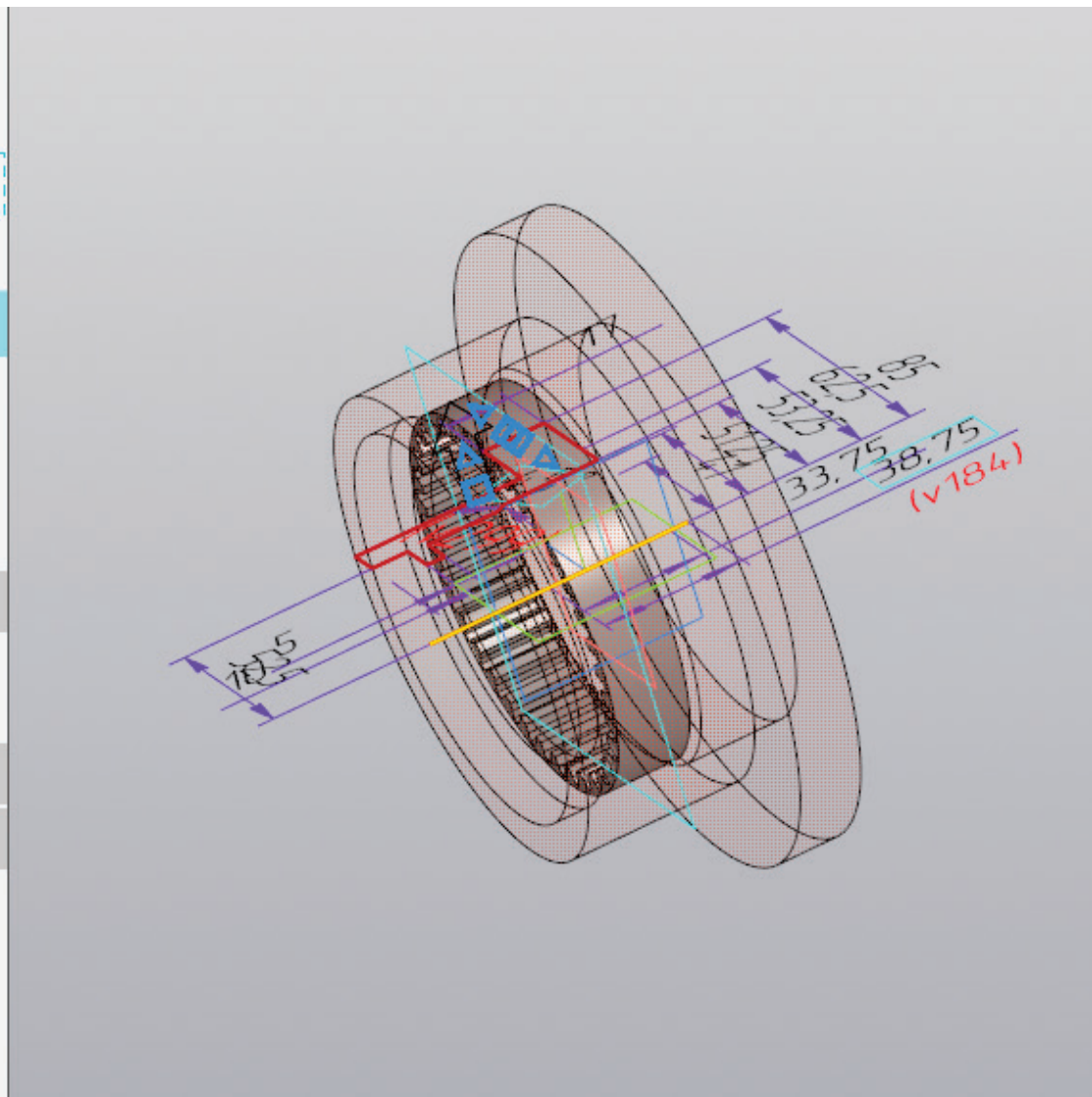
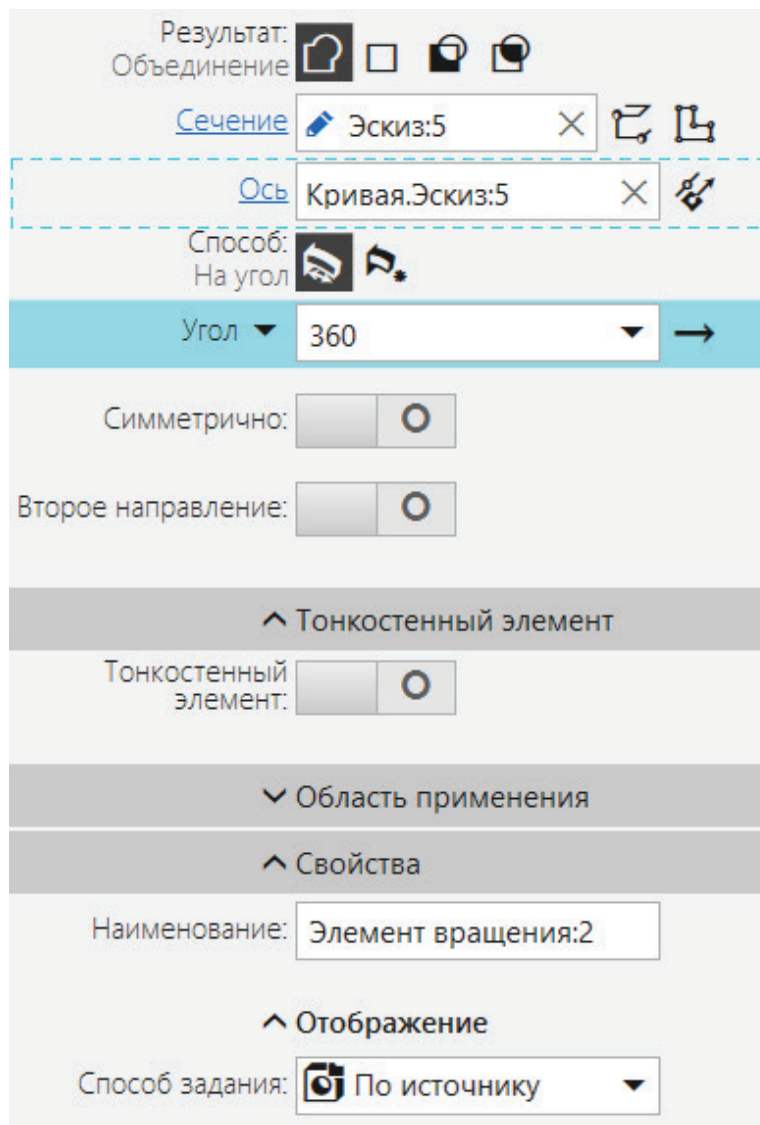


Рисунок 155 – Создание геометрии путем вращения эскиза вокруг оси

К полученному эскизу применяется операция «Элемент вращения» (рис. 155).

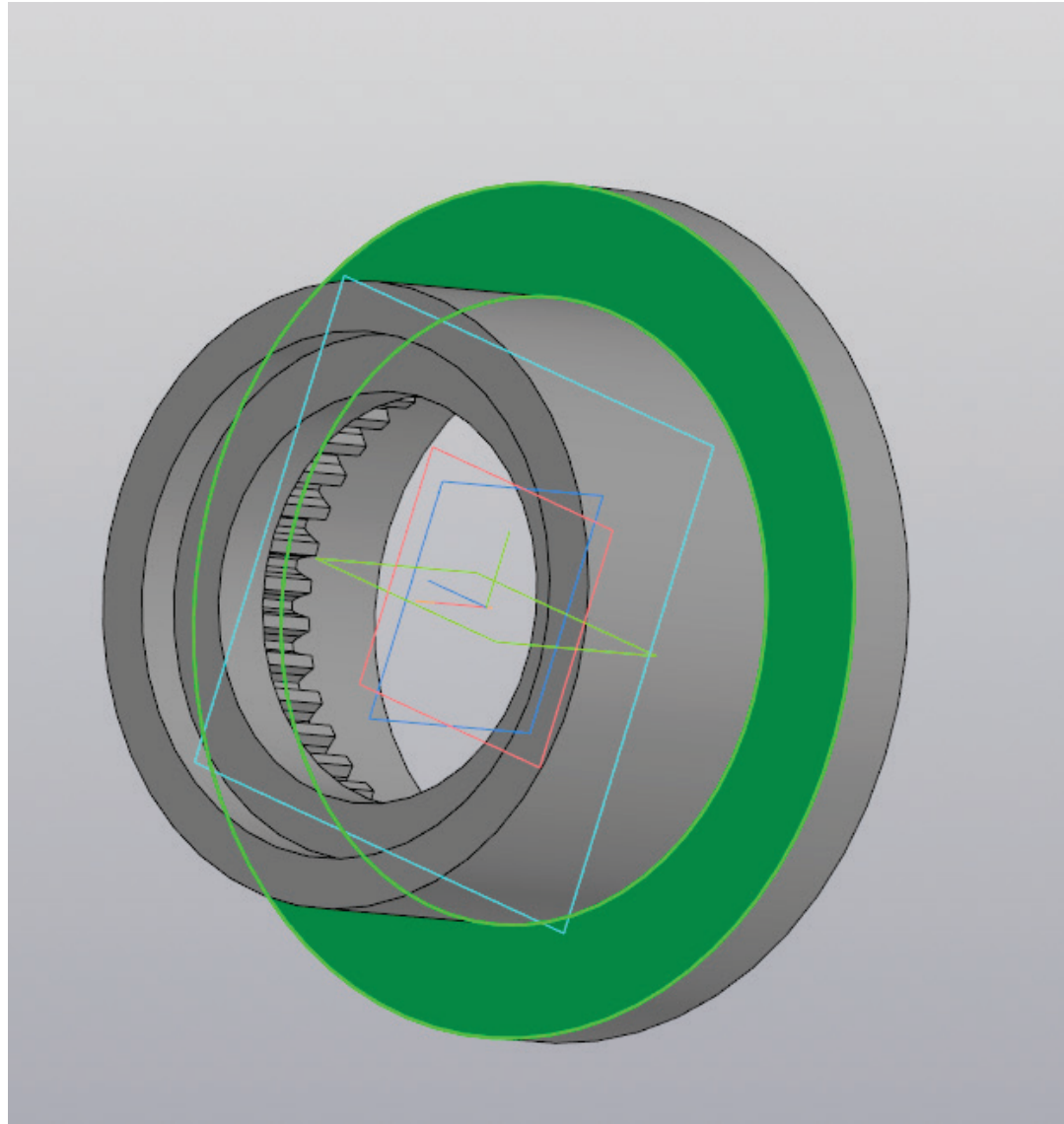


Рисунок 156 – Создание эскиза на плоскости

Для продолжения моделирования необходимо выбрать плоскость, как на рисунке 156, и создать на ней эскиз.

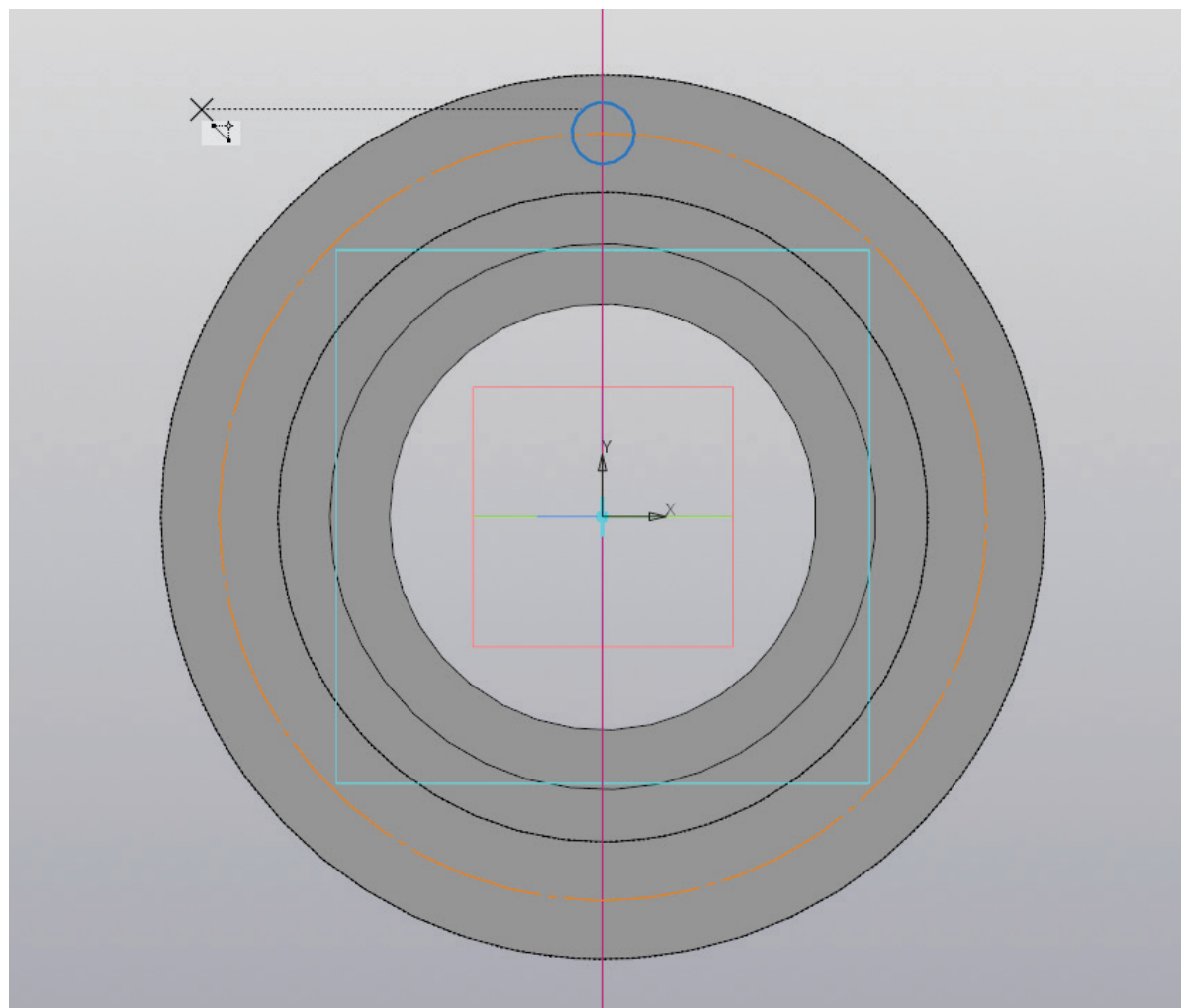


Рисунок 157 – Работа с эскизом, создание окружностей

Из центра детали необходимо построить окружность выполненную осевой линией с диаметром $(D-D_1)/2+D_1$ (мм). Затем необходимо провести вертикальную прямую и на пересечении вспомогательной прямой и окружности построить окружность диаметром в промежутке от 8 до 20 (мм) таким образом, чтобы будущее отверстие не было слишком узким и слишком широким (рис. 157).

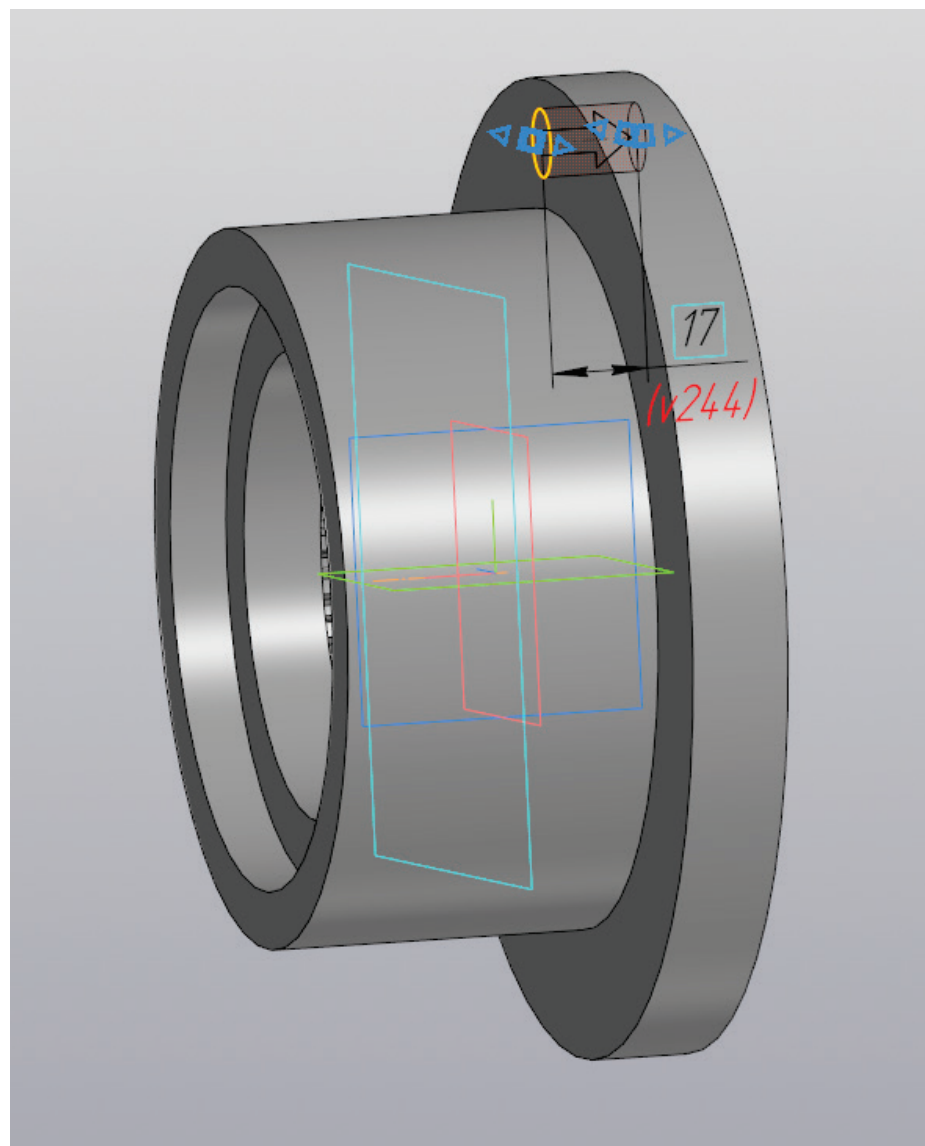


Рисунок 158 – Создание отверстия

К полученному эскизу применяется операция «Вырезать выдавливанием» на расстояние равное $B/2$ (мм) (рис. 158).

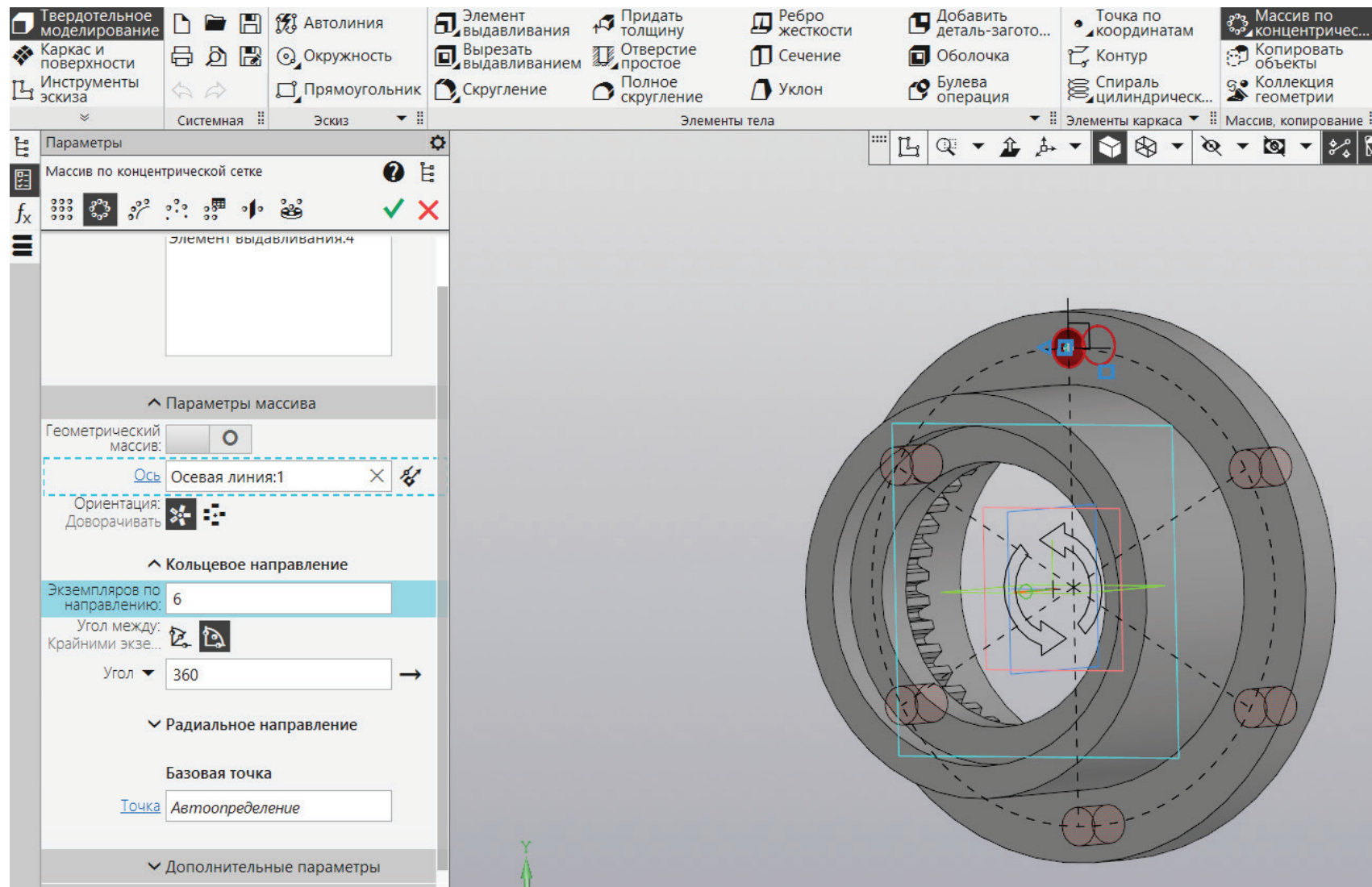


Рисунок 159 – Массив по концентрической сетке

К полученному отверстию необходимо применить массив по концентрической сетке и получить шесть отверстий, как показано на рисунке 159.

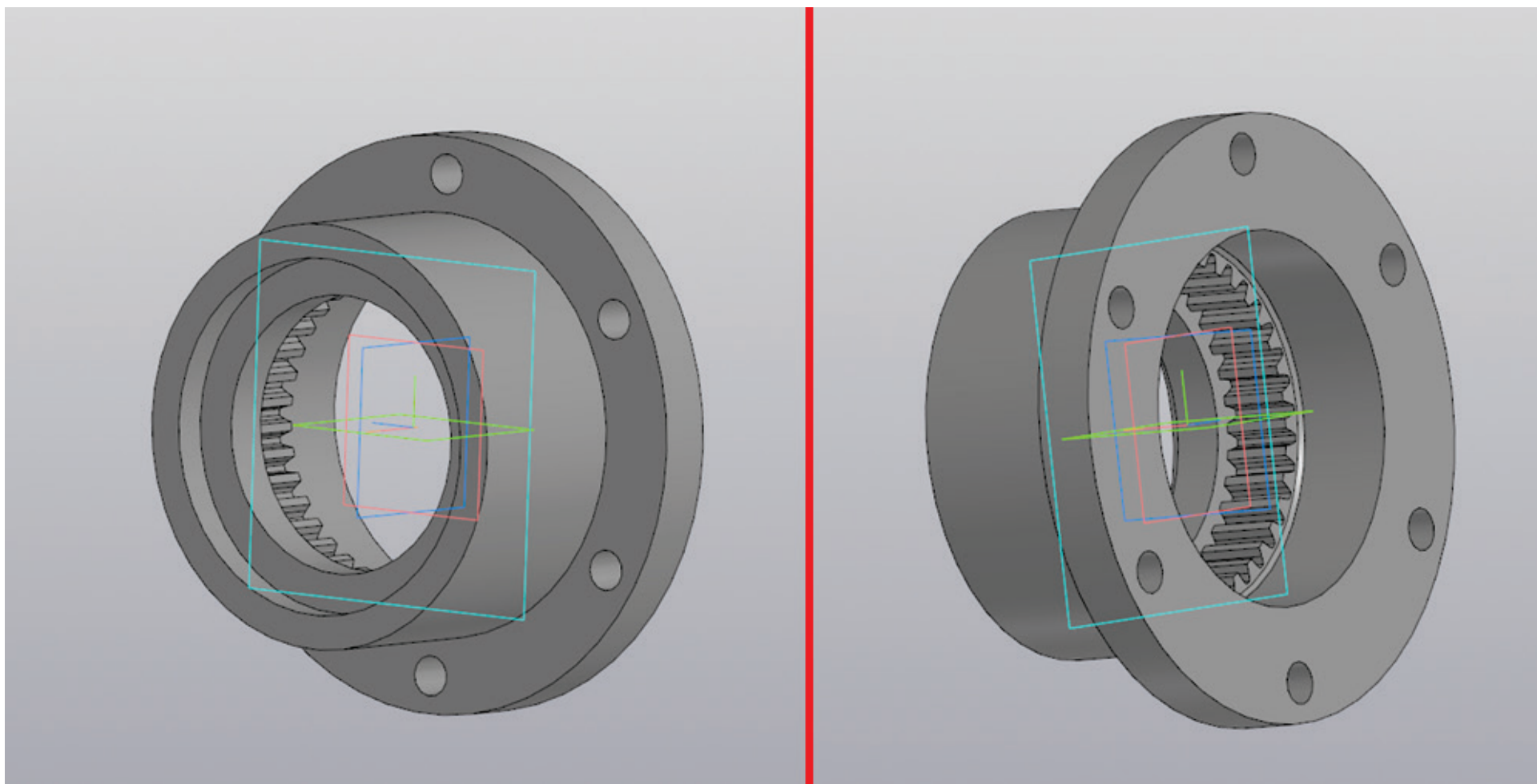


Рисунок 160 – Трехмерная модель обоймы промежуточного вала

Готовую трехмерную модель обоймы промежуточного вала необходимо сохранить под аналогичным названием, при этом исходный файл обоймы должен остаться нетронутым, сама обойма продемонстрирована на рисунке 160.

После сохранения обоймы промежуточного вала необходимо открыть исходный файл обоймы и снова создать эскиз на плоскости, как показано на рисунке 150. Теперь создается обойма для редуктора.

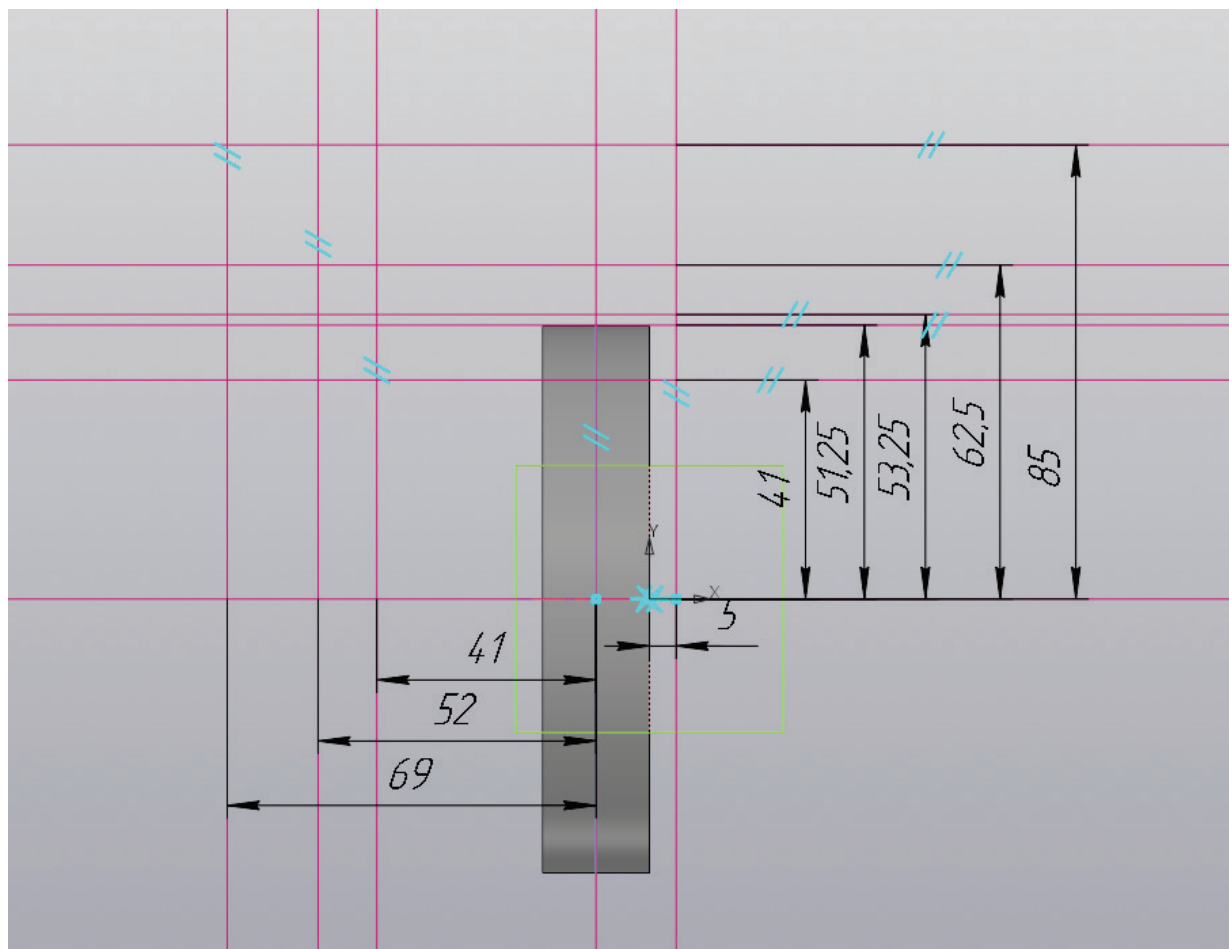


Рисунок 161 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

Необходимо создать пять вертикальных вспомогательных прямых. Первая выполняется посередине детали. Вторая является параллельной прямой относительно проведенной в центре вертикальной прямой на расстояние $l_3/2$ (мм) и откладывается влево, где l_3 является размерной характеристикой редуктора. В левую сторону от середины откладывается другая параллельная прямая на расстояние $l_3+(l_3-l_2)-B/2$ (мм), где B берется из размеров зубчатой муфты, а l_2 – из размеров

редуктора. Также влево от центральной прямой откладывается параллельная прямая на расстояние $l_3+(l_3-l_2)$ (мм). Затем вправо от правого края детали откладывается параллельная прямая на расстояние 5 (мм) (рис. 161).

После построения вертикальных прямых необходимо создать шесть горизонтальных, первая из которых располагается в середине детали. Остальные являются параллельными прямыми к первой и отложены вверх на расстояние $D_2/2+1$ (мм), $D_2+(D_1-D_2)/2$ (мм), $(D_2+(D_1-D_2)/2)+2$ (мм), $D_1/2$ (мм) и $D/2$ (мм) (рис. 161).

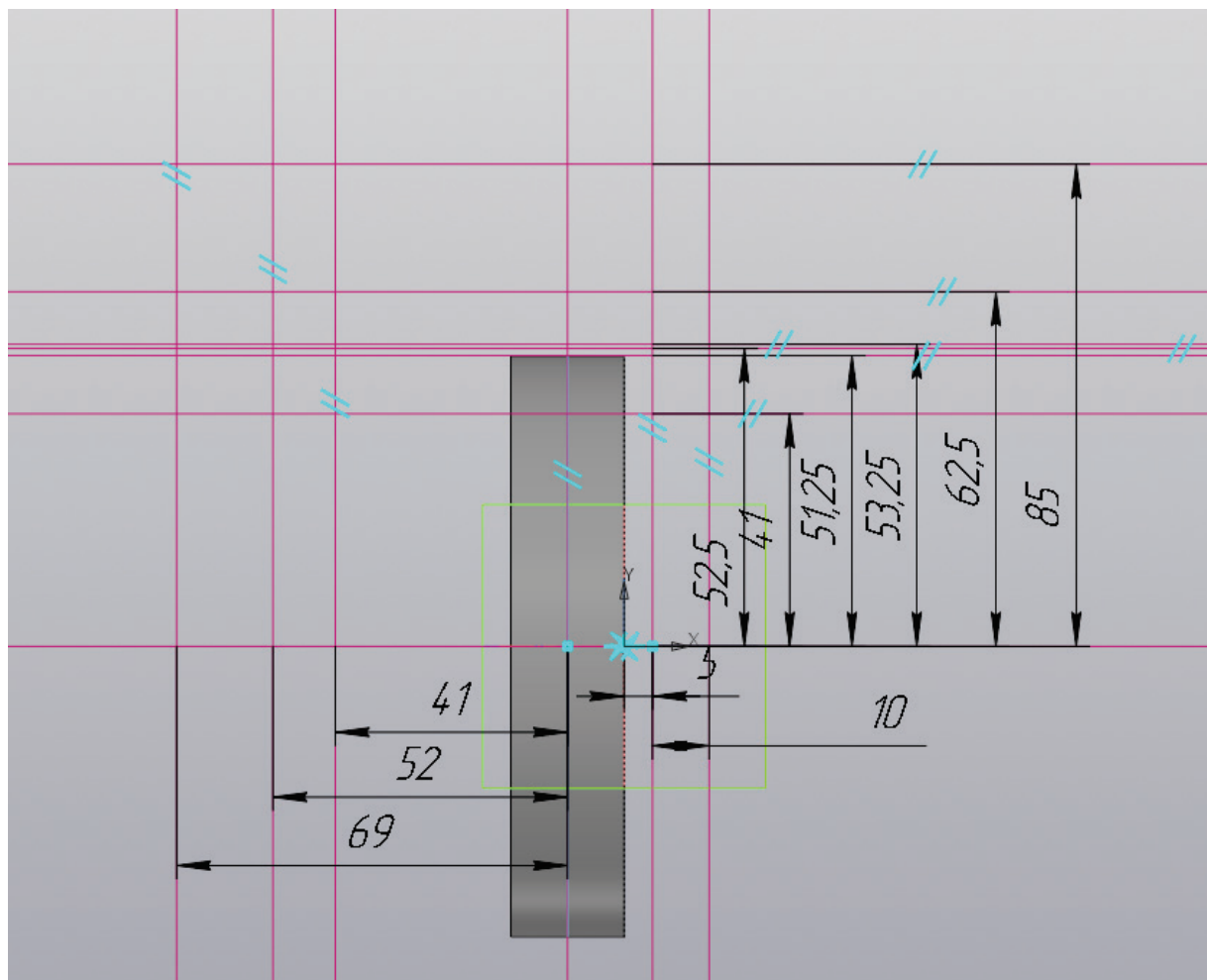


Рисунок 162 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

Выполнив построение вертикальных и горизонтальных прямых, как показано на рисунке 161 необходимо найти размеры манжеты, которая располагается на диаметре D_2 , интерес представляют значения D и h (мм). От самой правой вертикальной прямой предстоит отложить параллельную прямую вправо на расстояние h (мм), а от горизонтальной прямой расположенной в центре необходимо построить вверх параллельную прямую на расстояние $D/2$ (мм) (рис. 162).

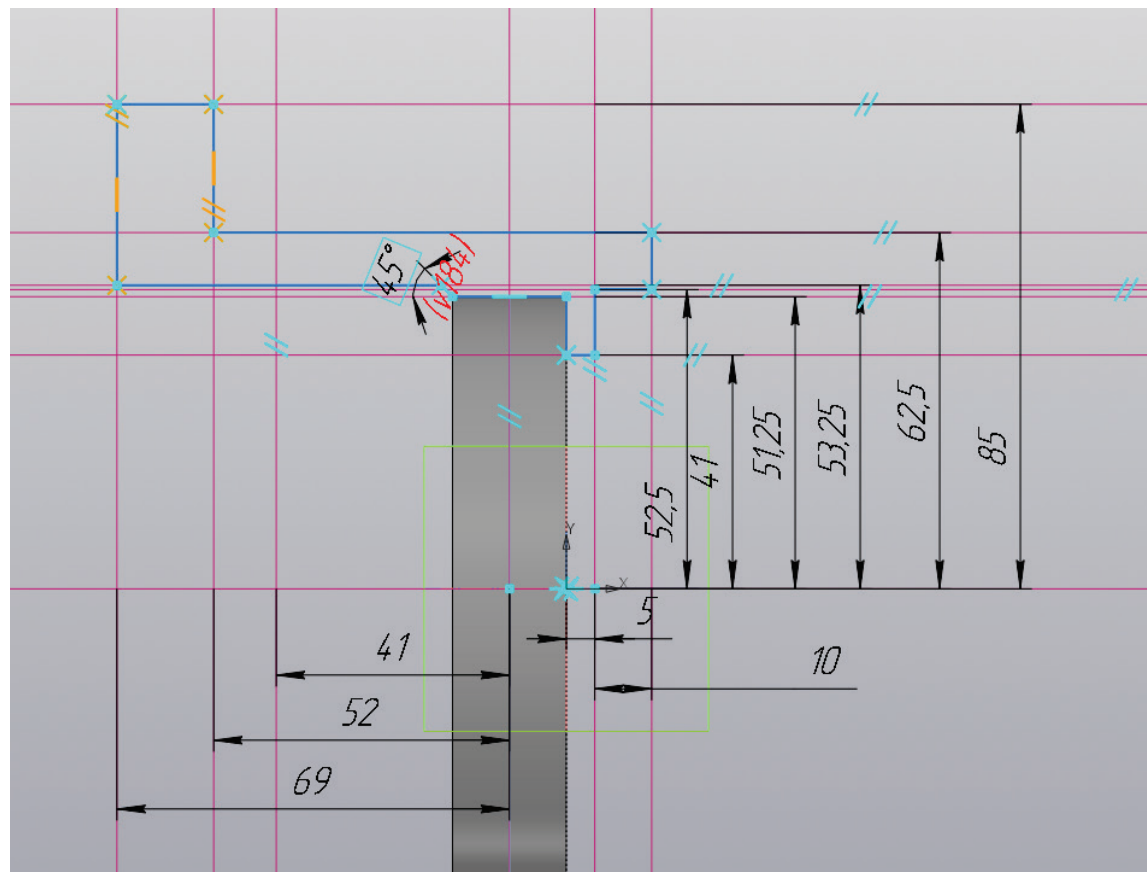


Рисунок 163 –Работа с эскизом, создание контура

С помощью ломаной линии или функции отрезок необходимо получить контур, а в центре детали выполнить построение осевой линии (рис. 163).

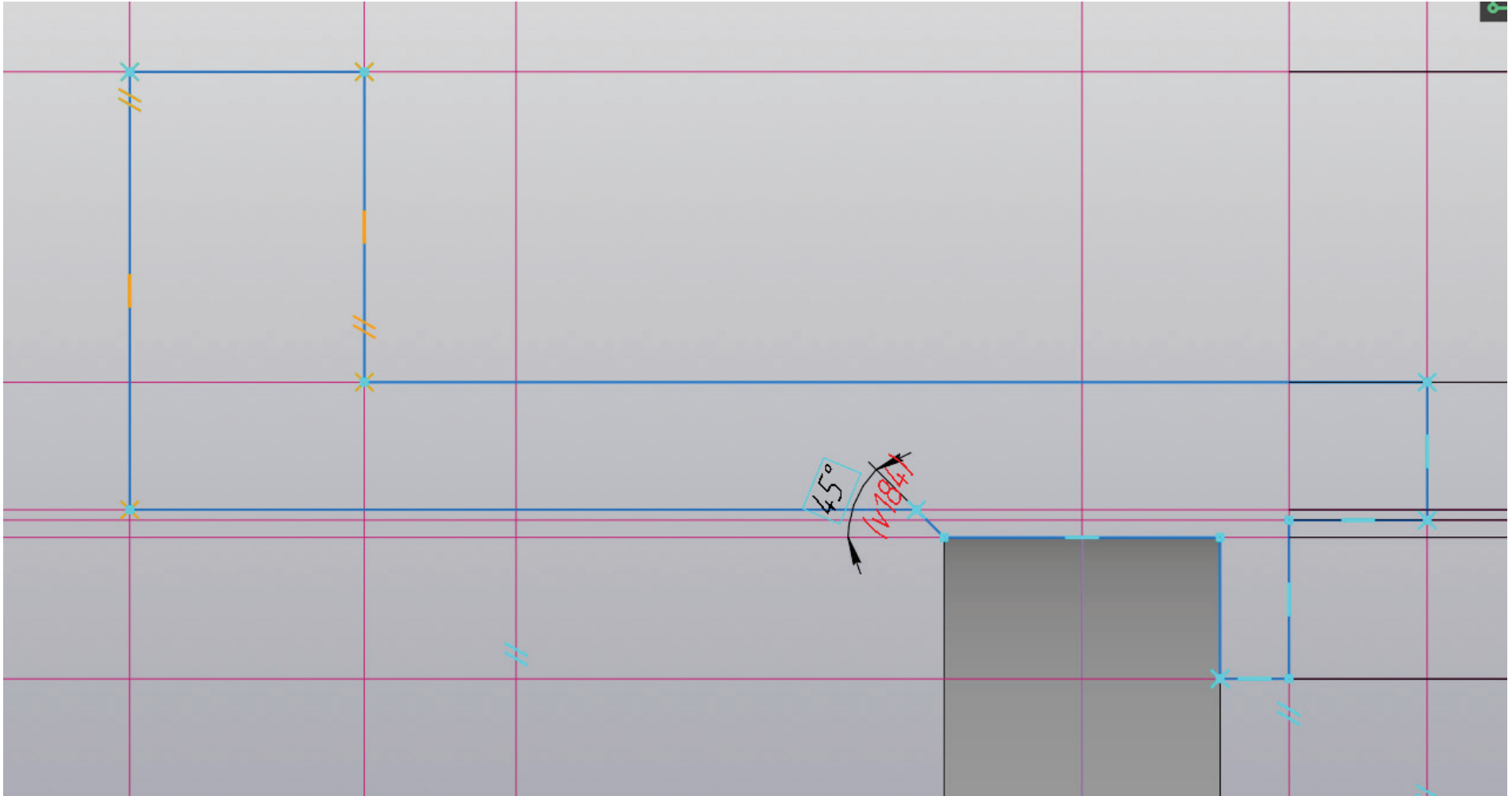


Рисунок 164 – Работа с эскизом, готовый контур

На рисунке 164 представлен крупный план контура полученной детали для упрощения процесса моделирования.

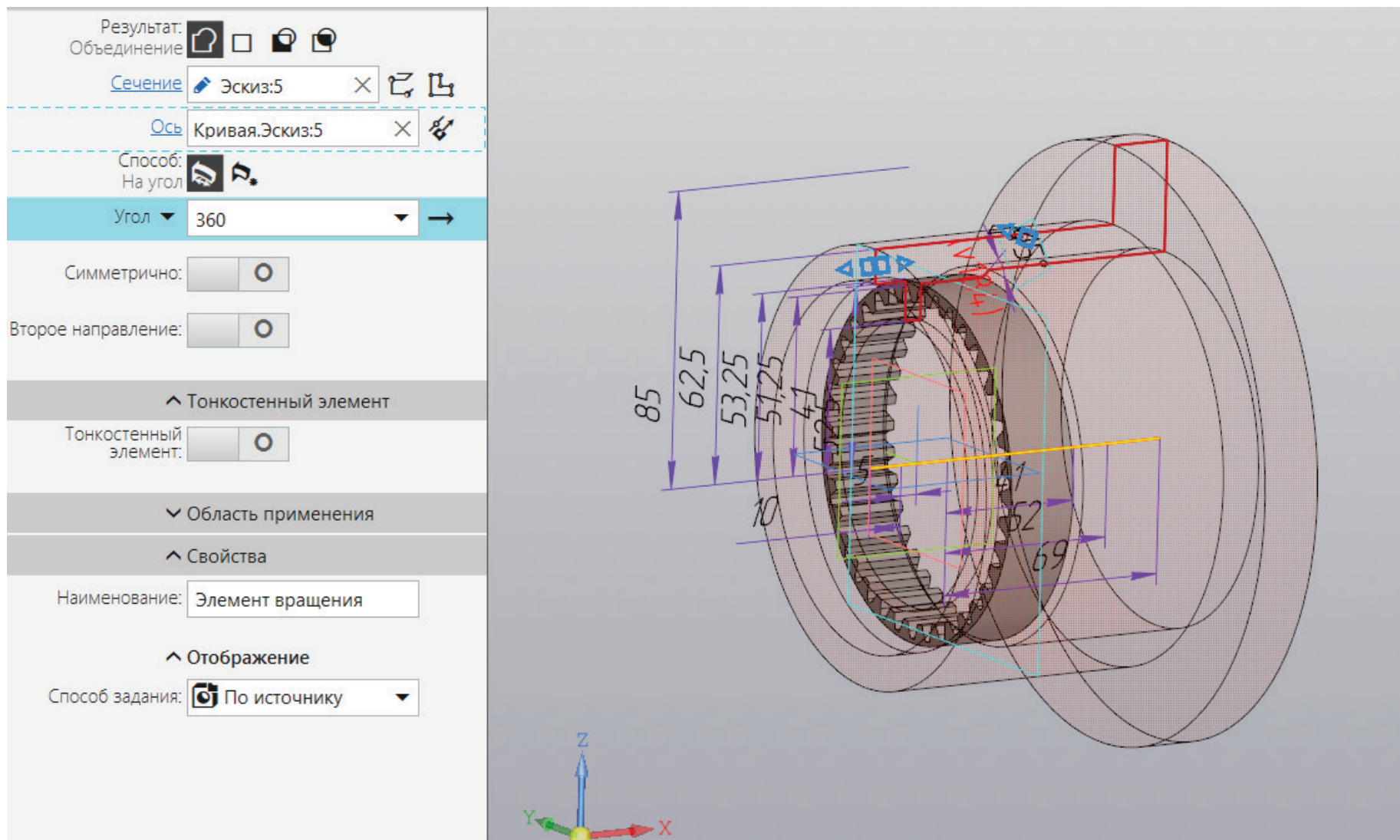


Рисунок 165 – Создание геометрии путем вращения эскиза вокруг оси

К полученному эскизу применяется операция «Элемент вращения» (рис. 165).

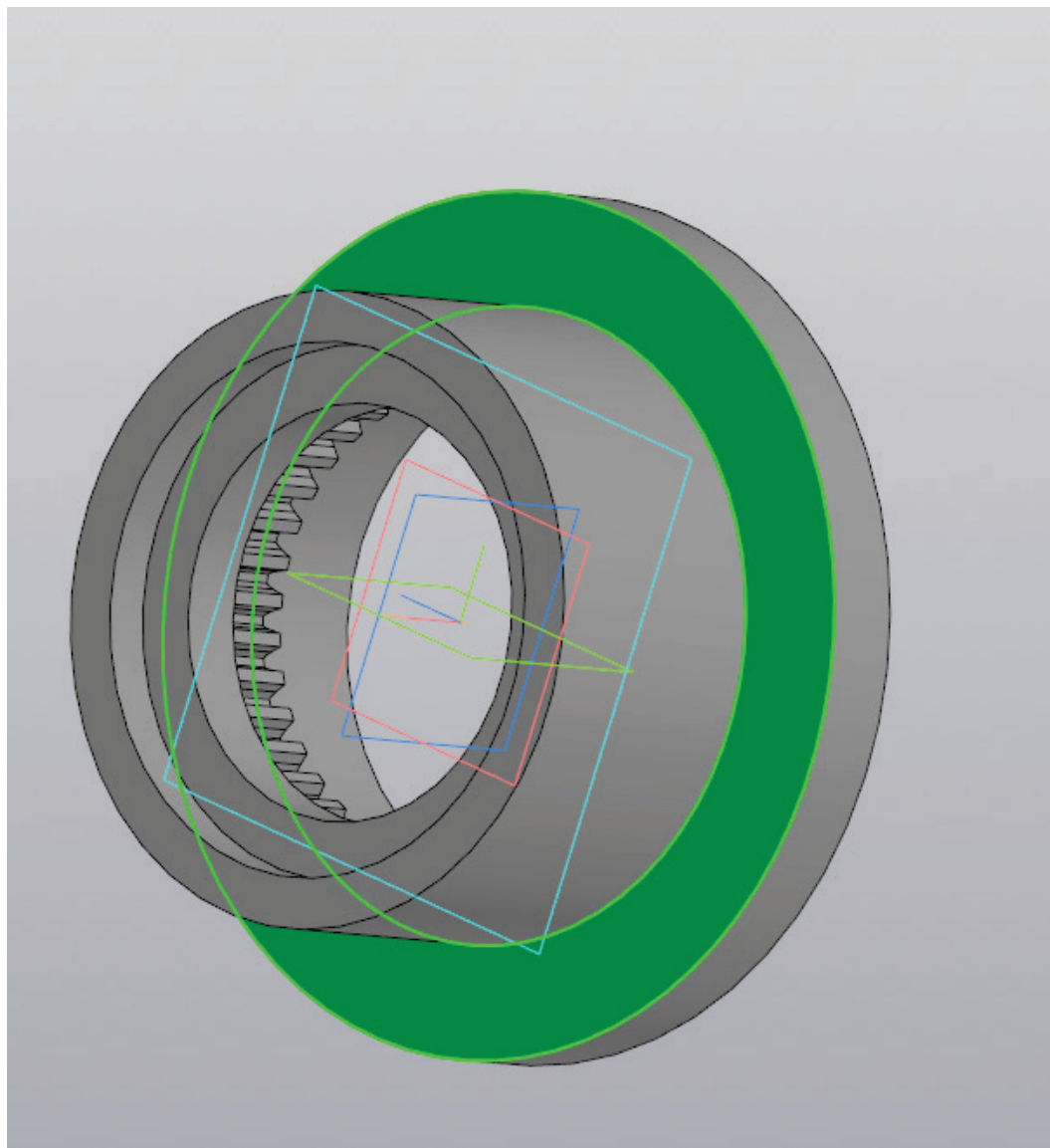


Рисунок 166 – Создание эскиза на плоскости

Для продолжения моделирования необходимо выбрать плоскость, как на рисунке 166, и создать на ней эскиз.

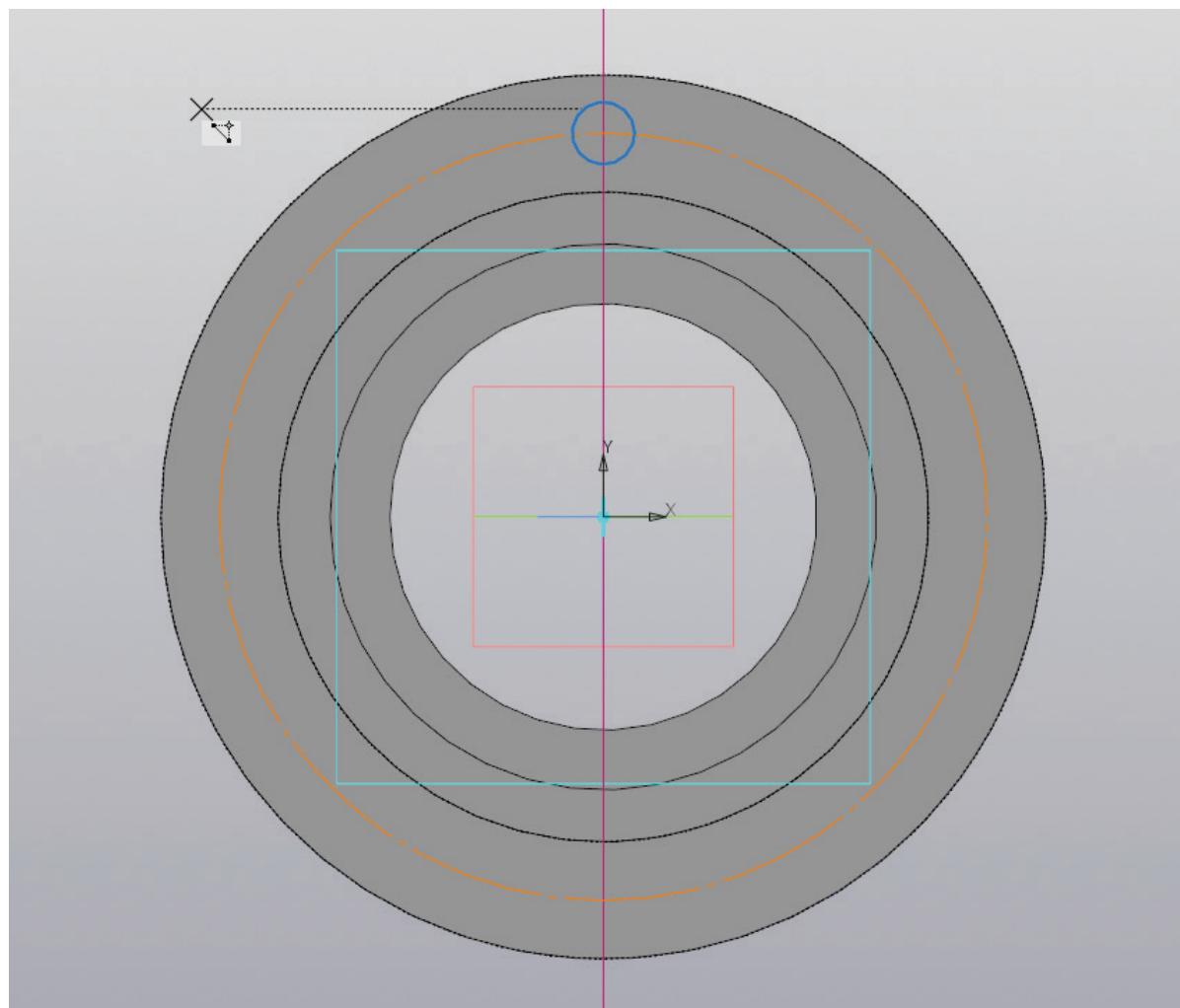


Рисунок 167 – Работа с эскизом, создание окружностей

Из центра детали необходимо построить окружность выполненную осевой линией с диаметром $(D-D_1)/2+D_1$ (мм). Затем необходимо провести вертикальную прямую и на пересечении вспомогательной прямой и окружности построить окружность диаметром в промежутке от 8 до 20 (мм) таким образом, чтобы будущее отверстие не было слишком узким и слишком широким (рис. 167).

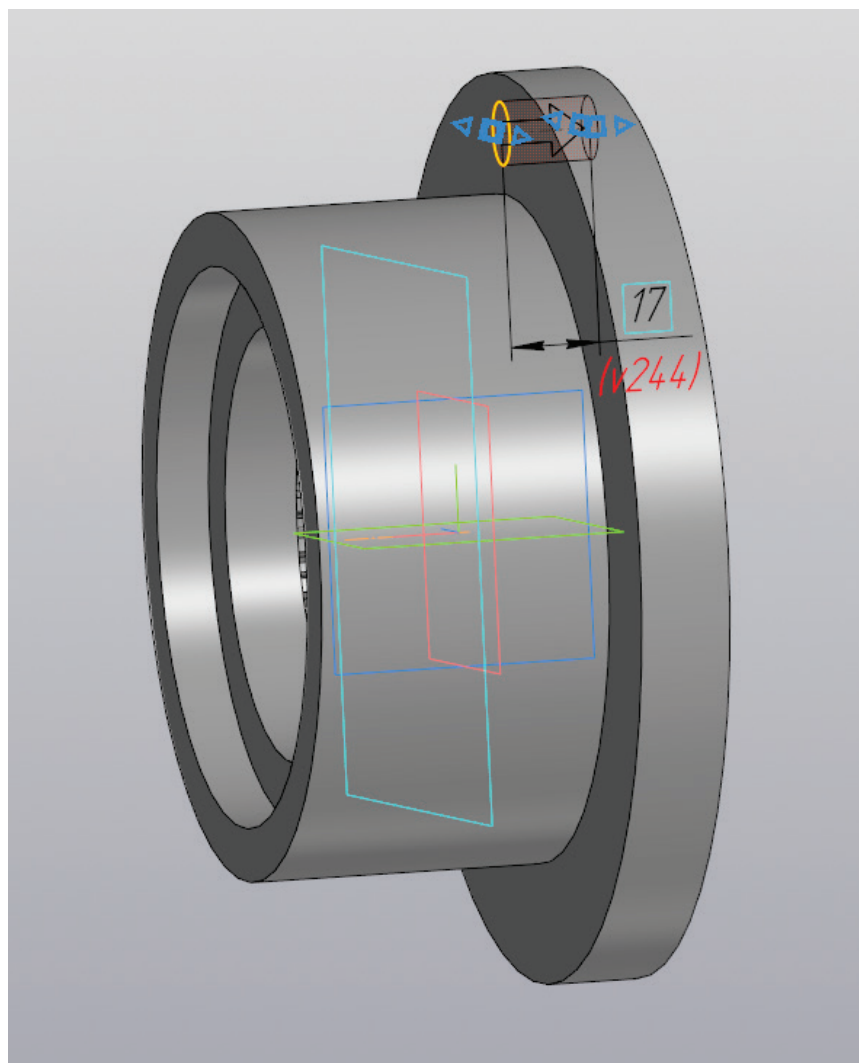


Рисунок 168 – Создание отверстия

К полученному эскизу применяется операция «Вырезать выдавливанием» на расстояние равное $B/2$ (мм) (рис. 168).

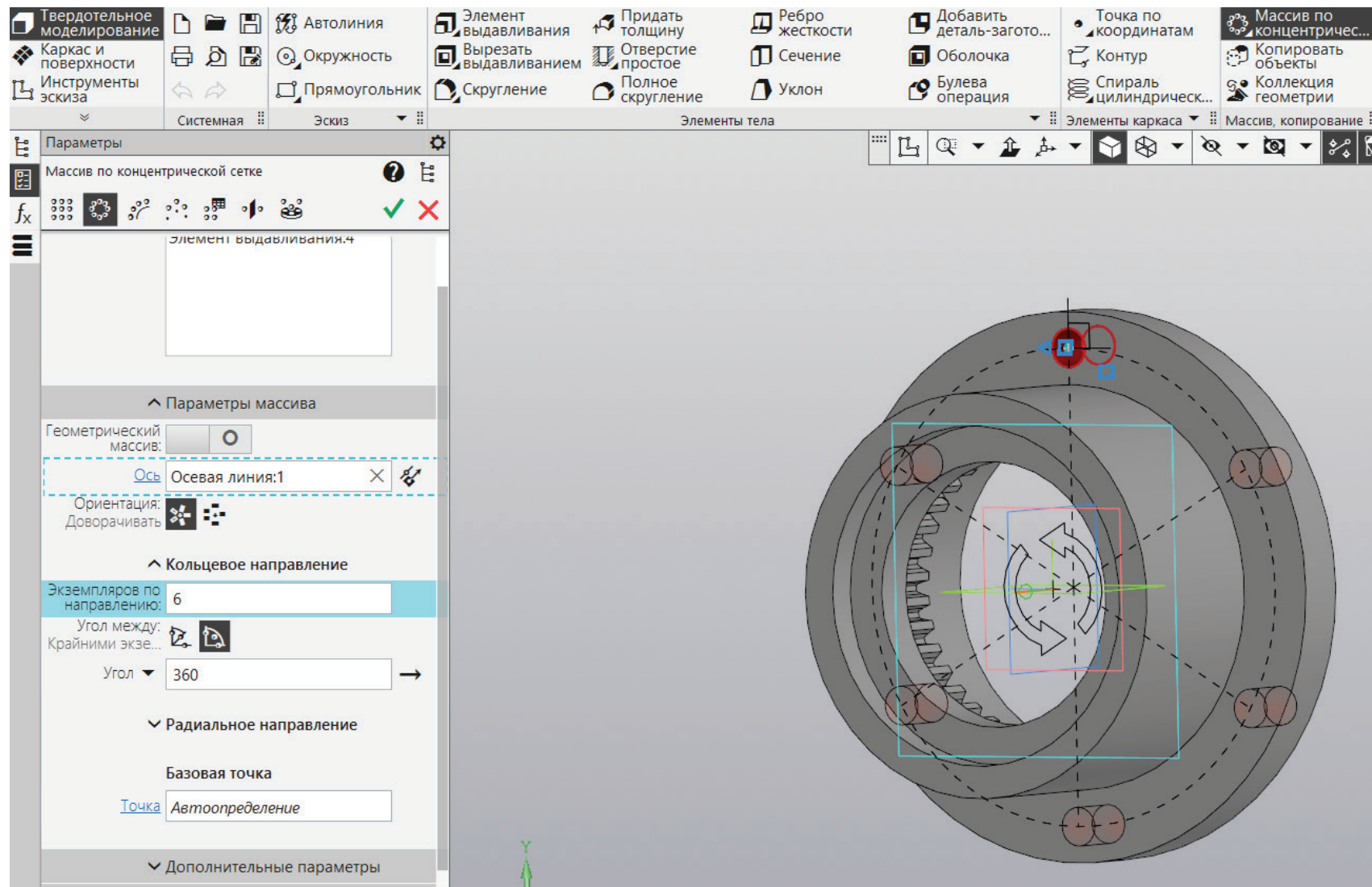


Рисунок 169 – Массив по концентрической сетке

К полученному отверстию необходимо применить массив по концентрической сетке и получить шесть отверстий, как показано на рисунке 169.

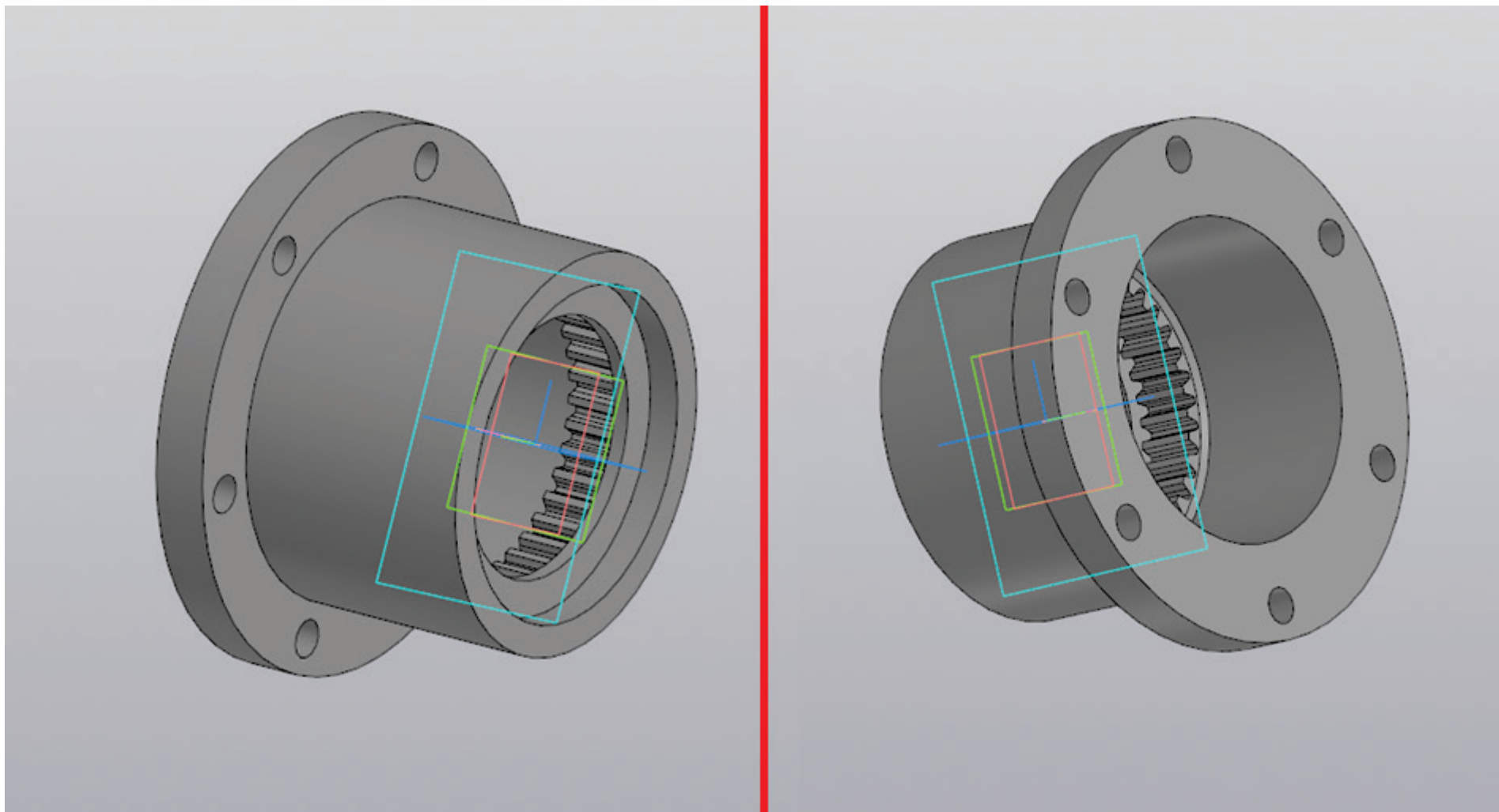


Рисунок 160 – Трехмерная модель обоймы редуктора

Готовую трехмерную модель обоймы редуктора необходимо сохранить под аналогичным названием, обойма продемонстрирована на рисунке 160.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данных методических указаниях отражен процесс взаимодействия пользователя с трехмерным пространством программы КОМПАС-3D.

Демонстрируется процесс создания трехмерных моделей в поле рабочего пространства. В качестве наглядного примера выполняется моделирование элементов, входящих в состав приводной станции, к которым относятся промежуточный вал, шпонки, подшипник, крышки подшипника, корпус подшипника, упругая втулочно-пальцевая муфта, зубчатая муфта.

Освоение данной программы позволит будущим конструкторам выполнять проектные работы на предприятиях и других объектах. Без знания основ проектирования невозможна быстрая и качественная работа.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аввакумов, М. В. Прикладная механика: методические указания / М. В. Аввакумов, В. М. Гребенникова, И. С. Артамонов. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2020 . – 62 с. – URL: <http://nizrp.narod.ru/metod/kokmisap/1590531851.pdf> (дата обращения: 13.06.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
2. Механика : методическое пособие / М. В. Аввакумов [и др.]. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2018. – 104 с. – URL: http://nizrp.narod.ru/metod/kokmisap/2018_10_21_01.pdf (дата обращения: 13.06.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
3. ГОСТ 8338-75. Подшипники шариковые радиальные однорядные. Основные размеры : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР : дата введения 1976-07-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 12 с. – Текст непосредственный.
4. Детали машин. Курсовое проектирование / А. Н. Щепин [и др.]. – СПб.: Издательство «Лань», 2020. – 152 с. – Текст: непосредственный.