

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 2

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 моделей цилиндрического и червячного редукторов.

Методические указания предназначены для бакалавров очной и заочной форм обучения.

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПб ГУПТД
в качестве методических указаний

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 09.11.2023 г. Рег. № 5262/23

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

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Моделирование контура цилиндрического редуктора.....	5
Моделирование контура червячного редуктора	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	160
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	161

ВВЕДЕНИЕ

В рамках дисциплины «Прикладная механика» выполняется курсовой проект. 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 [1-2]. В данных методических указаниях с применением программного обеспечения типа КОМПАС-3D выполняется построение трехмерных моделей по уже имеющимся значениям, характерным для цилиндрического и червячного редукторов, включенных в состав приводной станции.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТУРА ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

Произведя необходимые расчеты и выбрав тип редуктора по каталогу, следует приступить к моделированию. Первостепенно необходимо создать эскиз в одной из плоскостей. В качестве примера выполняется моделирование редуктора типа ЦУ-160.

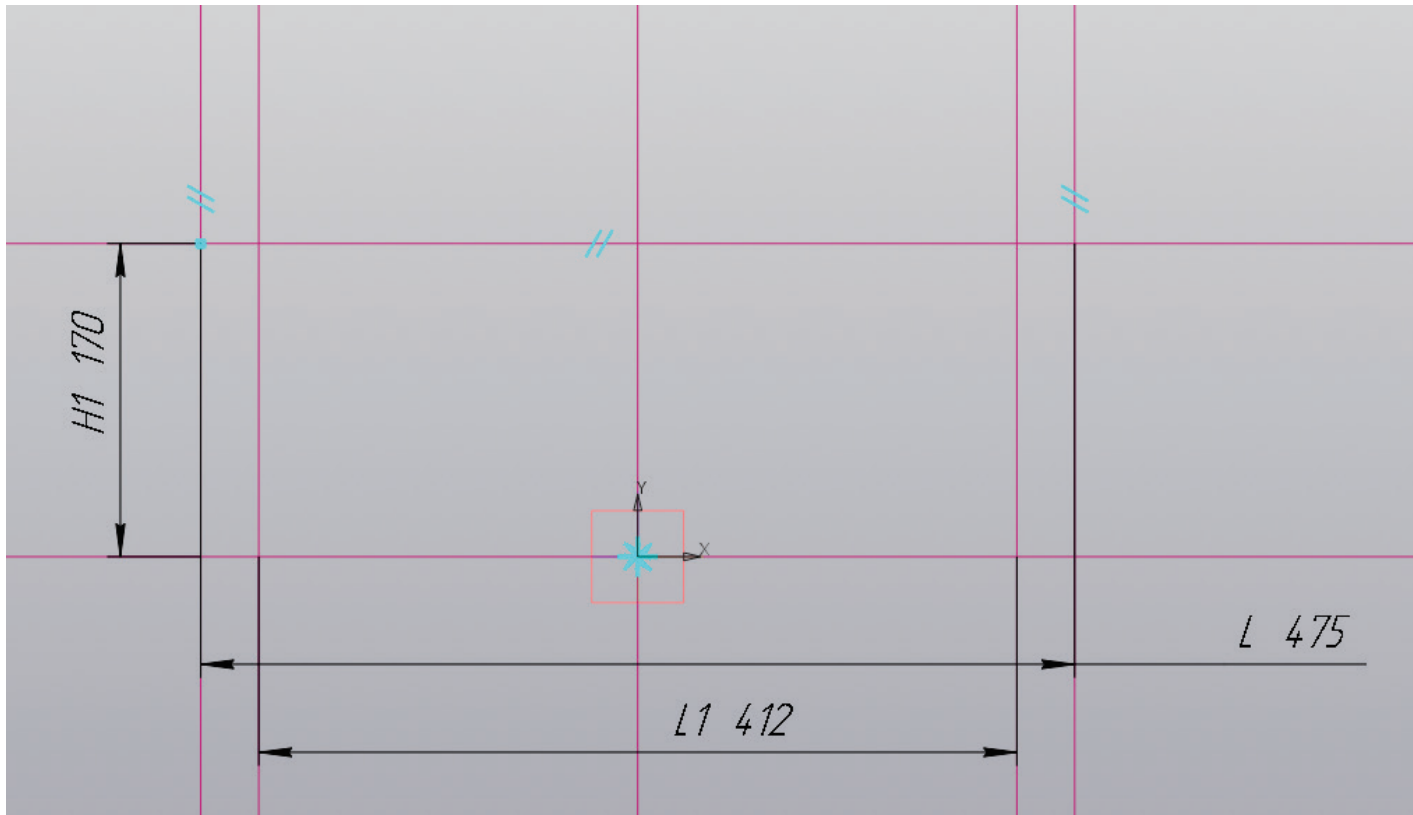


Рисунок 1 – Редуктор цилиндрический, работа с эскизом, вспомогательные прямые

Первостепенно предстоит создать 2 горизонтальные вспомогательные прямые. Первая находится в начале координат, вторая располагается на расстоянии H_1 (мм) от первой.

После построения горизонтальных прямых предстоит выполнить построение 5 вертикальных прямых. Первая также находится в начале координат, вторая и третья располагаются по обе стороны от нее на расстоянии $L_1/2$ (мм) от начала координат, оставшиеся две также располагаются по обе стороны от начала координат, но на расстоянии $L/2$ (мм).

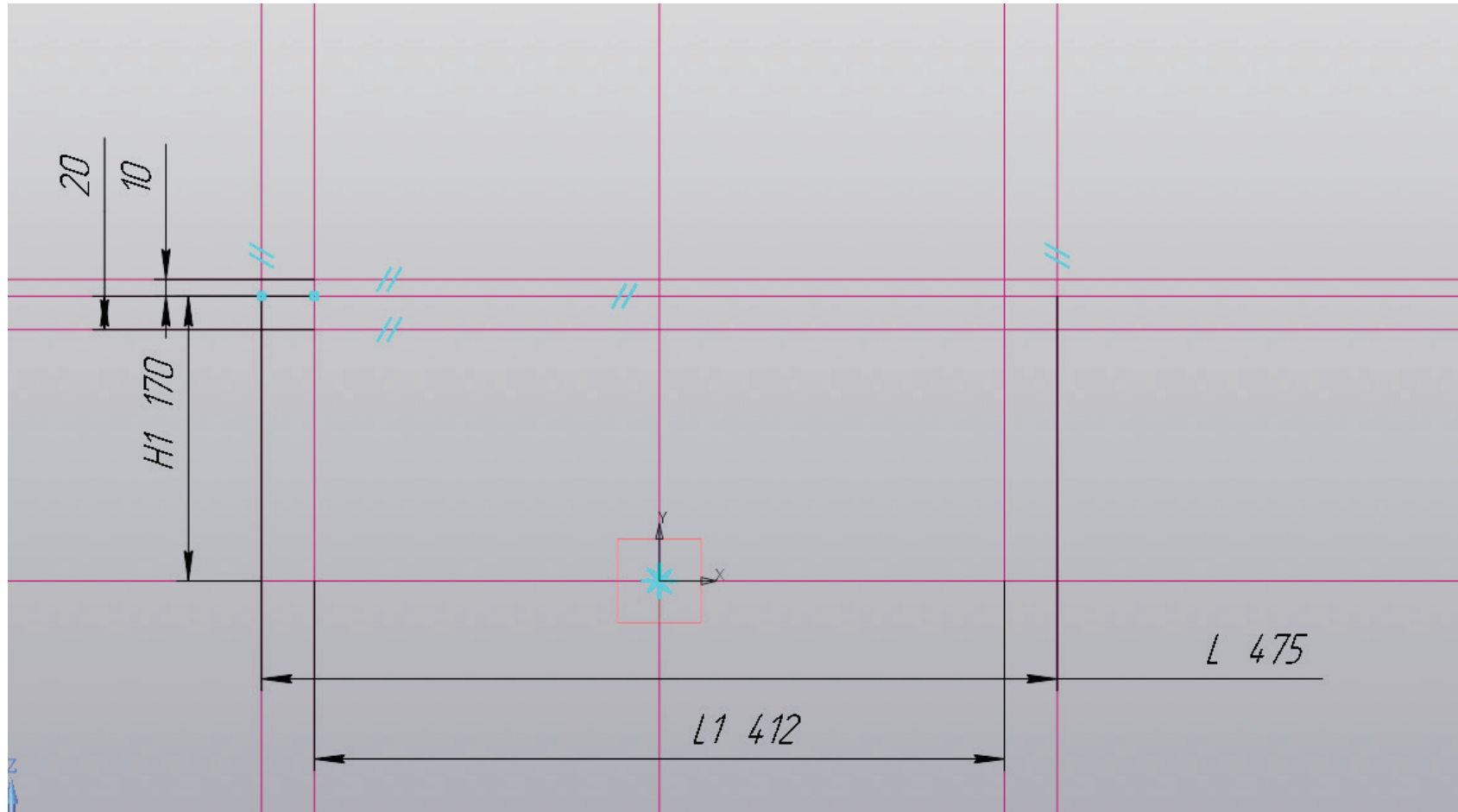


Рисунок 2 – Редуктор цилиндрический, работа с эскизом, вспомогательные прямые

От верхней прямой предстоит отложить вверх горизонтальную прямую на расстояние от 10 до 15 (мм) и вспомогательную прямую вниз на расстояние от $2 \cdot 10$ до $2 \cdot 15$ (мм).

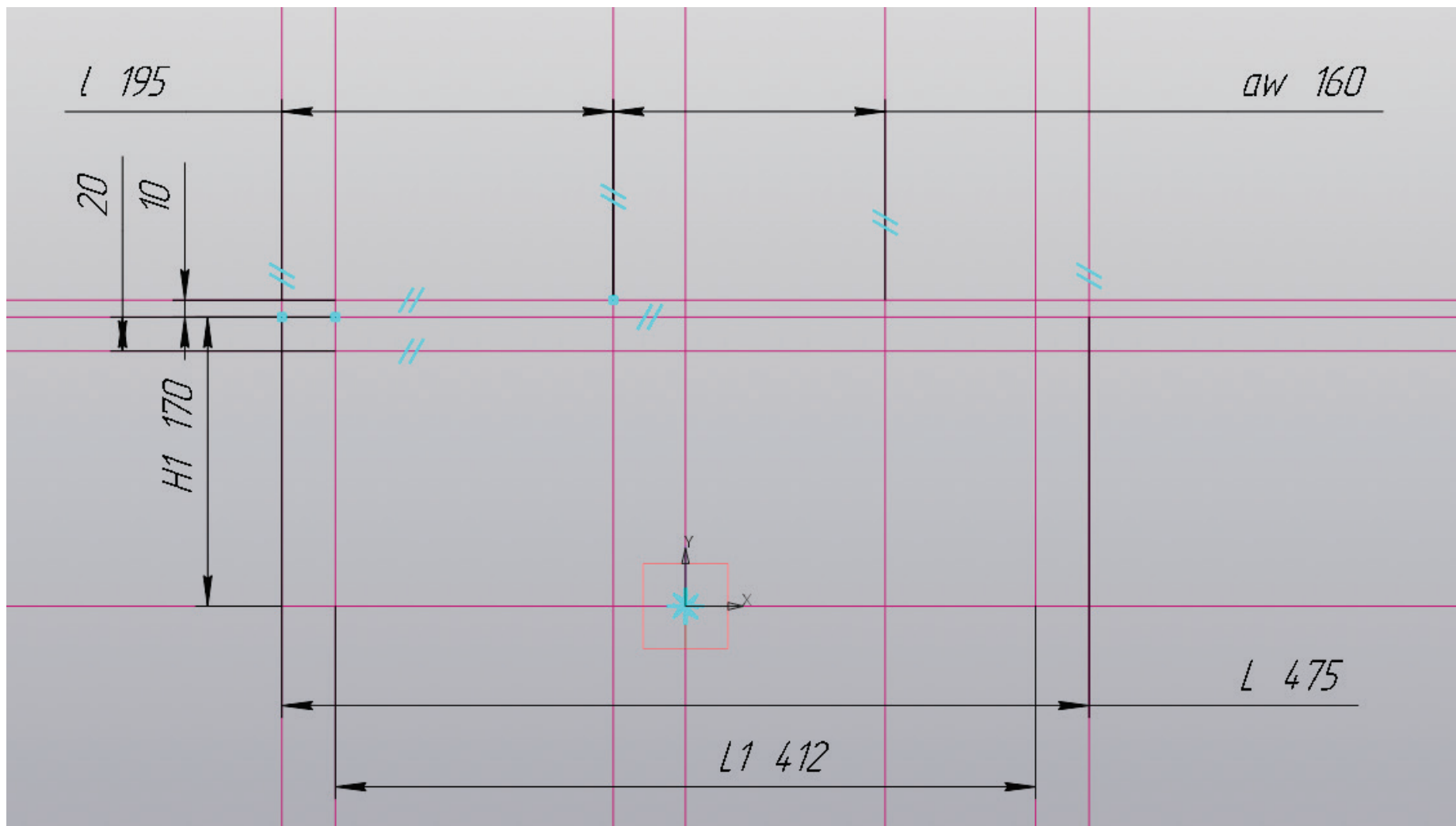


Рисунок 3 – Редуктор цилиндрический, работа с эскизом, вспомогательные прямые

Необходимо отложить параллельную прямую от левого края в правую сторону на расстоянии L (мм) и $(L+a_w)$ (мм).

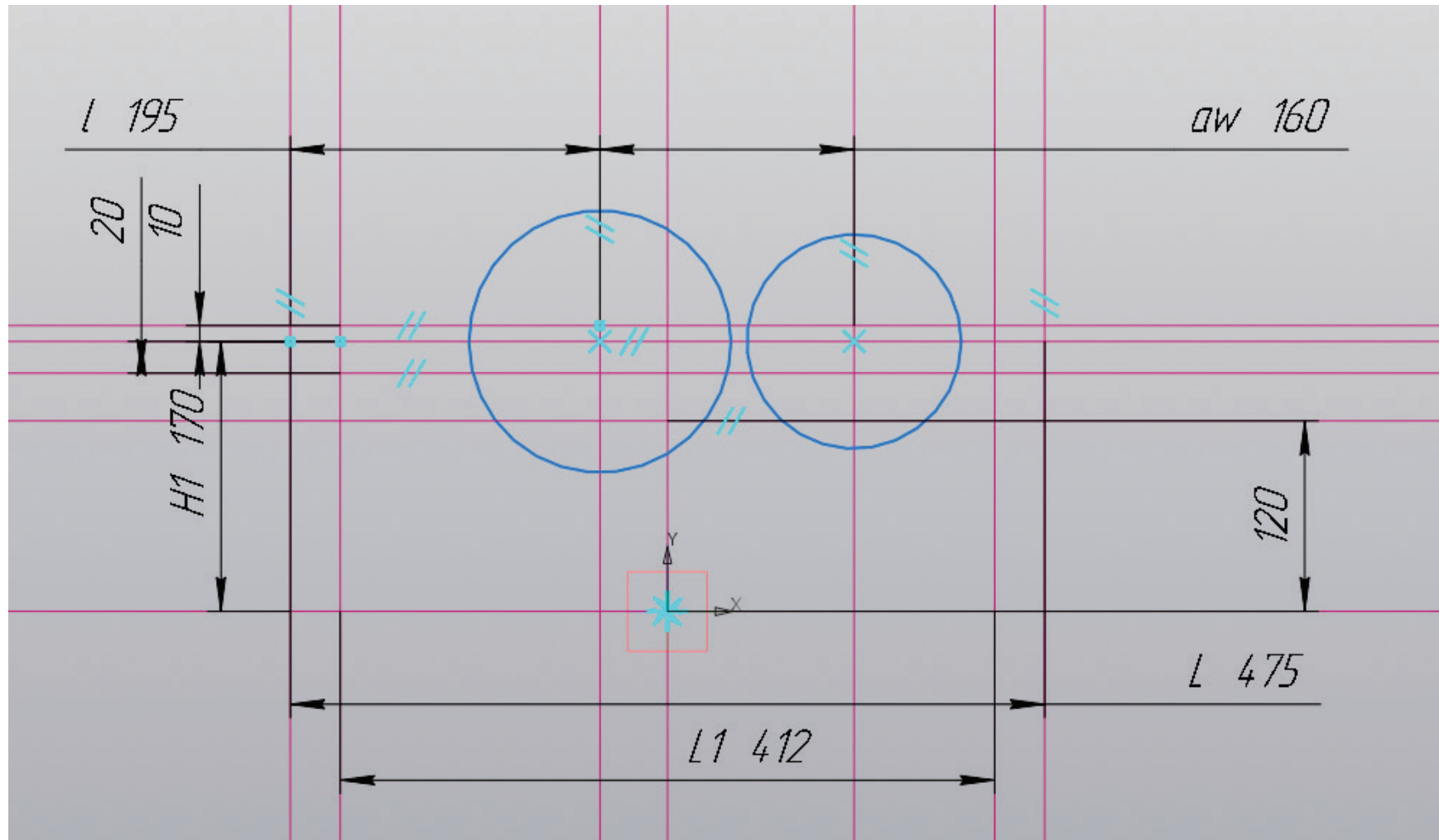


Рисунок 4 – Редуктор цилиндрический, работа с эскизом, вспомогательные прямые

Необходимо создать две окружности, как показано на рисунке 4, значения диаметров d_2^*3 и d^*3 находятся в справочных данных выбранного редуктора. После этого предстоит отложить от начала координат прямую на расстояние (H_1-50) (мм). Не обязательно вычитать 50 мм. Главное, чтобы было место для отверстия. Это нужно для дальнейшего соединения частей редуктора.

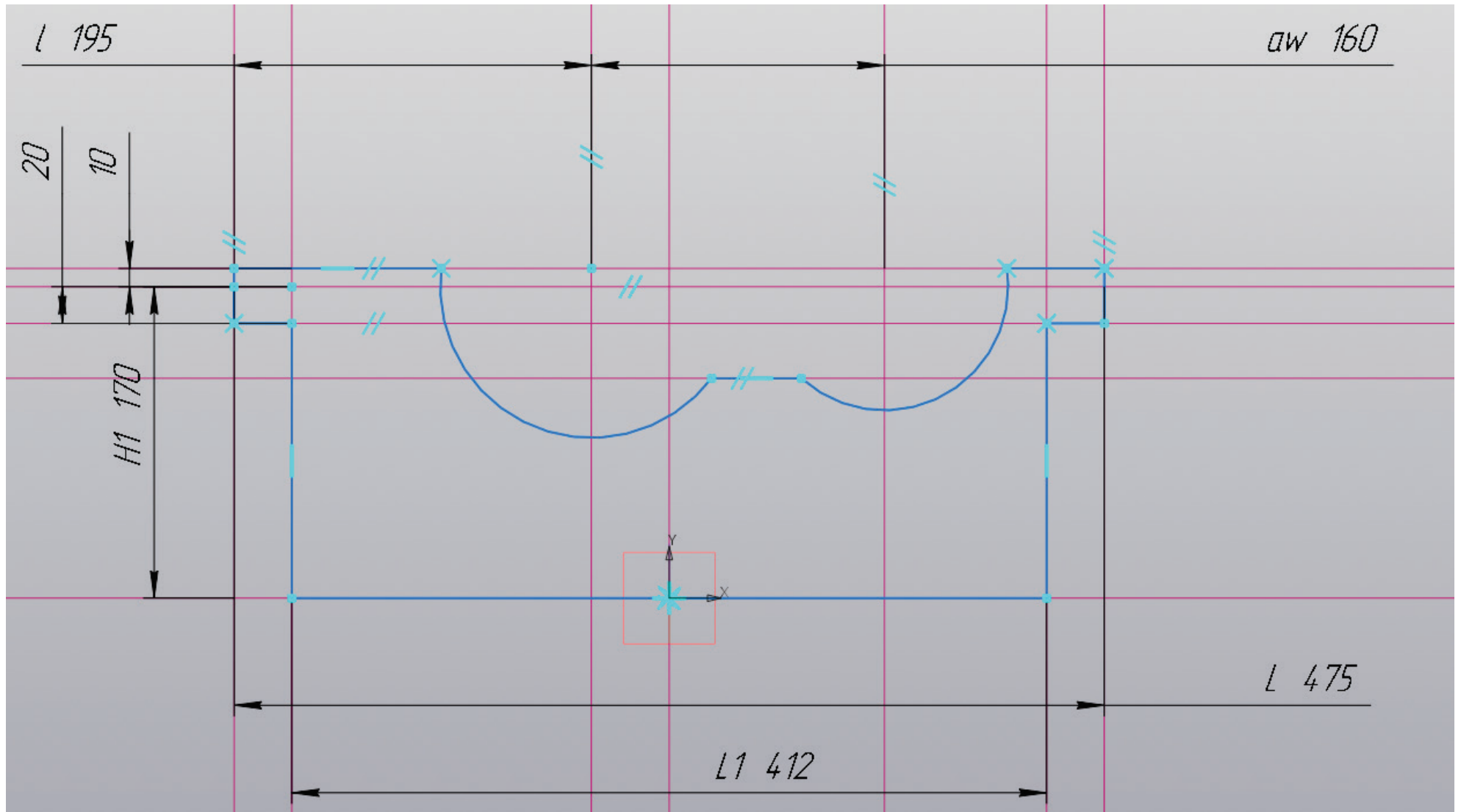


Рисунок 5 – Редуктор цилиндрический, работа с эскизом, создание контура нижней части редуктора

На рисунке 5 продемонстрировано создание контура нижней части редуктора путем соединения с помощью отрезков и удаления лишних элементов с применением команды «Усечь кривую».

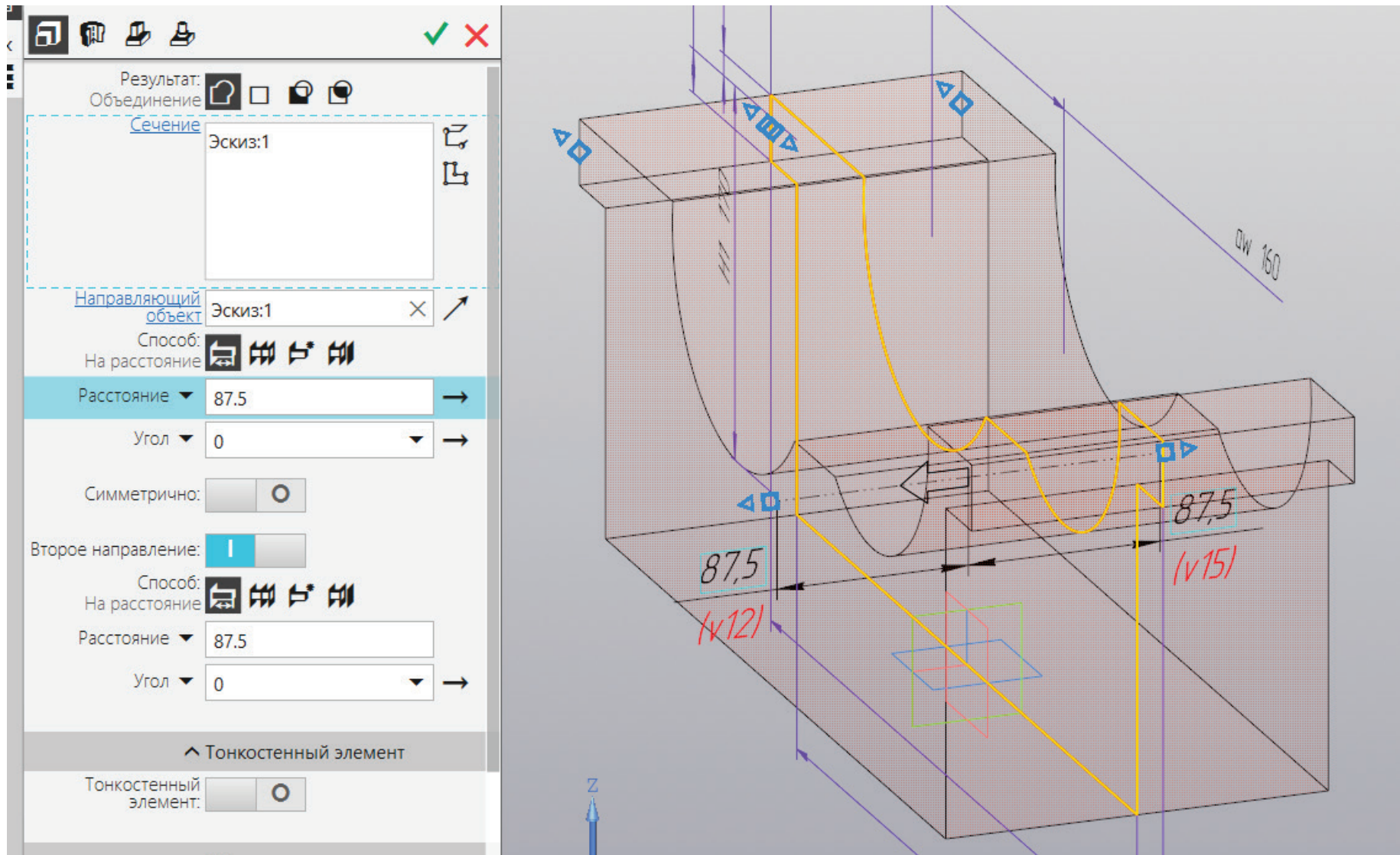


Рисунок 6 – Создание объемной модели по эскизу нижней части

За счет применением команды «Элемент выдавливания» создается объемное тело редуктора. Эскиз выдавливается симметрично в обе стороны на расстояние $V_1/2$ (мм).

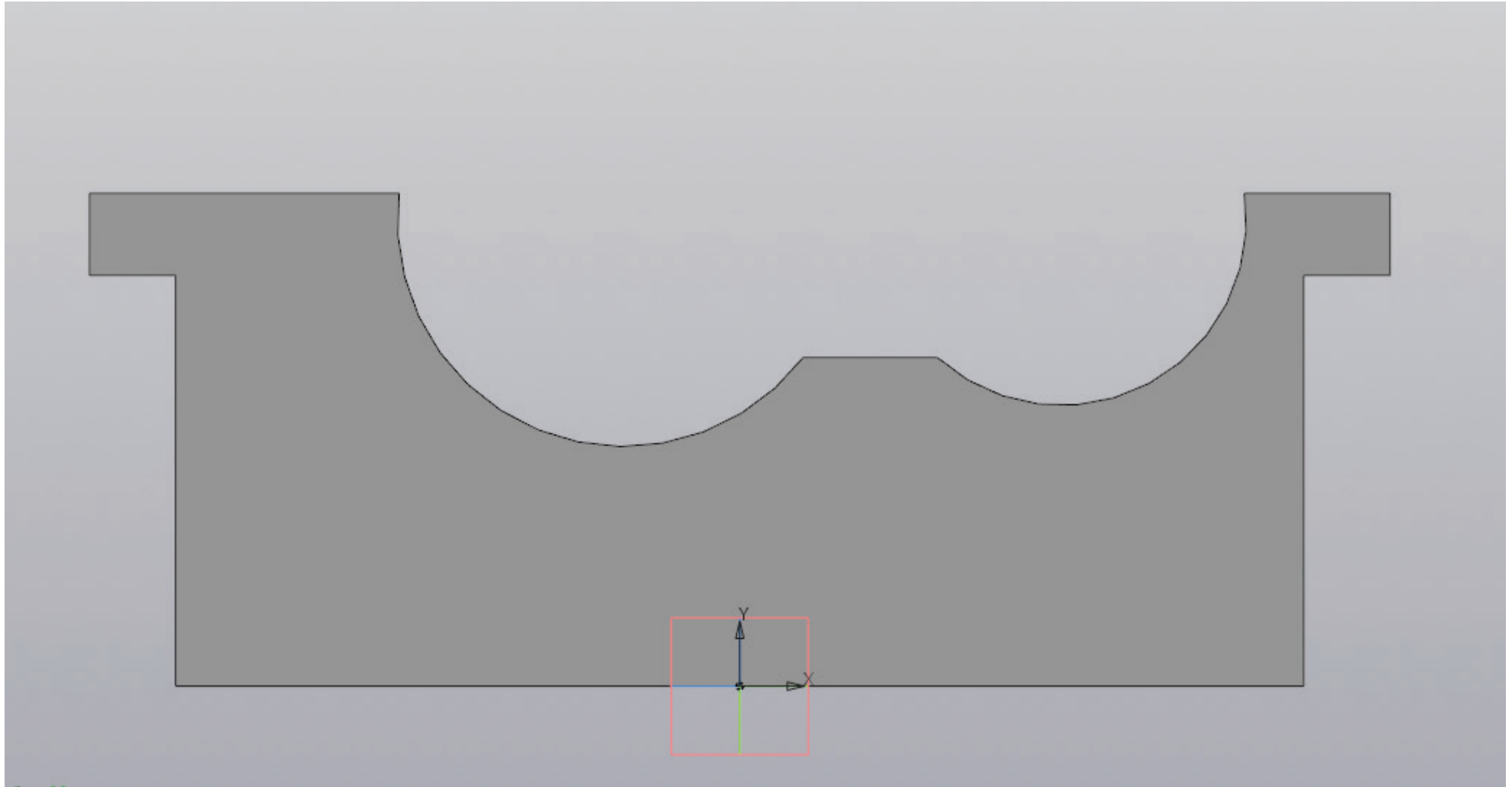


Рисунок 7 – Создание эскиза на центральной плоскости

Для следующего построения необходимо выбрать ту же плоскость, на которой выполнялся прошлый эскиз. В данном случае оба построения выполняются на плоскости XY, расположенной в начале координат.

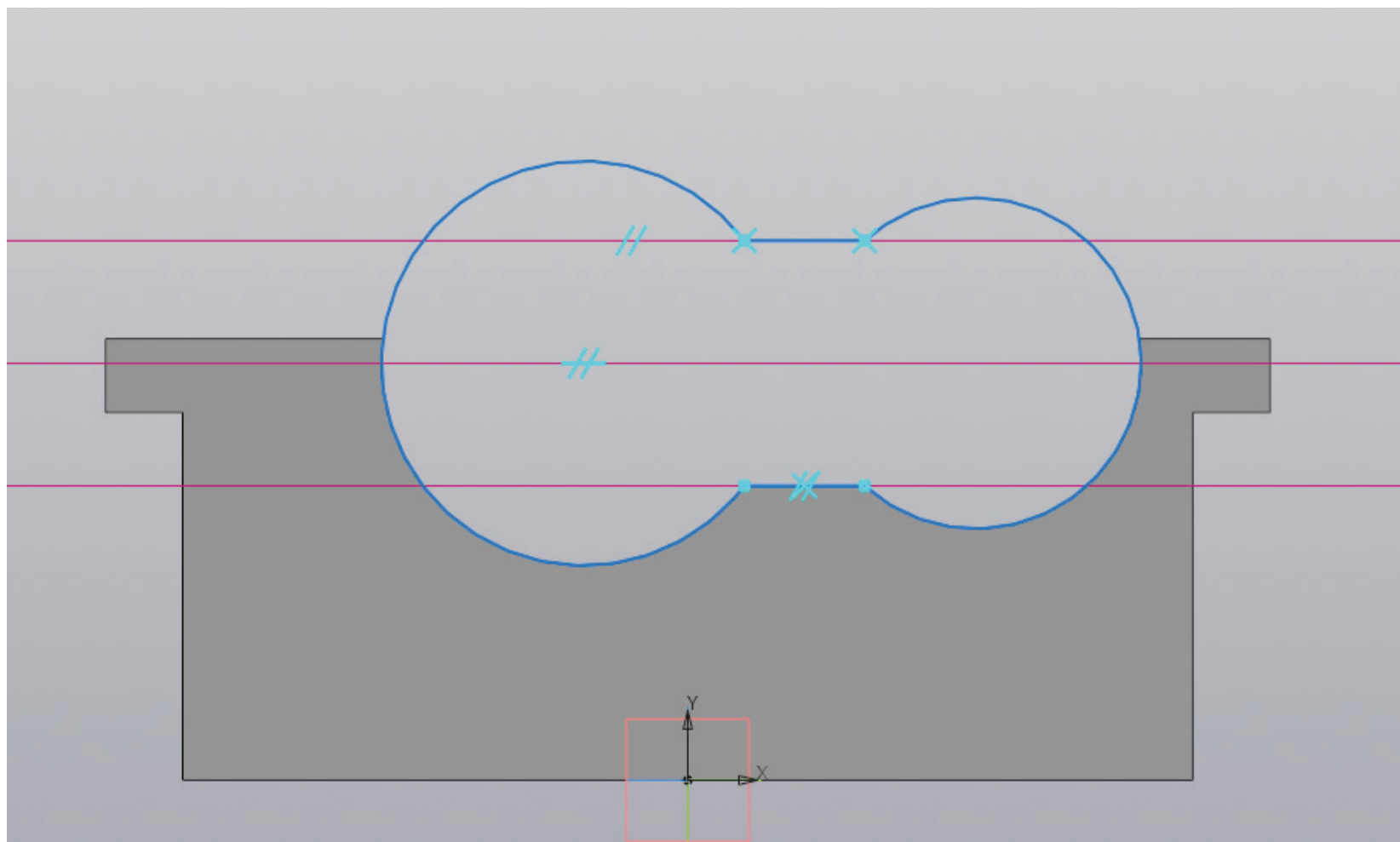


Рисунок 8 – Работа с эскизом, создание центральной части редуктора

Создаются две окружности, которые уже создавали ранее, для удобства можно воспользоваться окружностью по трем точкам. Также можно скопировать уже созданные окружности из прошлого эскиза.

Следующим шагом предстоит отложить от центра окружностей две горизонтальные прямые на расстояние 50 мм вверх и вниз. Окружности соединяются таким образом, чтобы получился замкнутый контур (рис. 7), не стоит забывать о том, чтобы усечь ненужные части окружности.

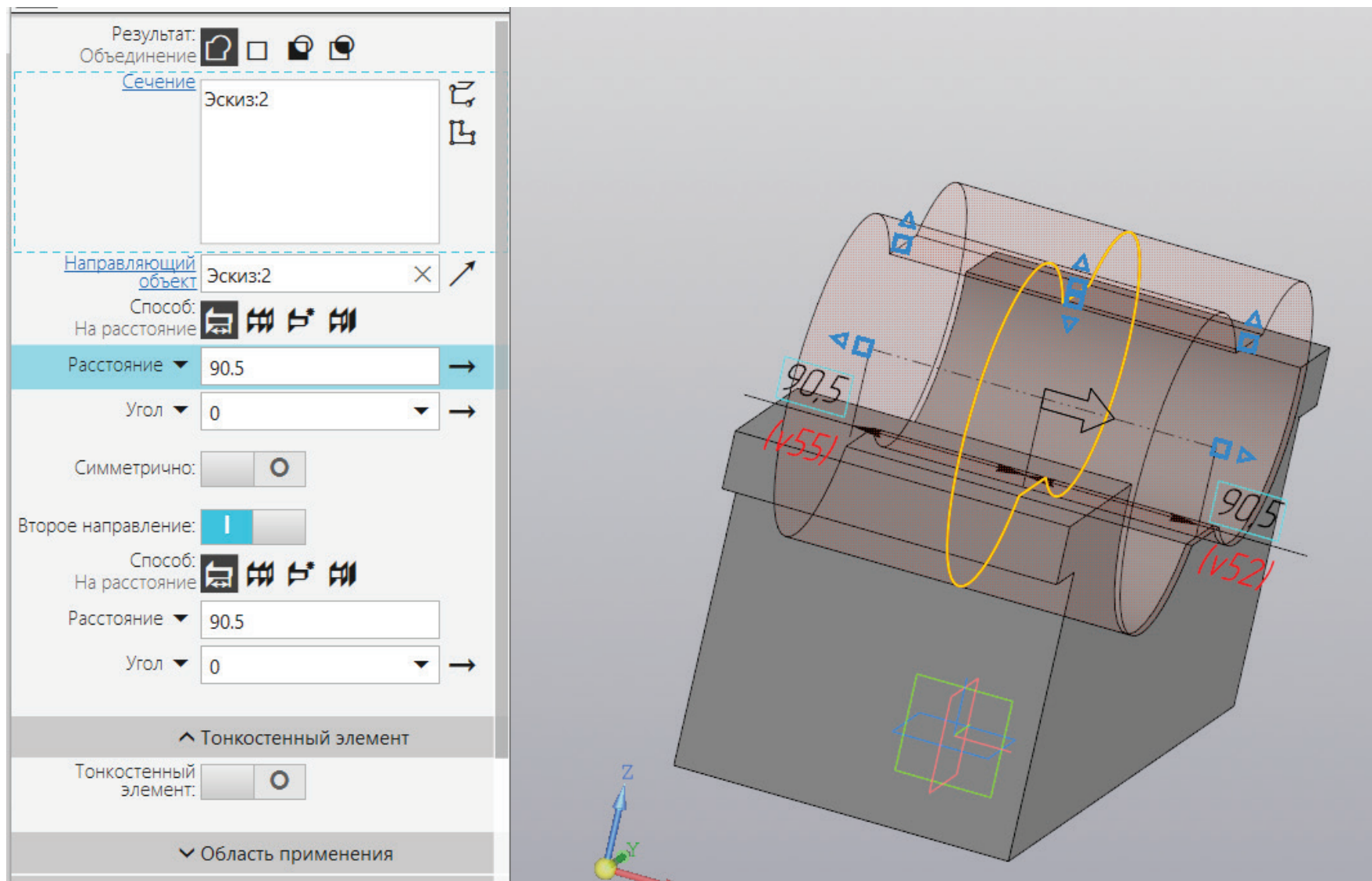


Рисунок 9 – Создание объемной модели по эскизу центральной части

Следующей итерацией является симметричное использование операции выдавливания на расстояние $(B-4)/2$ (мм).

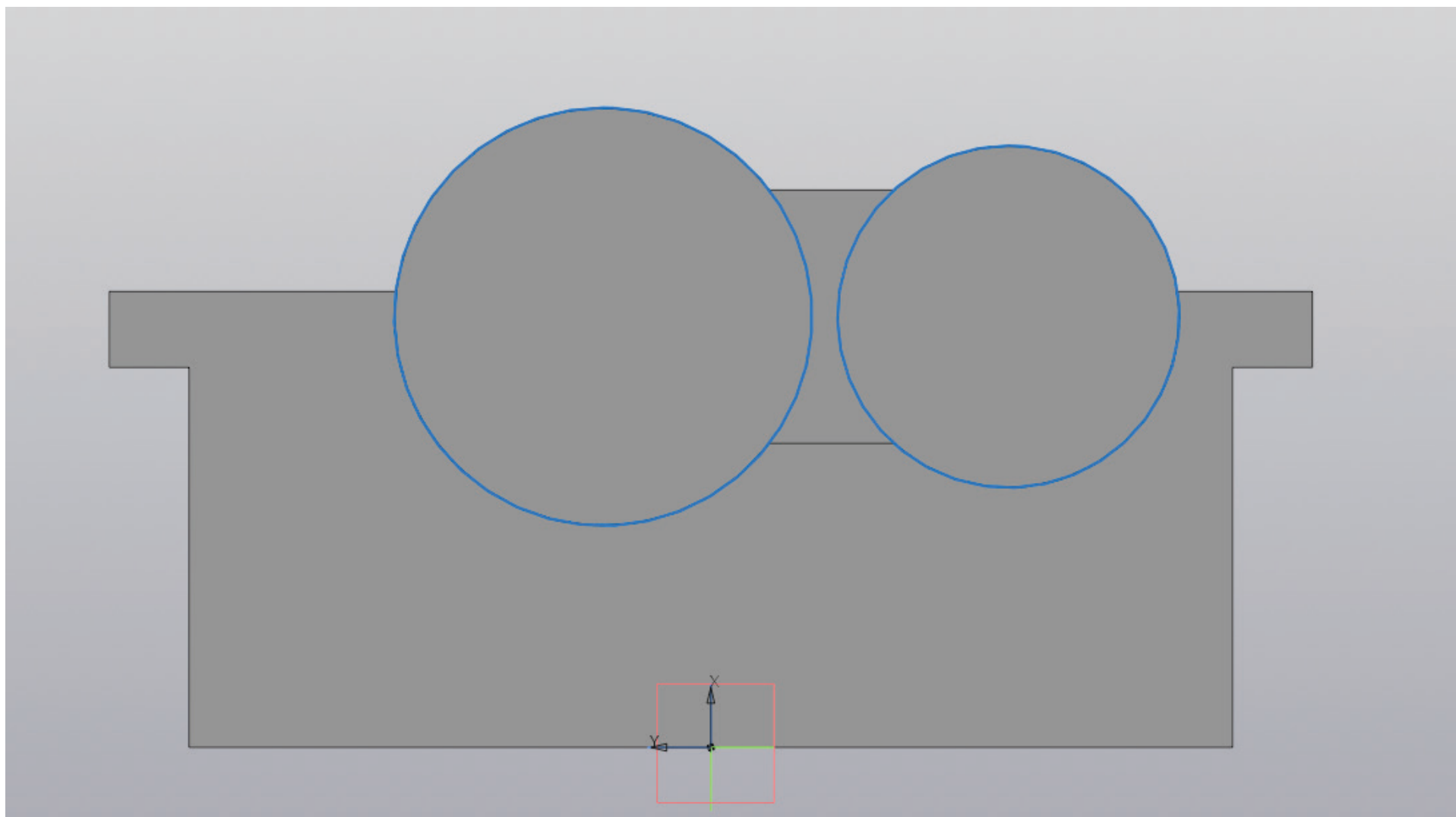


Рисунок 10 – Создание эскиза в центральной плоскости

Выбрав центральную плоскость, на которой были построены предыдущие эскизы, создаются две окружности.

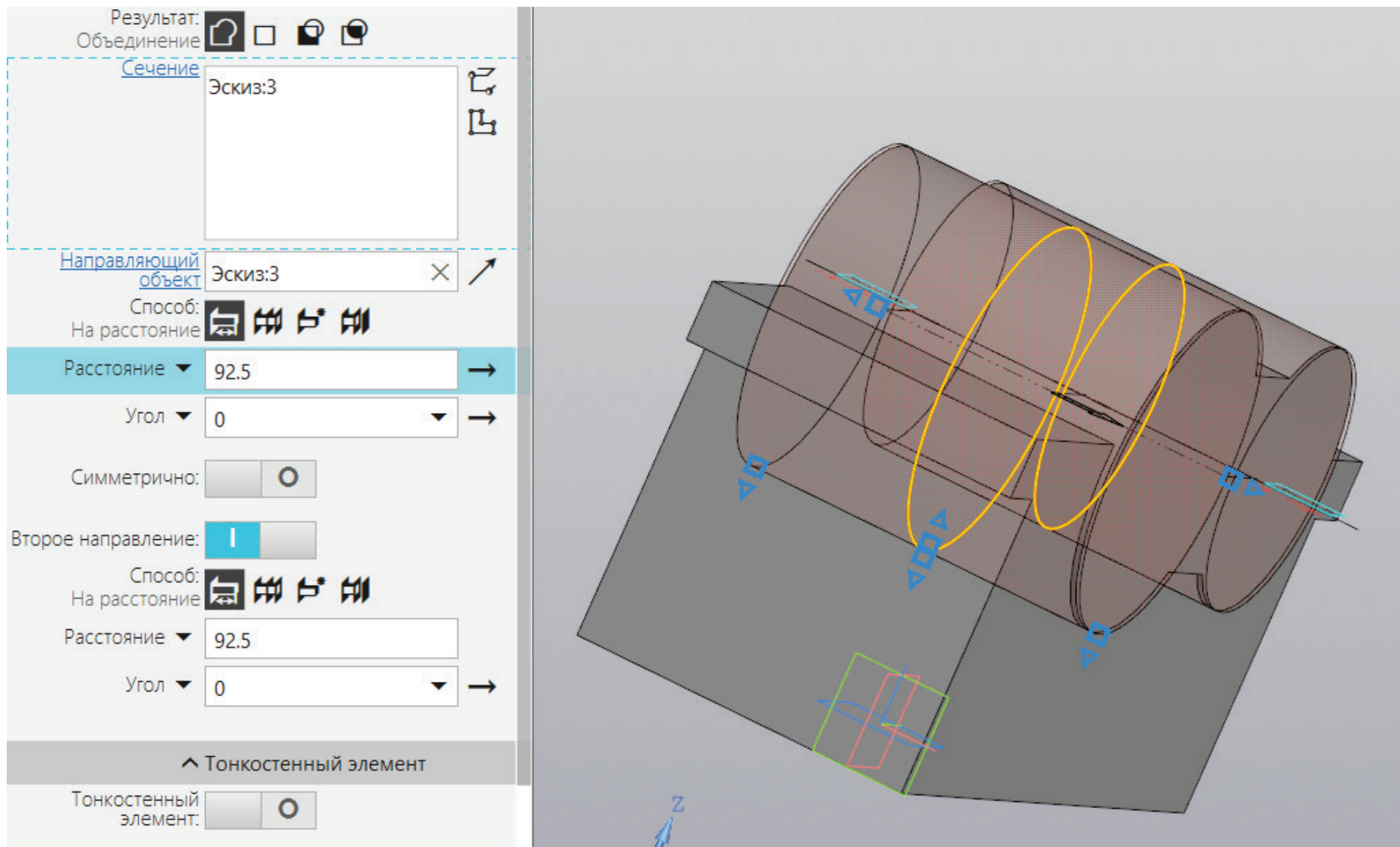


Рисунок 11 – Создание объемной модели по эскизу окружностей

Применяется операция выдавливания к созданному эскизу симметрично на расстояние $B/2$ (мм).

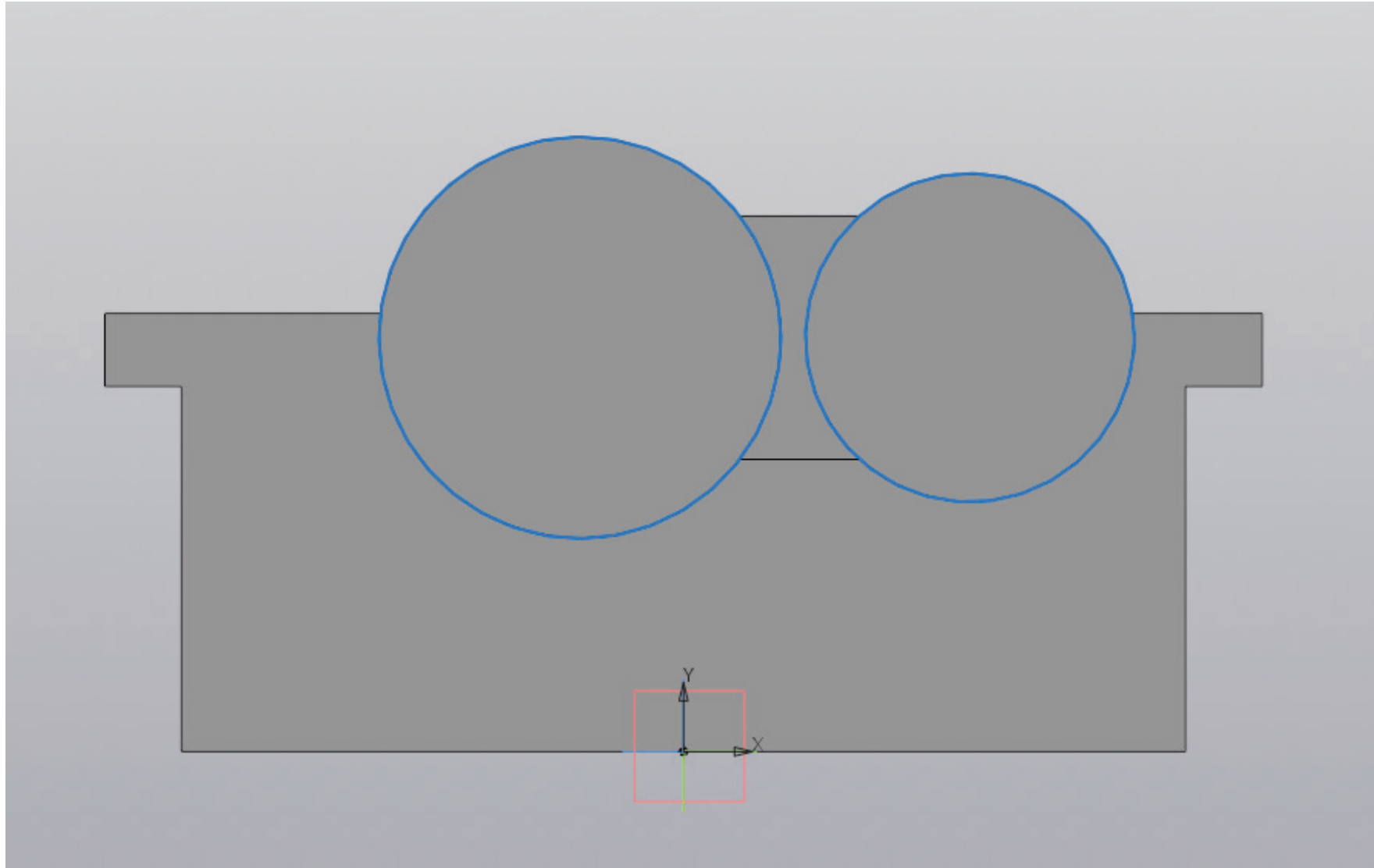


Рисунок 12 – Работа с эскизом, создание верхней части редуктора

На центральной плоскости вновь создается эскиз на котором выполняется построение двух окружностей тех же диаметров.

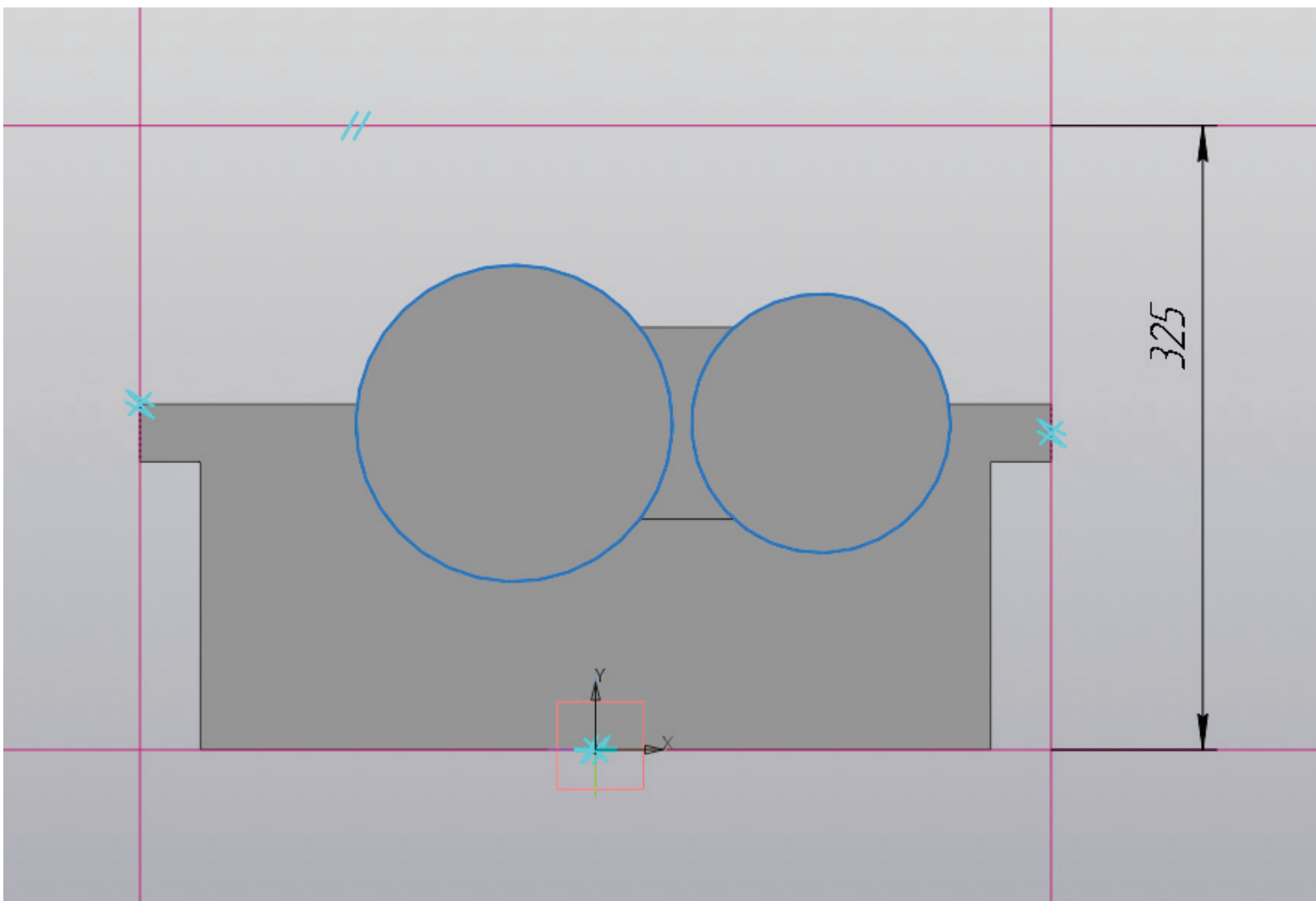


Рисунок 13 – Работа с эскизом, создание верхней части редуктора

От нижней плоскости редуктора откладывается параллельная прямая на расстоянии $H-10$ (мм). После чего указываются две вспомогательные прямые по краям редуктора (рис. 13).

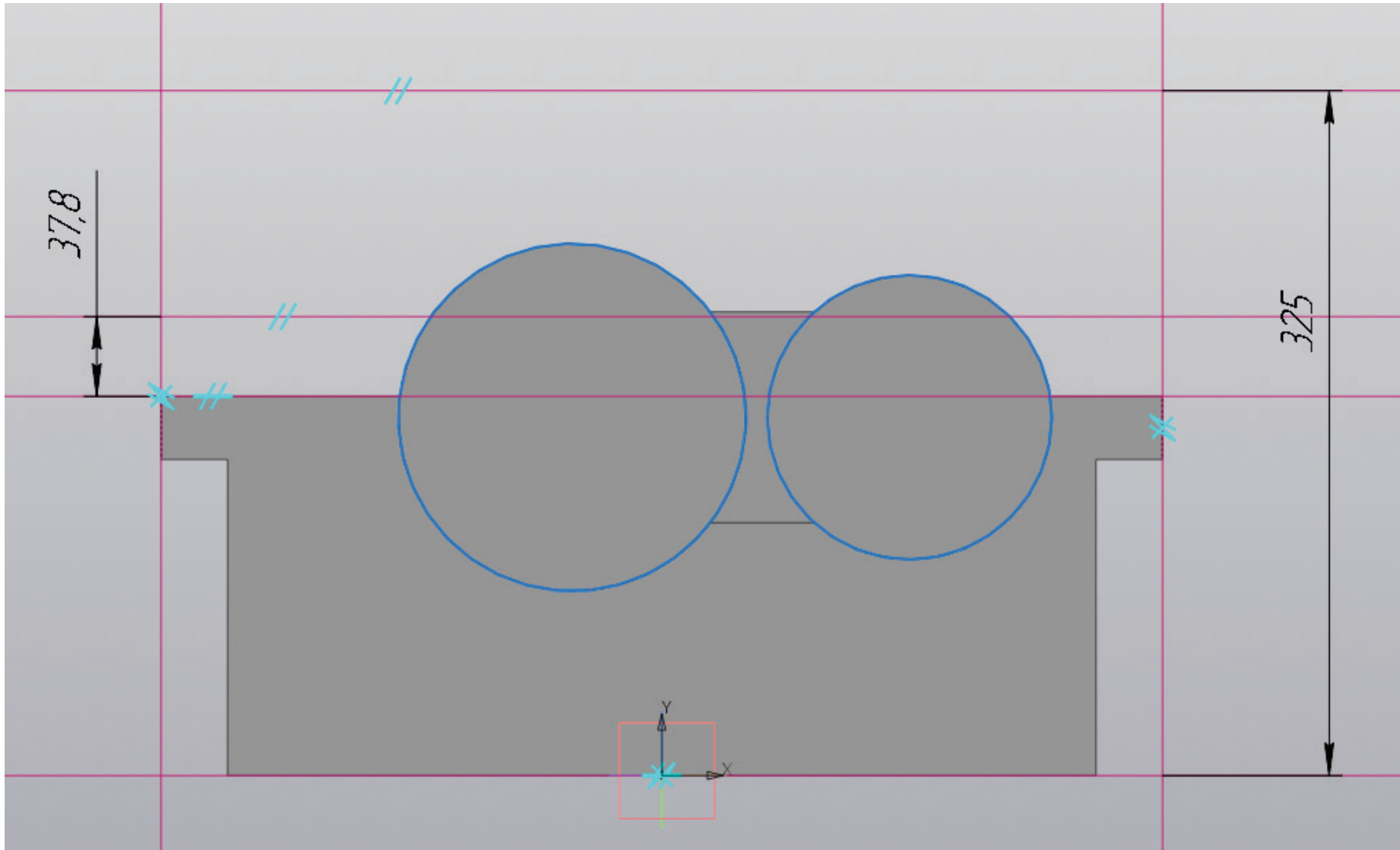


Рисунок 14 – Работа с эскизом, создание верхней части редуктора

Проведя вспомогательную горизонтальную прямую на краю корпуса, необходимо отложить от нее параллельную прямую на расстоянии $((L-L_1)/2)*1,2$ (мм).

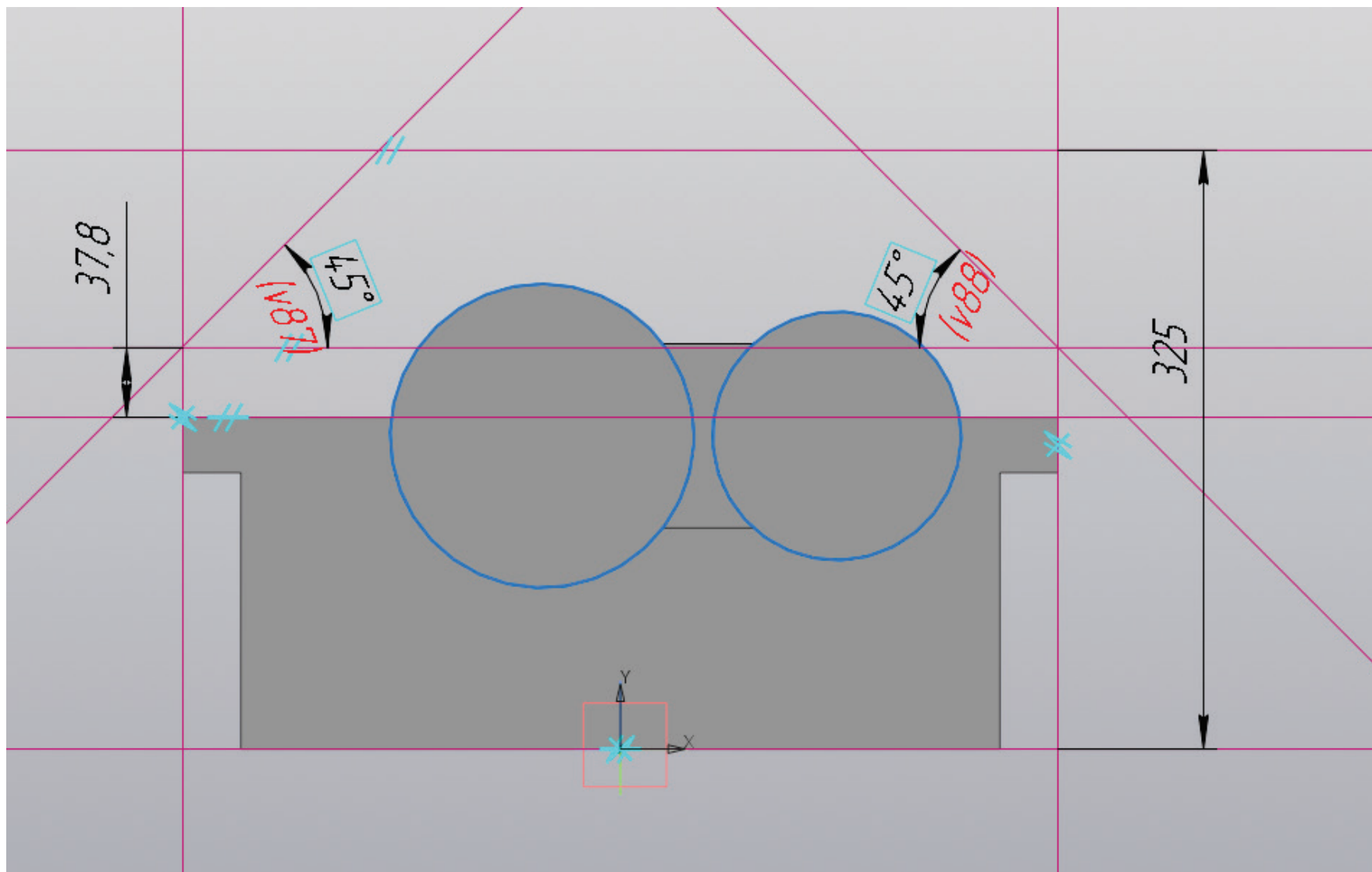


Рисунок 15 – Работа с эскизом, создание верхней части редуктора

На пересечении горизонтальной и вертикальной прямых необходимо построить две вспомогательные прямые под углом 45 градусов, как показано на рисунке 15.

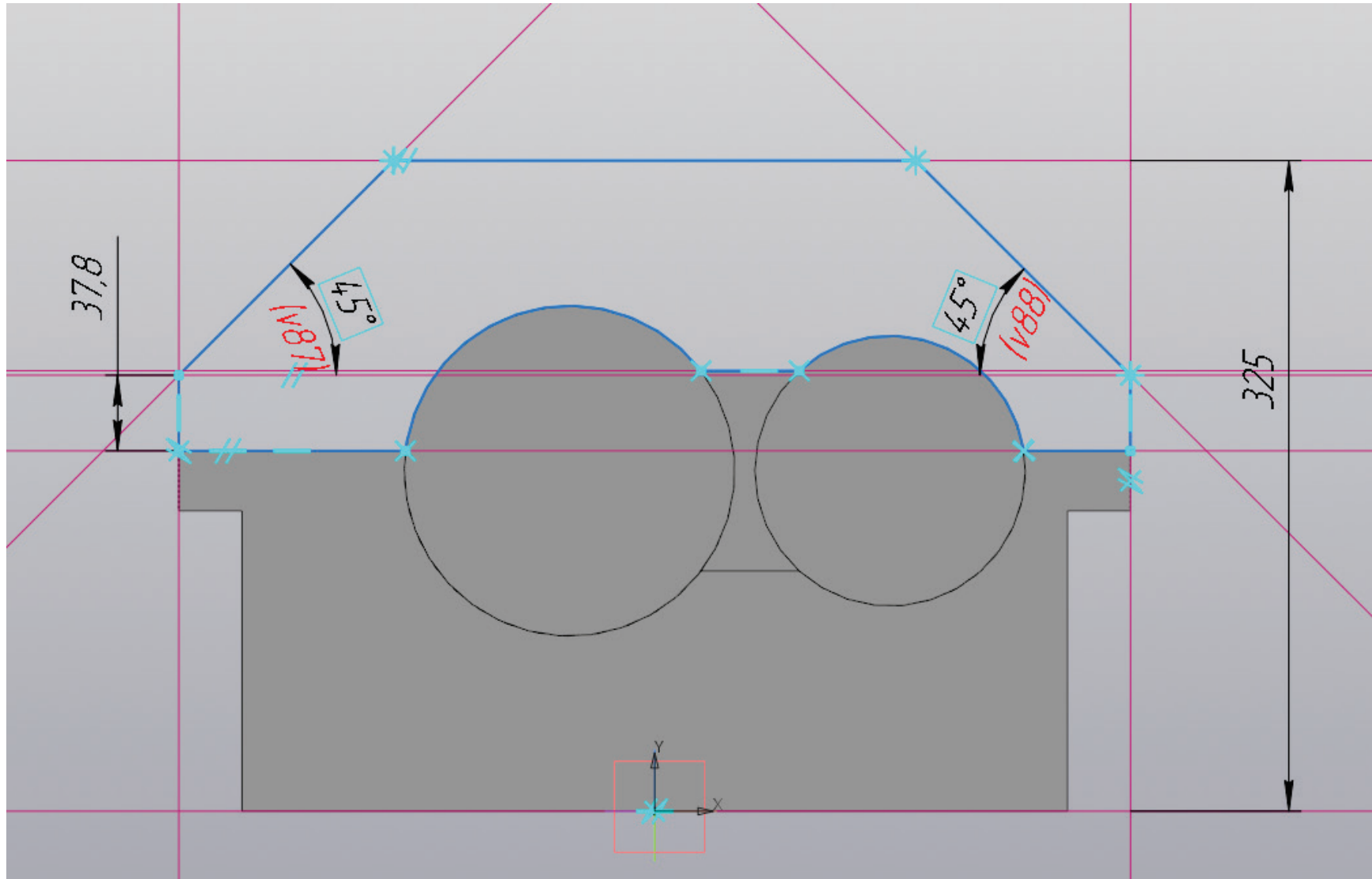


Рисунок 16 – Работа с эскизом, создание контура верхней части редуктора

Применяя функцию отрезок, необходимо создать контур верхней части редуктора, также усекаются ненужные части окружностей.

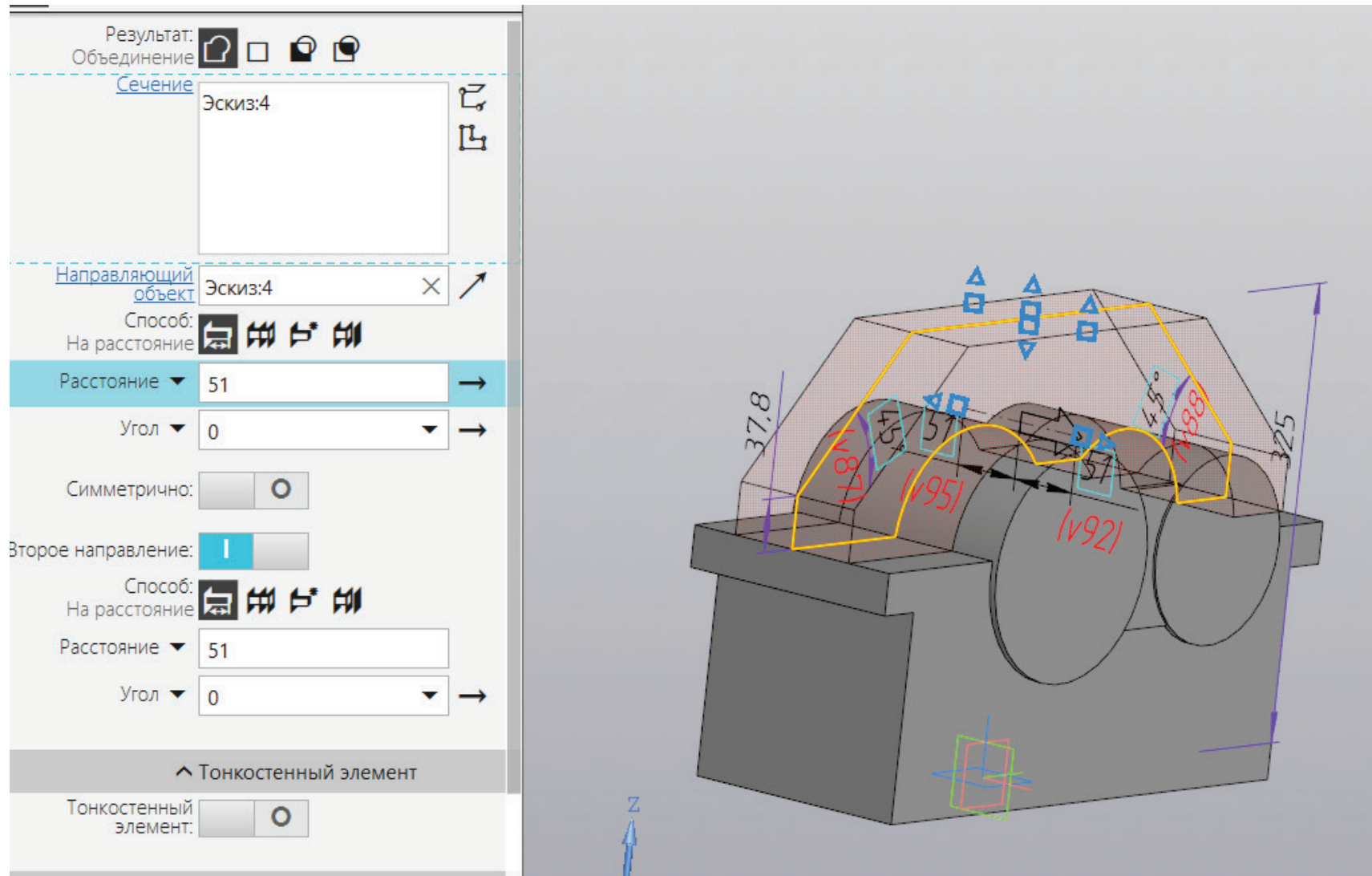


Рисунок 17 – Создание объемной модели верхней части редуктора по эскизу

Применяется операция выдавливания для построенного эскиза верхней части редуктора на расстояние $b/2$ симметрично относительно плоскости расположения эскиза.

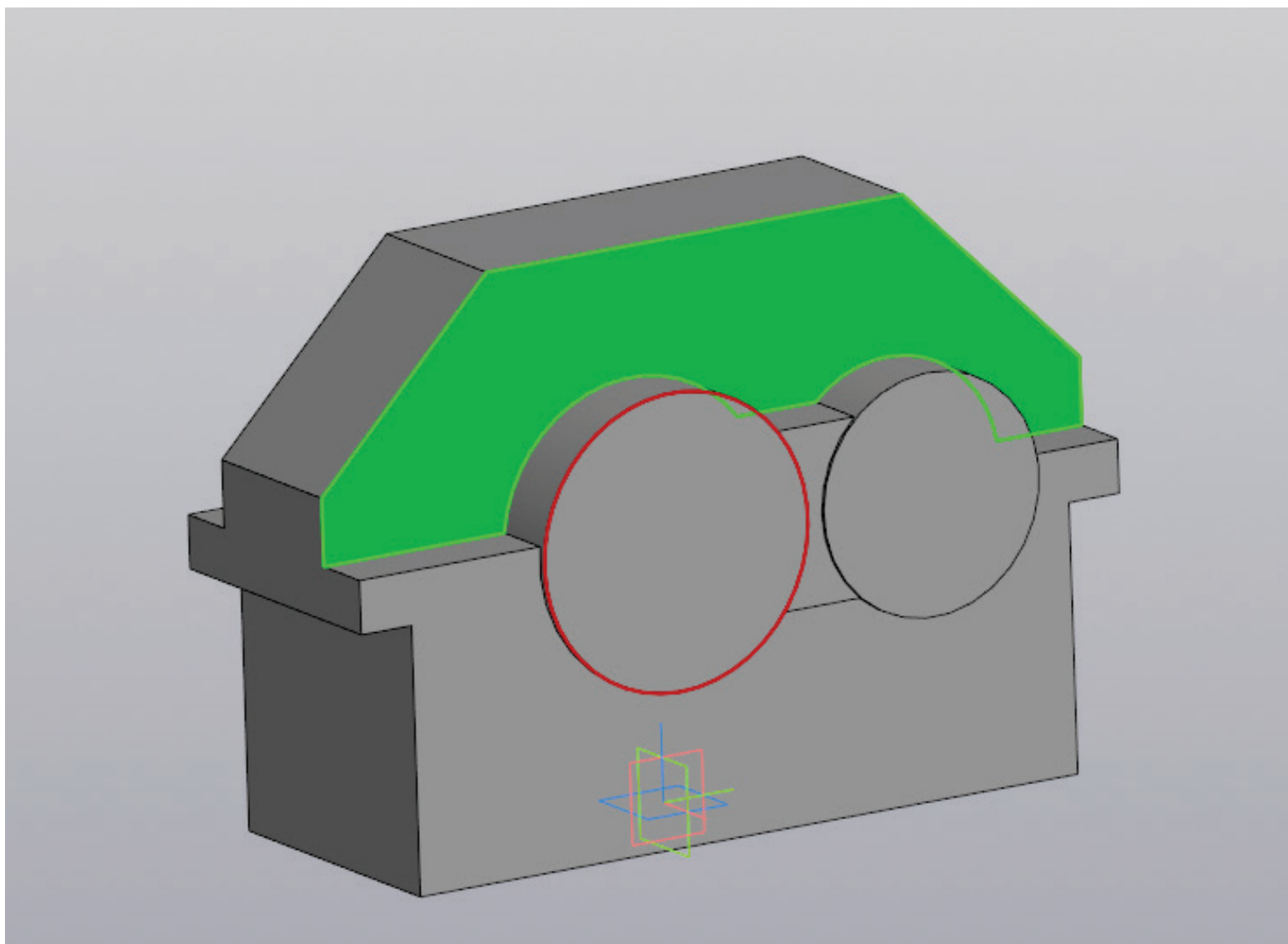


Рисунок 18 – Создание эскиза на плоскости

Для дальнейшего построения необходимо выделить плоскость, как на рисунке 18, и создать эскиз.

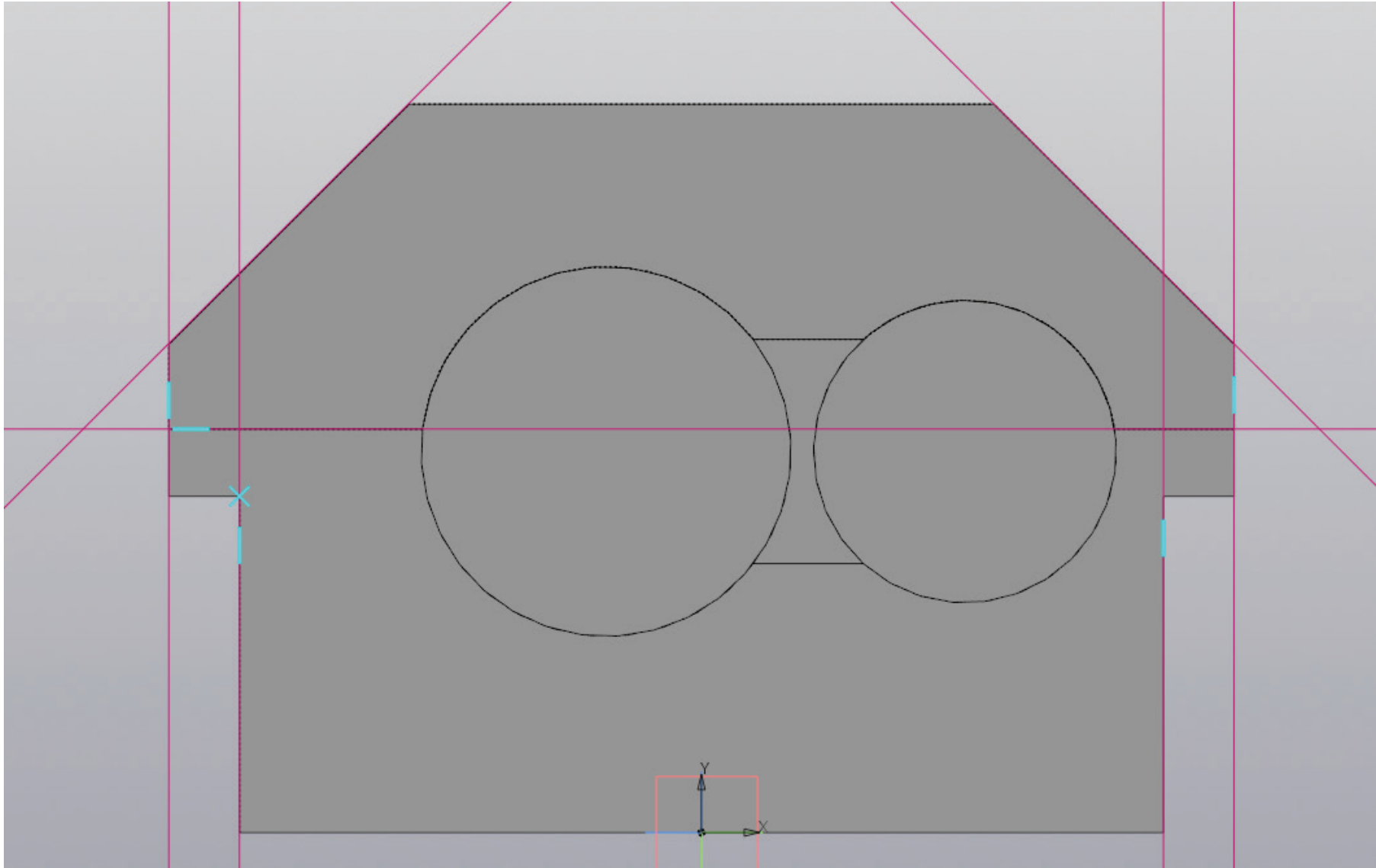


Рисунок 19 – Создание вспомогательных прямых

Создав эскиз, необходимо построить вспомогательные прямые по контуру верхней части редуктора (рис. 19).

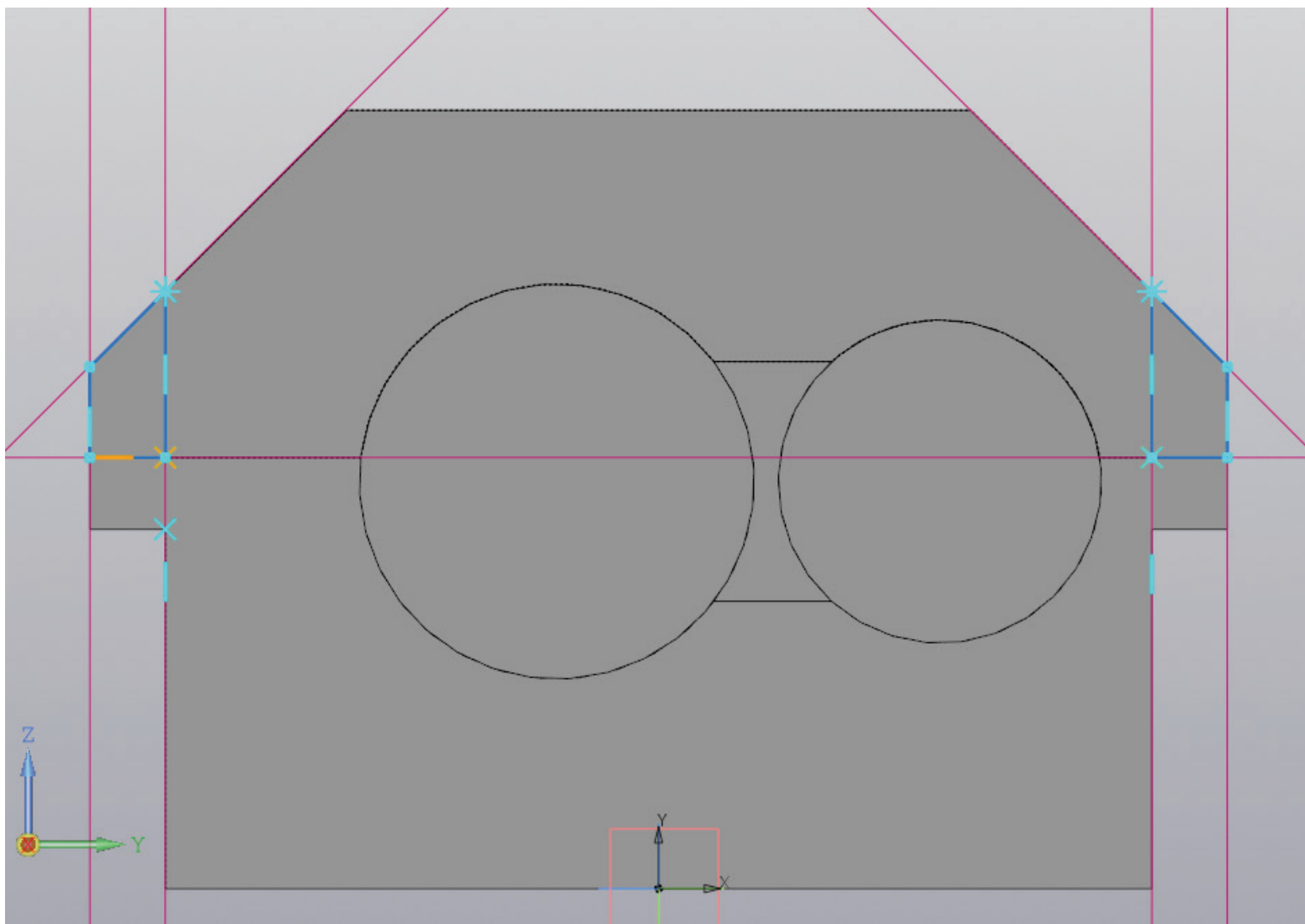


Рисунок 20 – Создание контура

С помощью функции отрезок выполняется построение контура с двух сторон крышки редуктора, как показано на рисунке 20.

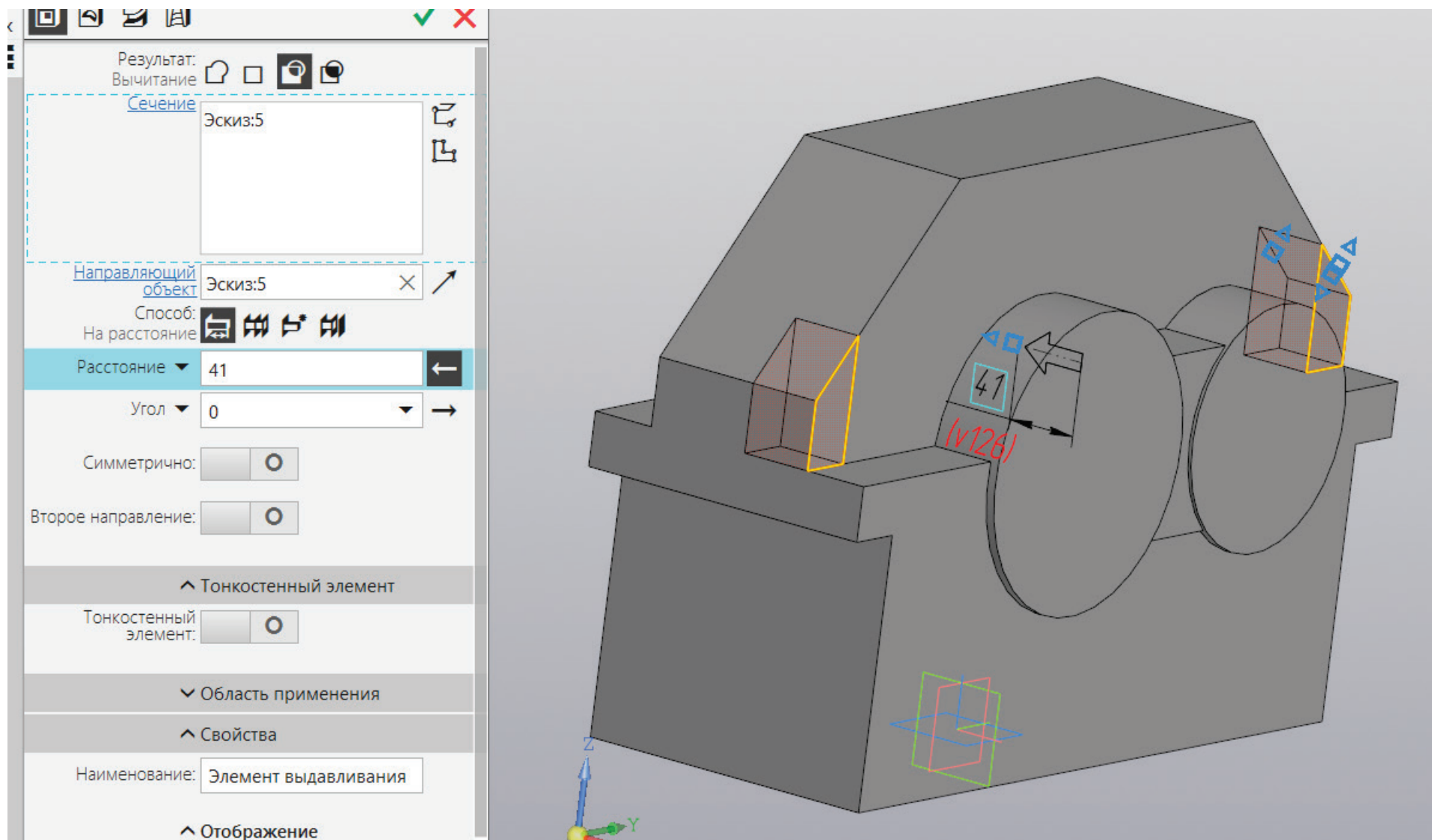


Рисунок 21 – Вырезание формы по разработанному эскизу

Применяя операцию «Вырезать выдавливанием» уменьшаем геометрию объекта на расстояние $(b/2-10)$ (мм).

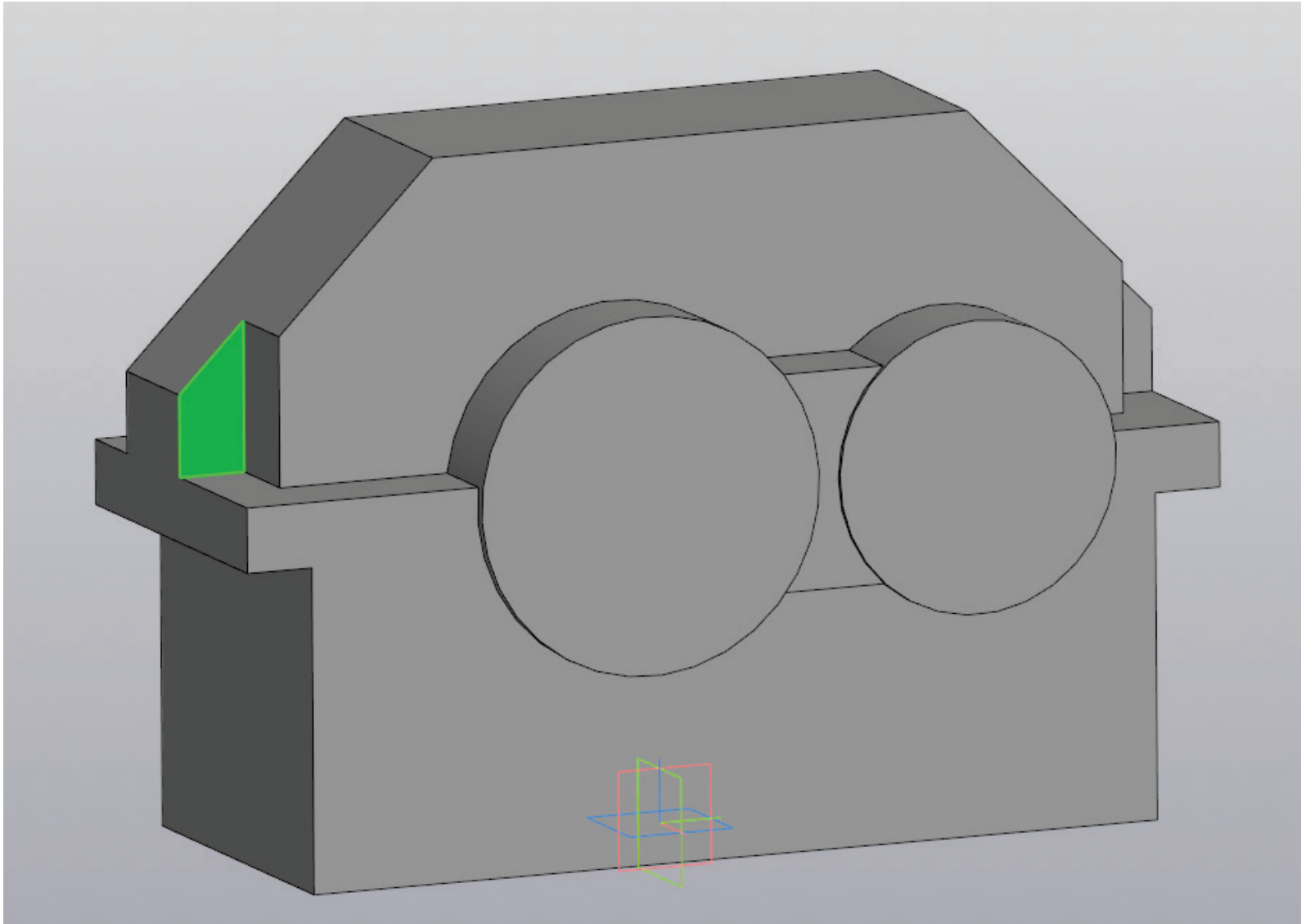


Рисунок 22 – Создание отверстий на выбранной плоскости

Путем выделения плоскости, как на рисунке 22, создаем эскиз для дальнейшего вырезания отверстий.

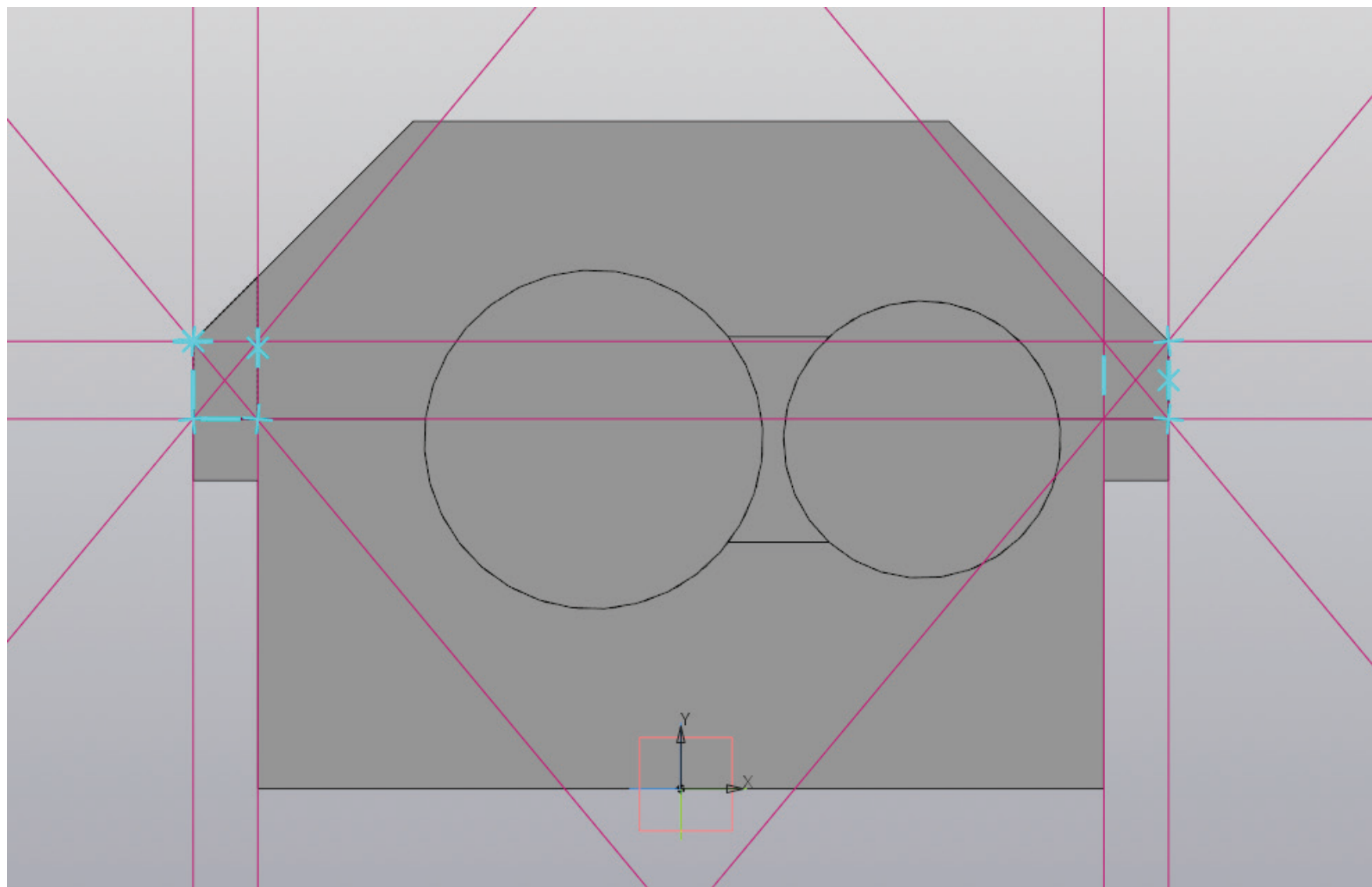


Рисунок 23 – Создание вспомогательной геометрии

Применяя вспомогательные прямые необходимо получить расположение центров будущих отверстий (рис. 23).

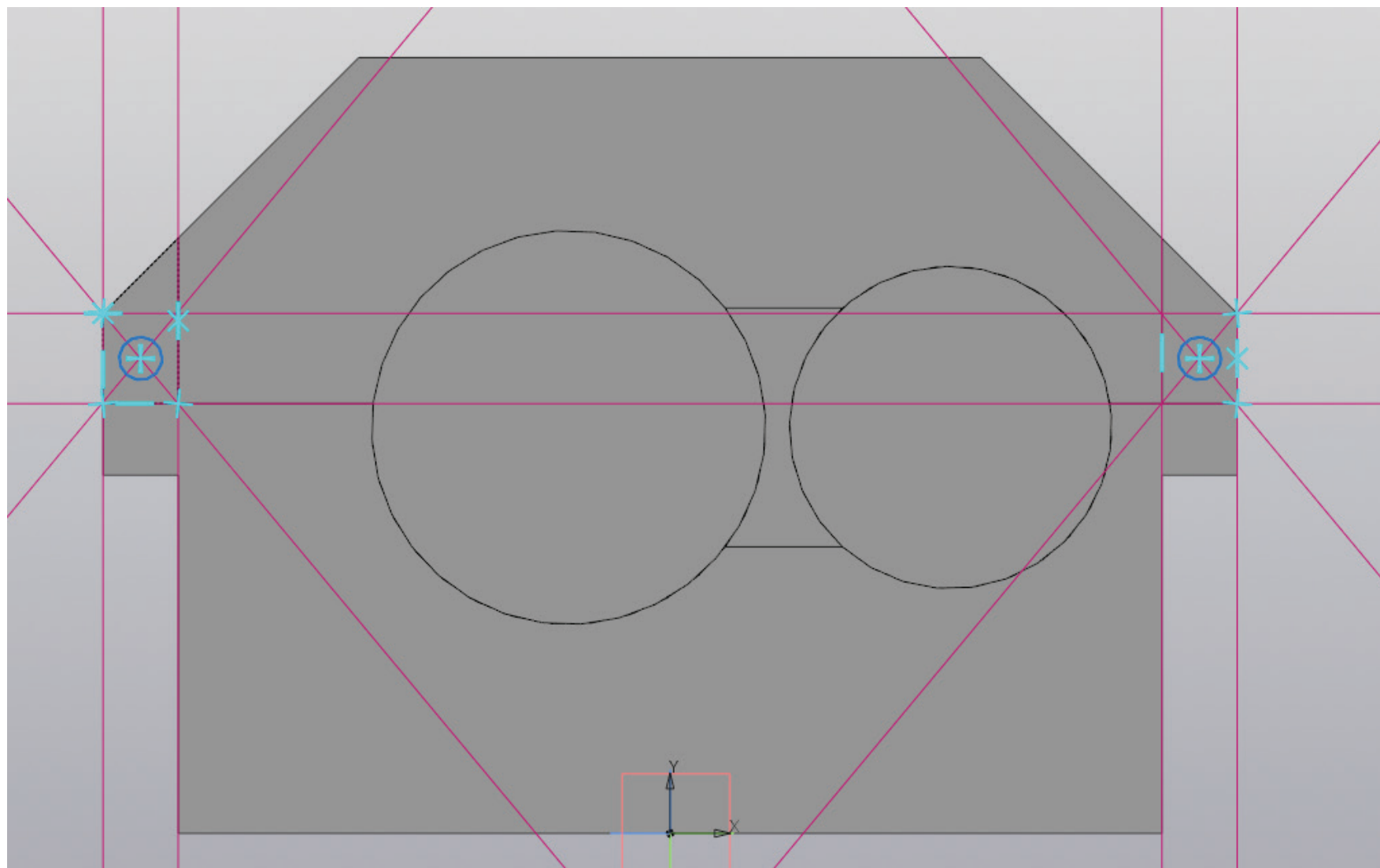


Рисунок 24 – Создание окружностей

В точке пересечения прямых создаются две окружности диаметрами 18 мм. За конструктором остается право создания отверстий другого диаметра, главное, чтобы они были не слишком узкими и не располагались близко к краю.

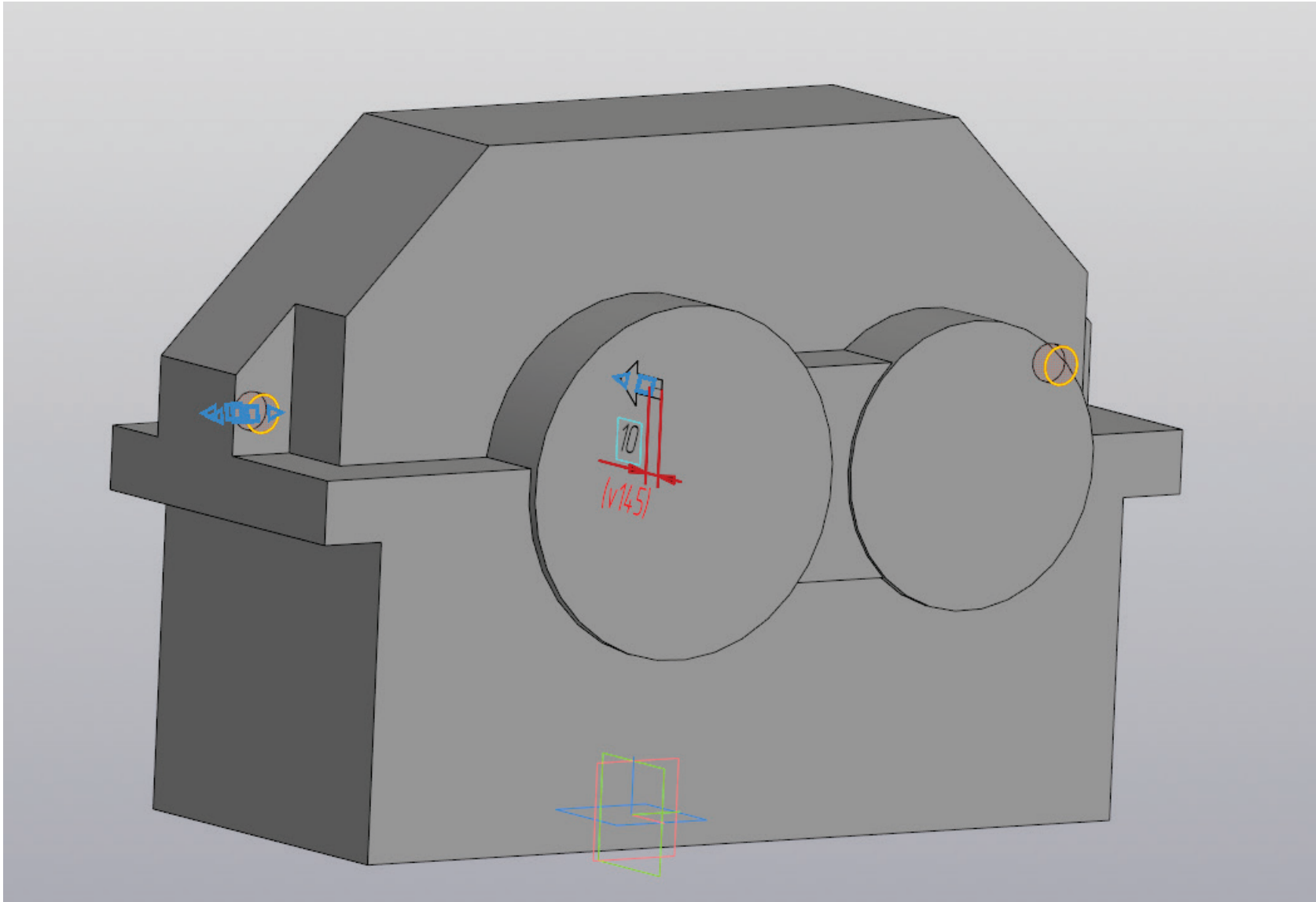


Рисунок 25 – Вырезание отверстий

Применяя команду «Вырезать выдавливанием», необходимо создать отверстие до середины центральной оси.

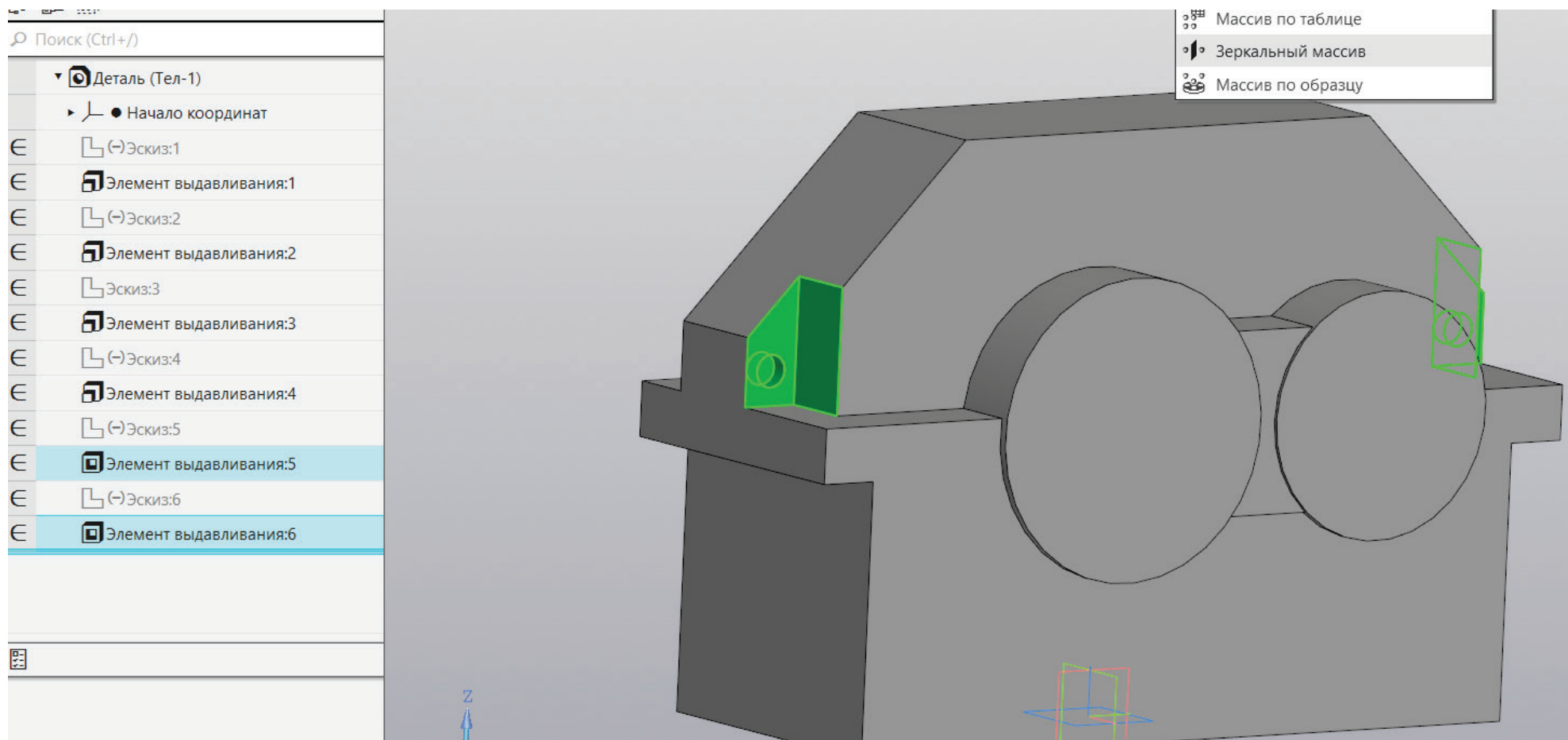


Рисунок 26 – Создание зеркального массива

Для того, чтобы второй раз не создавать такие же отверстия и не уменьшать геометрию крышки, стоит воспользоваться зеркальным массивом. Для этого необходимо выделить интересующие операции одновременно.

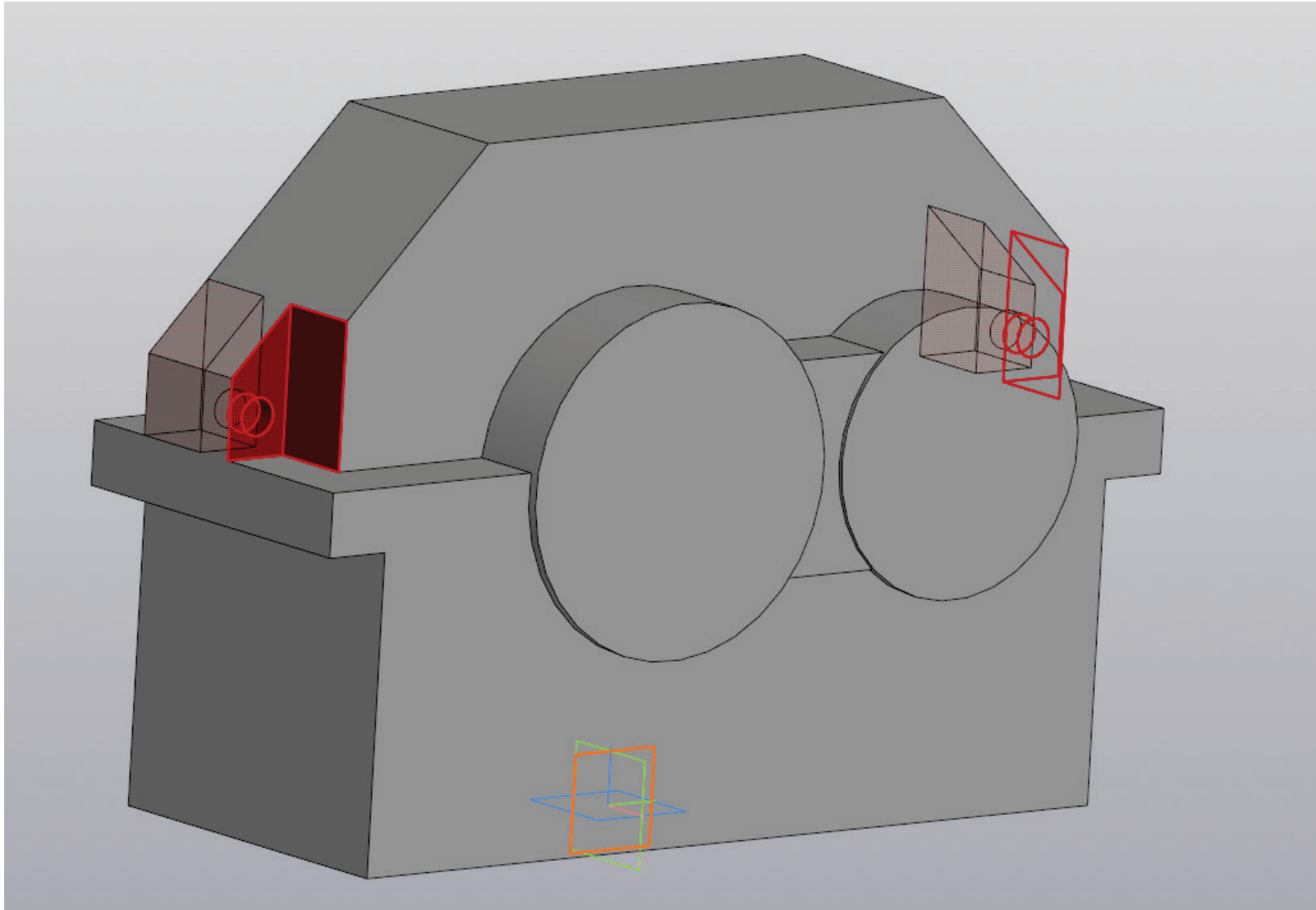


Рисунок 27 – Работа с зеркальным массивом

Применять зеркальный массив следует относительно центральной оси. В данном случае массив применяется относительно плоскости XY.

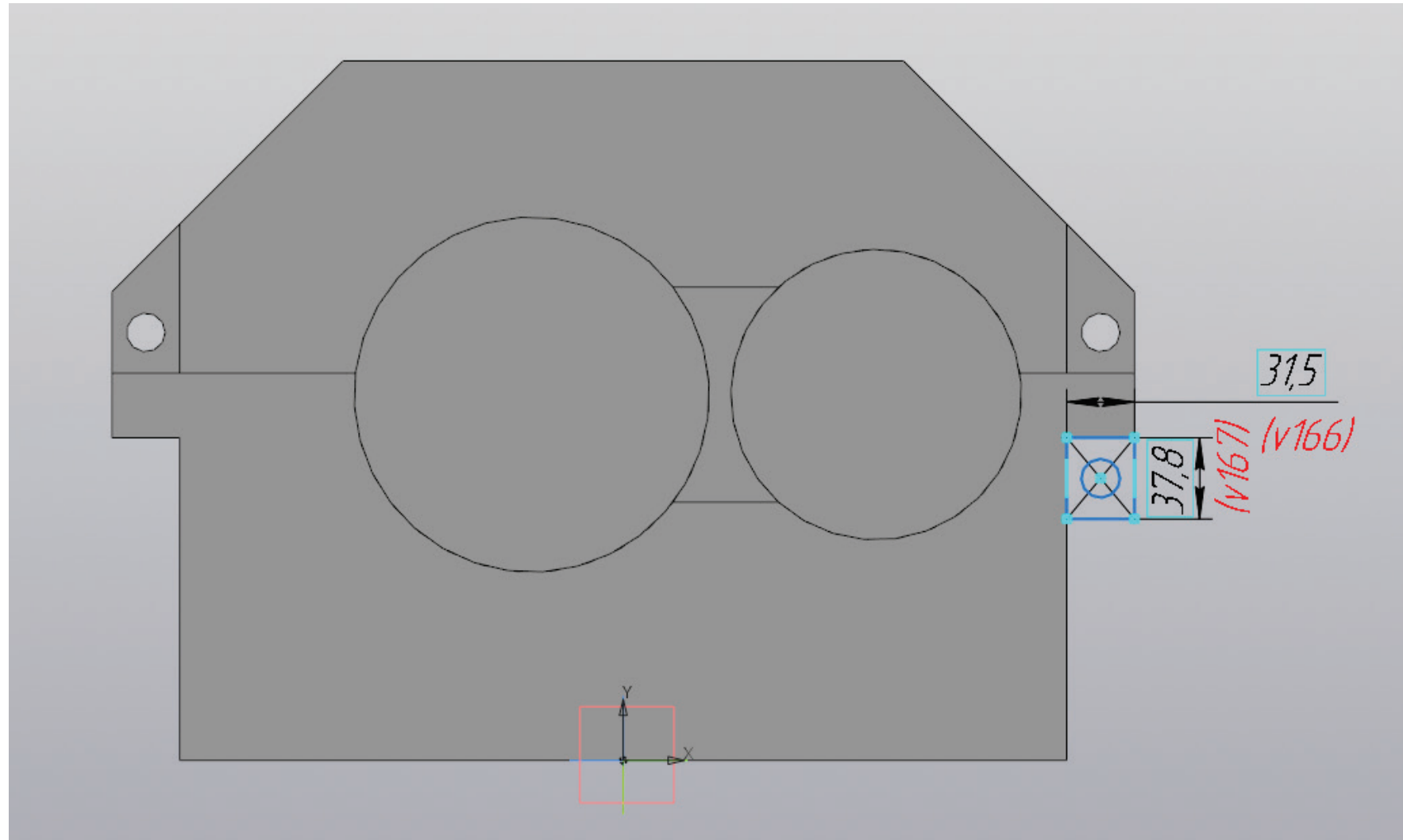


Рисунок 28 – Создание эскиза на центральной плоскости XY

Выбрав центральную плоскость XY, нужно создать на ней эскиз. В режиме редактирования эскиза необходимо выполнить построение прямоугольника с окружностью в центре. Размеры прямоугольника вычисляются, как $(L-L_1)/2$ мм на $(L-L_1)/2 * 1,2$ мм, и по центру необходимо выполнить построение окружности диаметром 18 мм (такая же, как сверху).

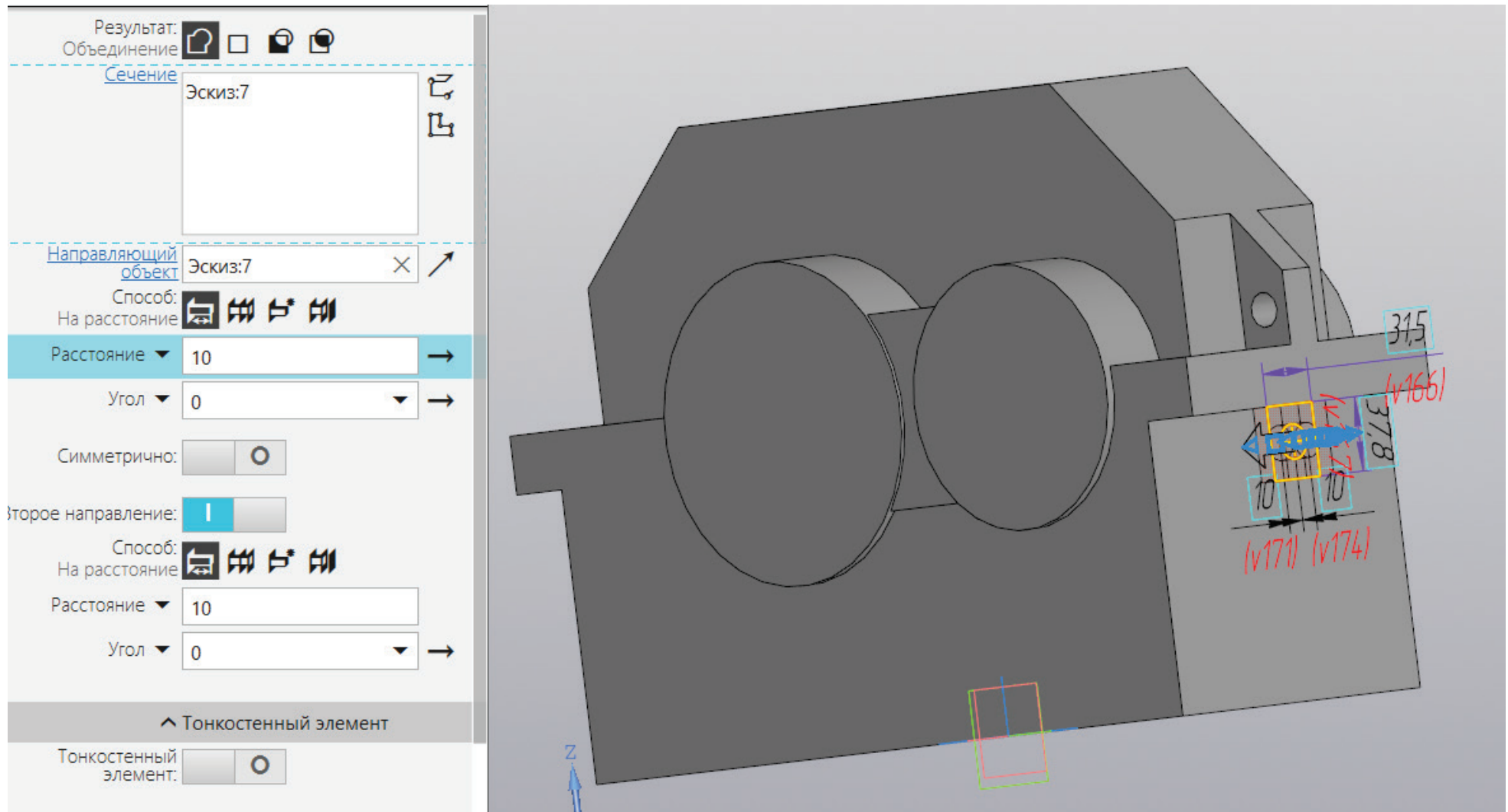


Рисунок 29 – Создание объемного элемента по эскизу

Законченный эскиз необходимо выдавить на расстояние 10 мм в две стороны от центральной оси (рис. 29).

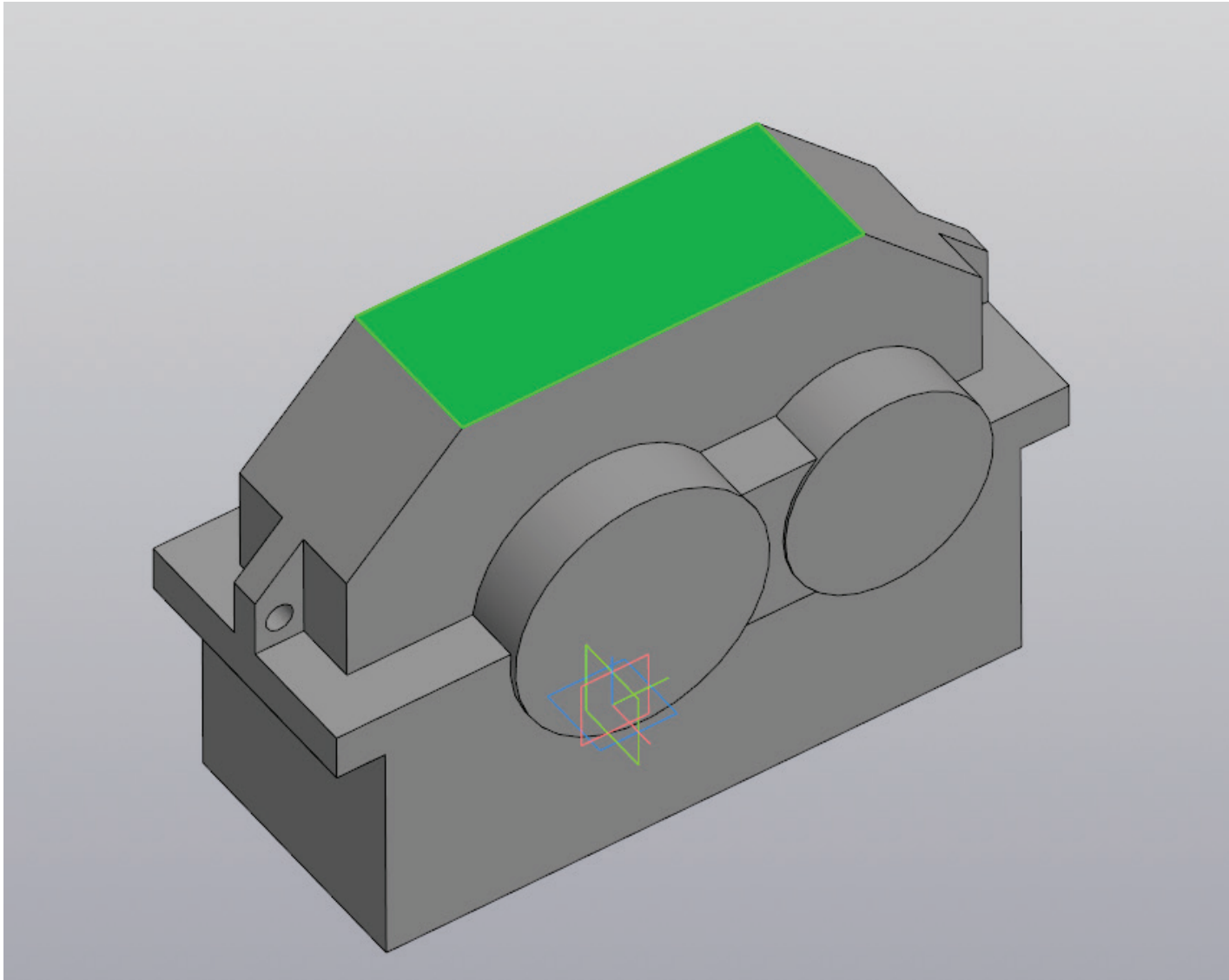


Рисунок 30 – Создание эскиза

На верхней плоскости крышки создается эскиз.

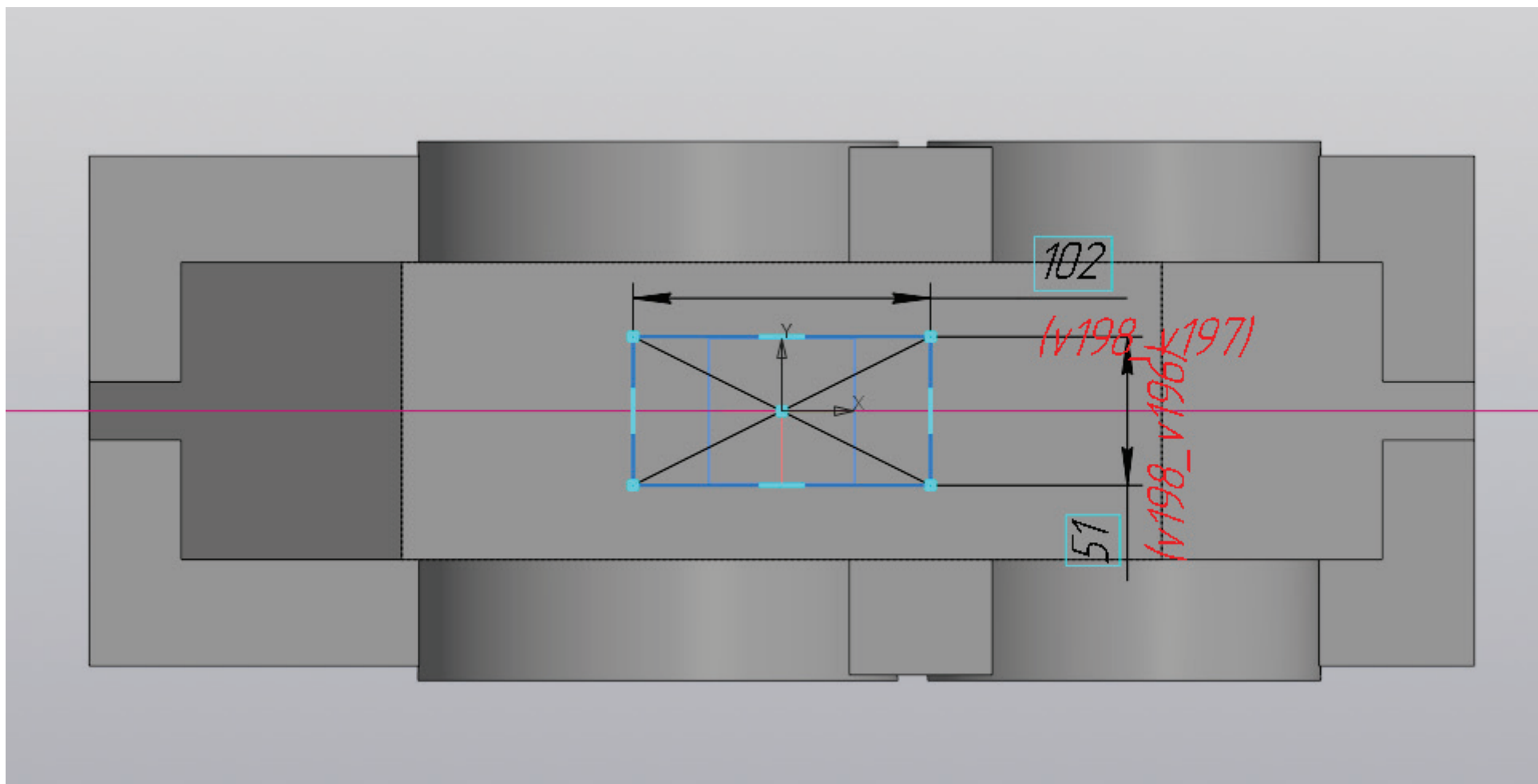


Рисунок 31 – Работа с эскизом

В новом эскизе на выбранной ранее плоскости создается прямоугольник с шириной $b/2$ и длиной b (рис. 31).

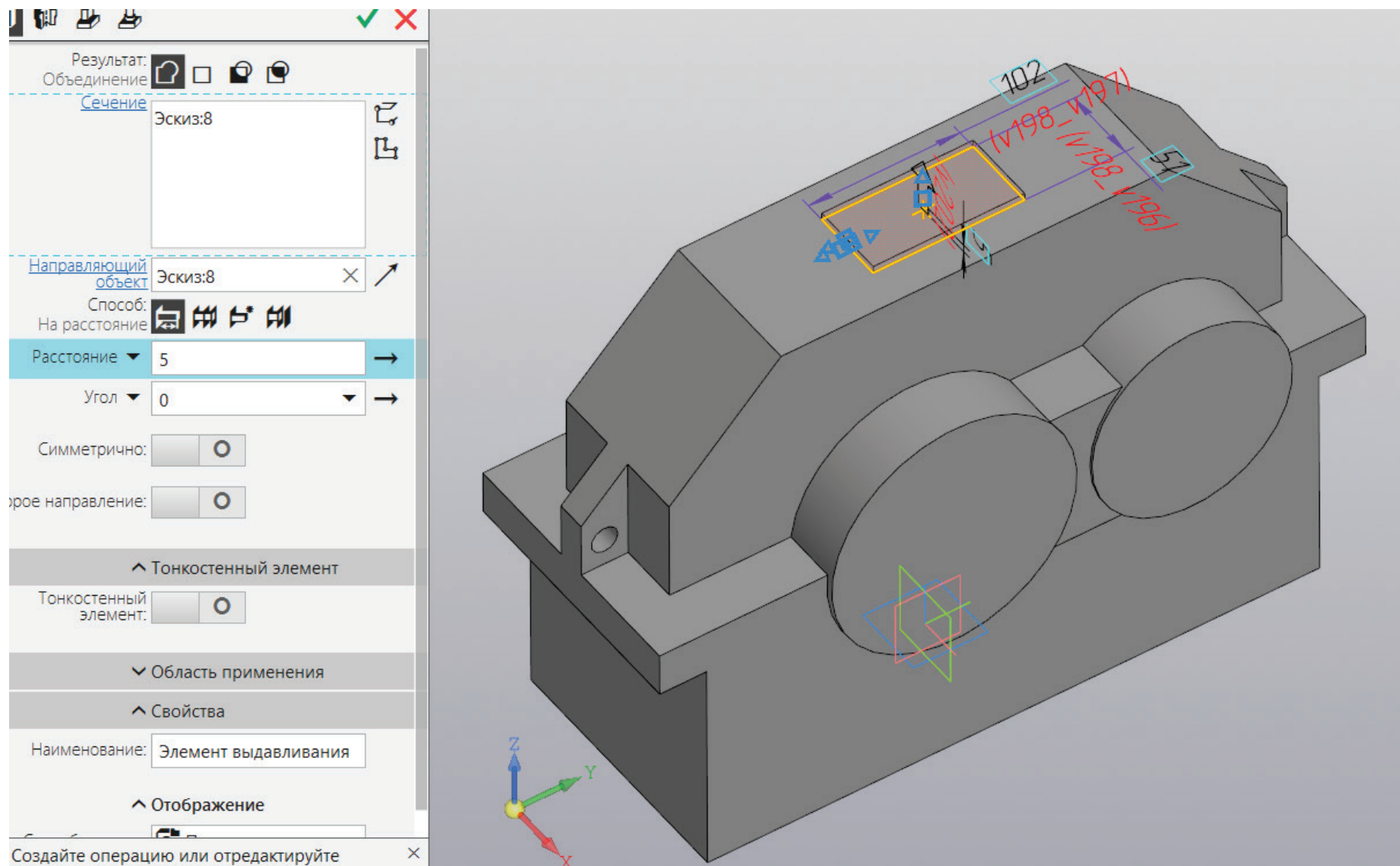


Рисунок 32 – Создание плоскости

Законченный эскиз необходимо выдавить на 5 мм.

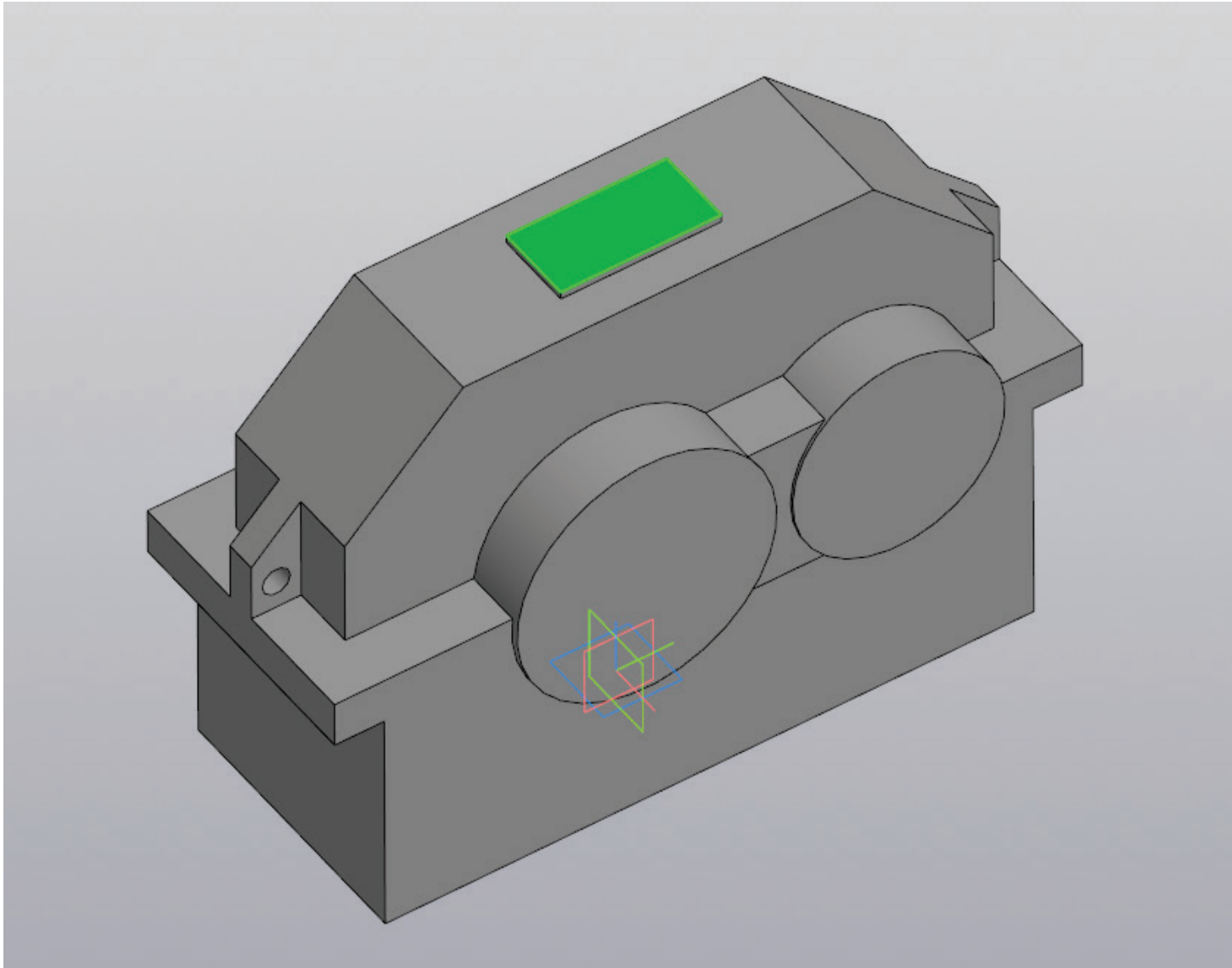


Рисунок 33 – Создание эскиза на полученной плоскости

На полученной плоскости создается новый эскиз (рис. 33).

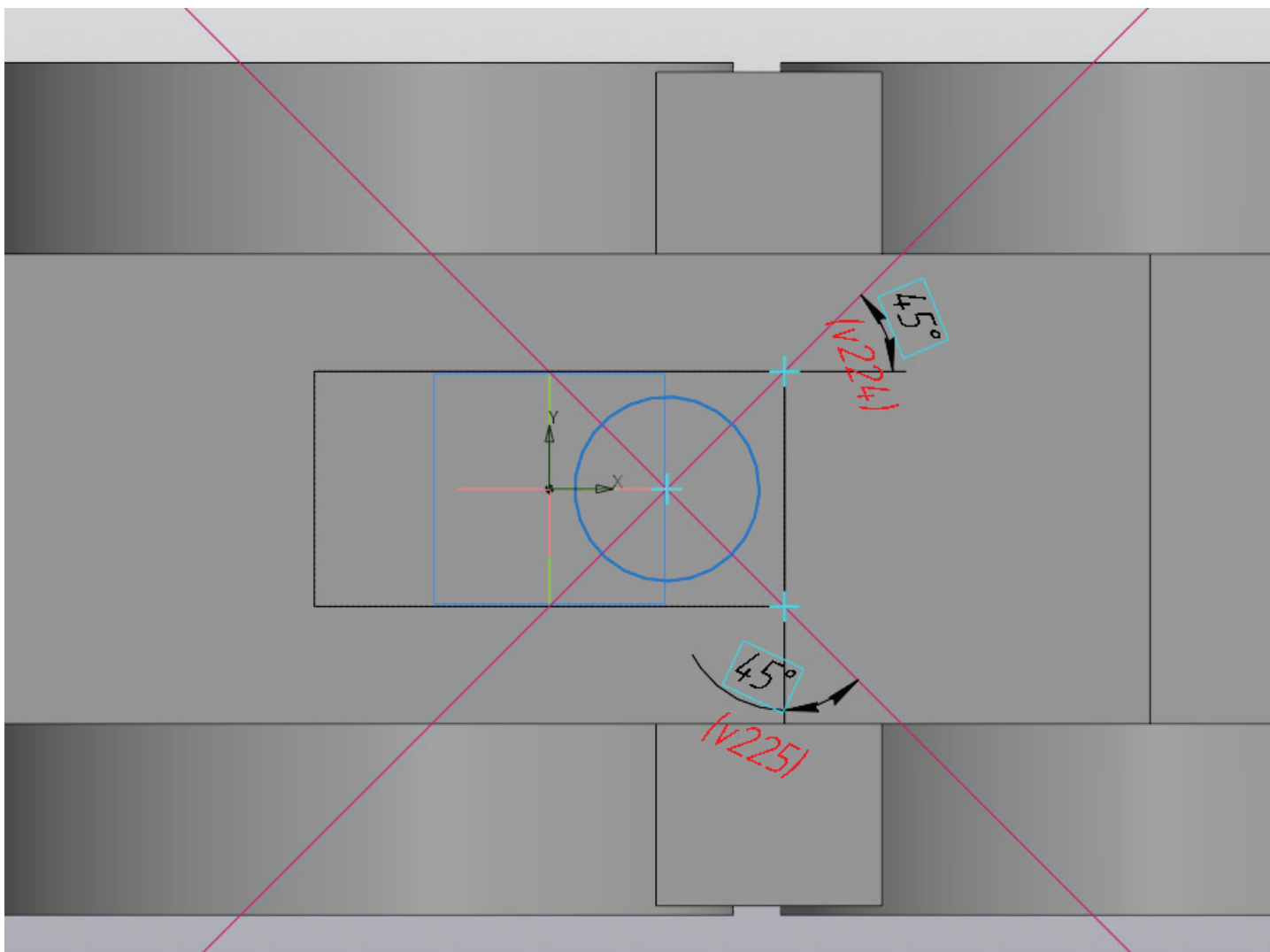


Рисунок 34 – Работа с эскизом, создание окружности

Создаются две вспомогательные прямые под углом 45 градусов из вершин плоскости (рис. 34). На пересечении вспомогательных прямых создается окружность диаметром примерно $b/2 \cdot 0,8$ мм. После чего выполняется операция выдавливания на 5 мм.

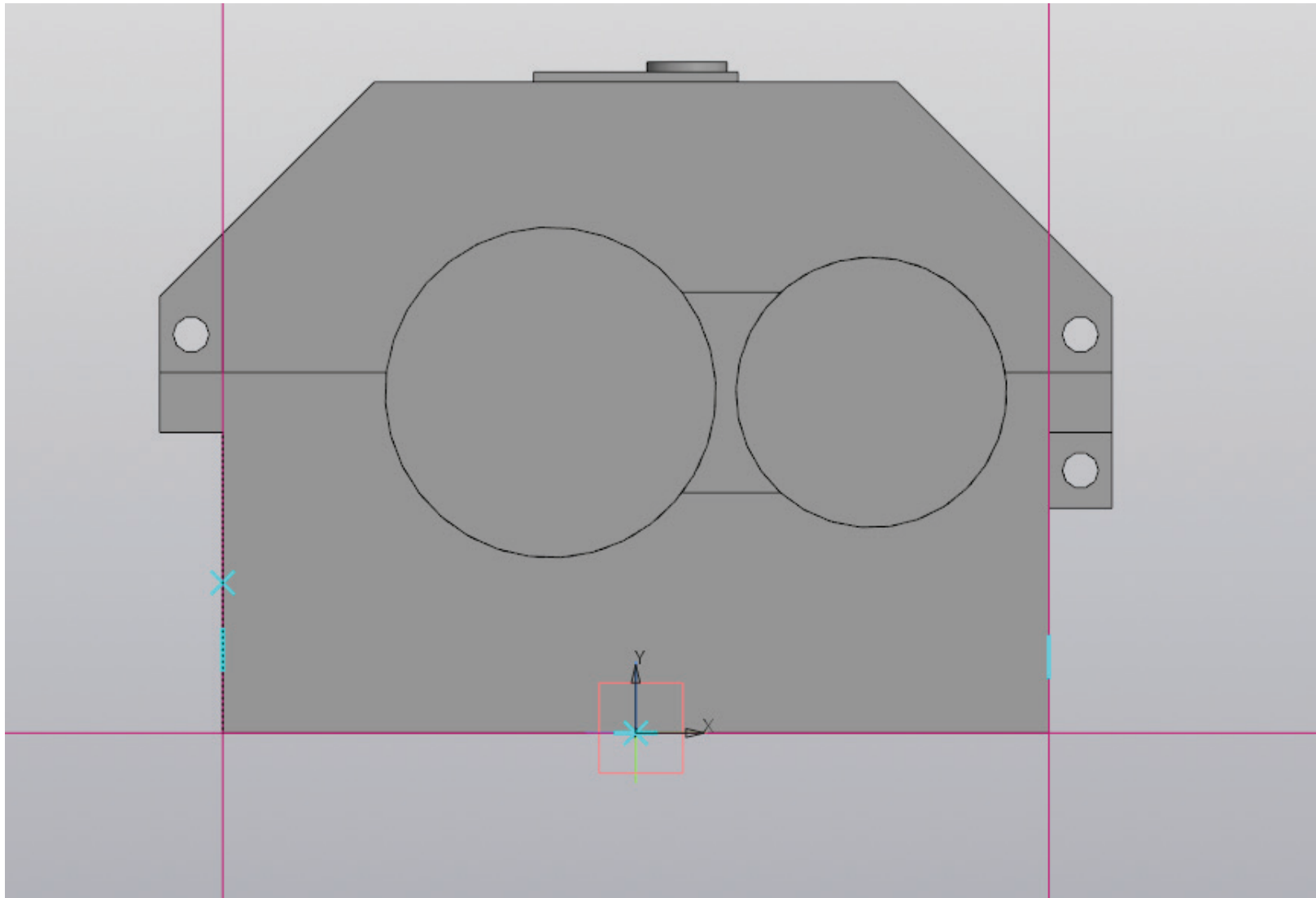


Рисунок 35 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

Создается эскиз на центральной плоскости и выставляются вспомогательные прямые по контуру основания редуктора (рис. 35).

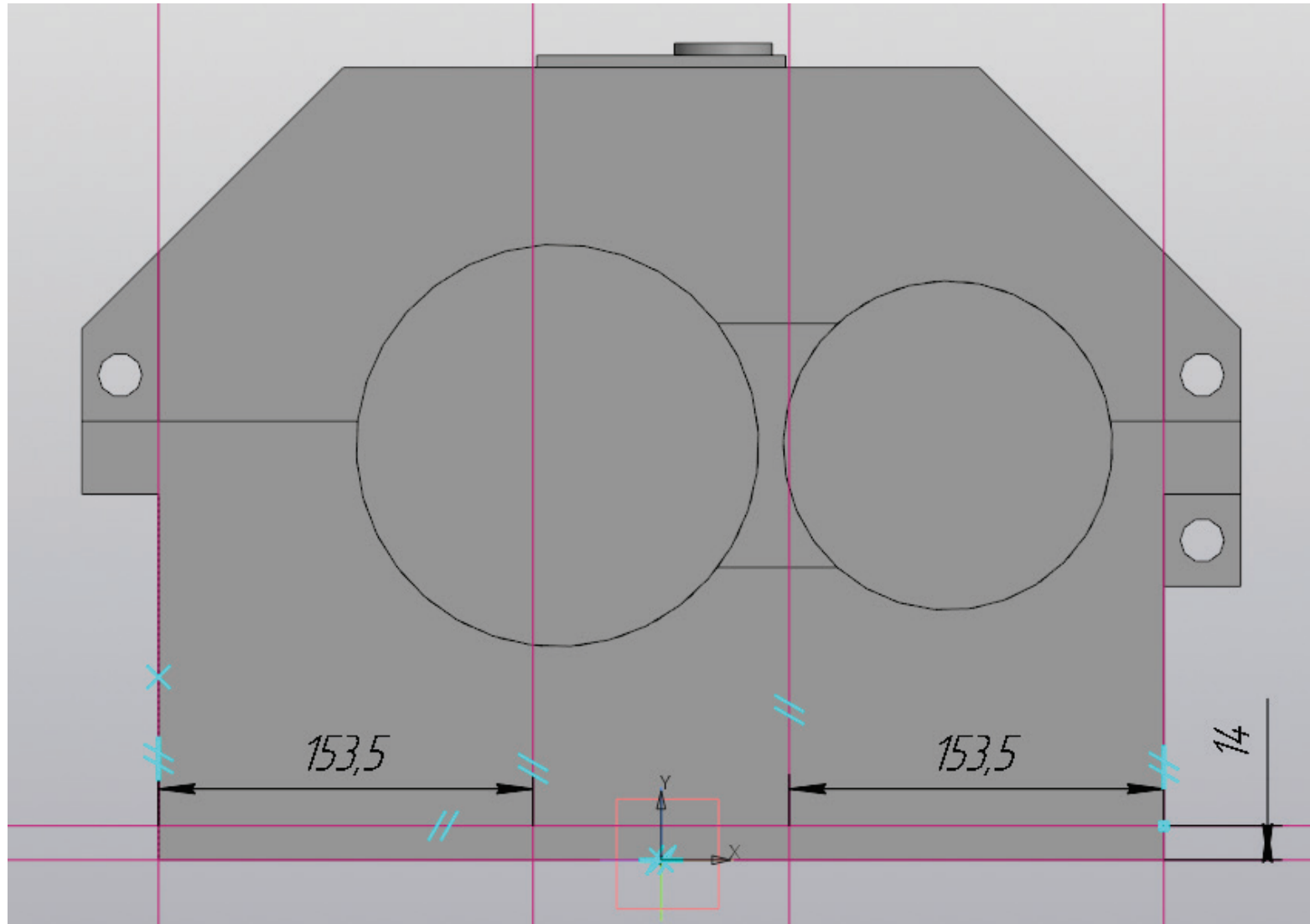


Рисунок 36 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

От вертикальных прямых необходимо построить параллельные прямые на расстоянии $((L_1-A)/2+L_4)$ (мм). От горизонтальной прямой предстоит построить параллельную прямую на расстояние $h/2$ (мм).

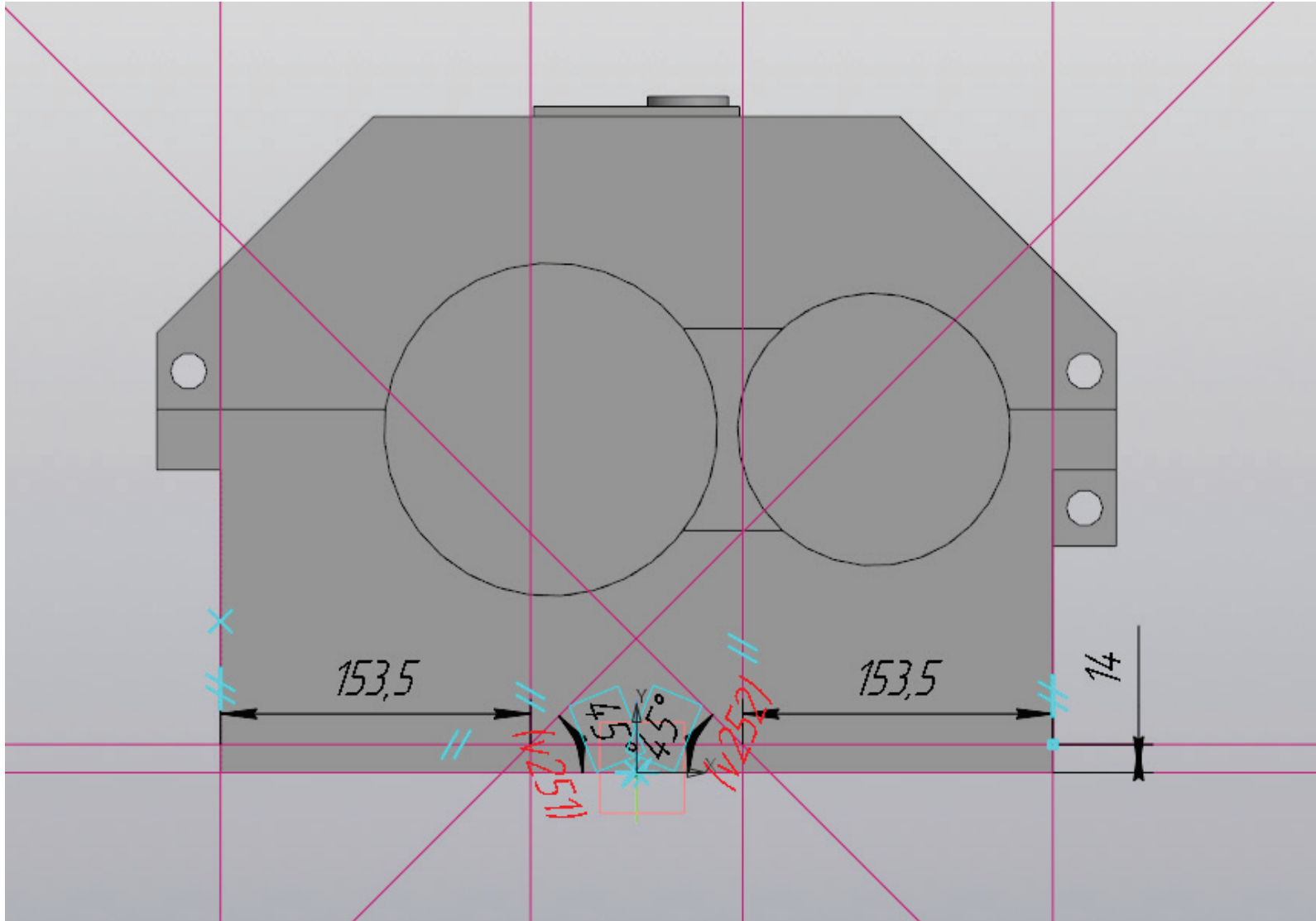


Рисунок 37 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

На пересечении горизонтальной и вертикальных прямых предстоит построить вспомогательные прямые под углом 45 градусов (рис. 37).

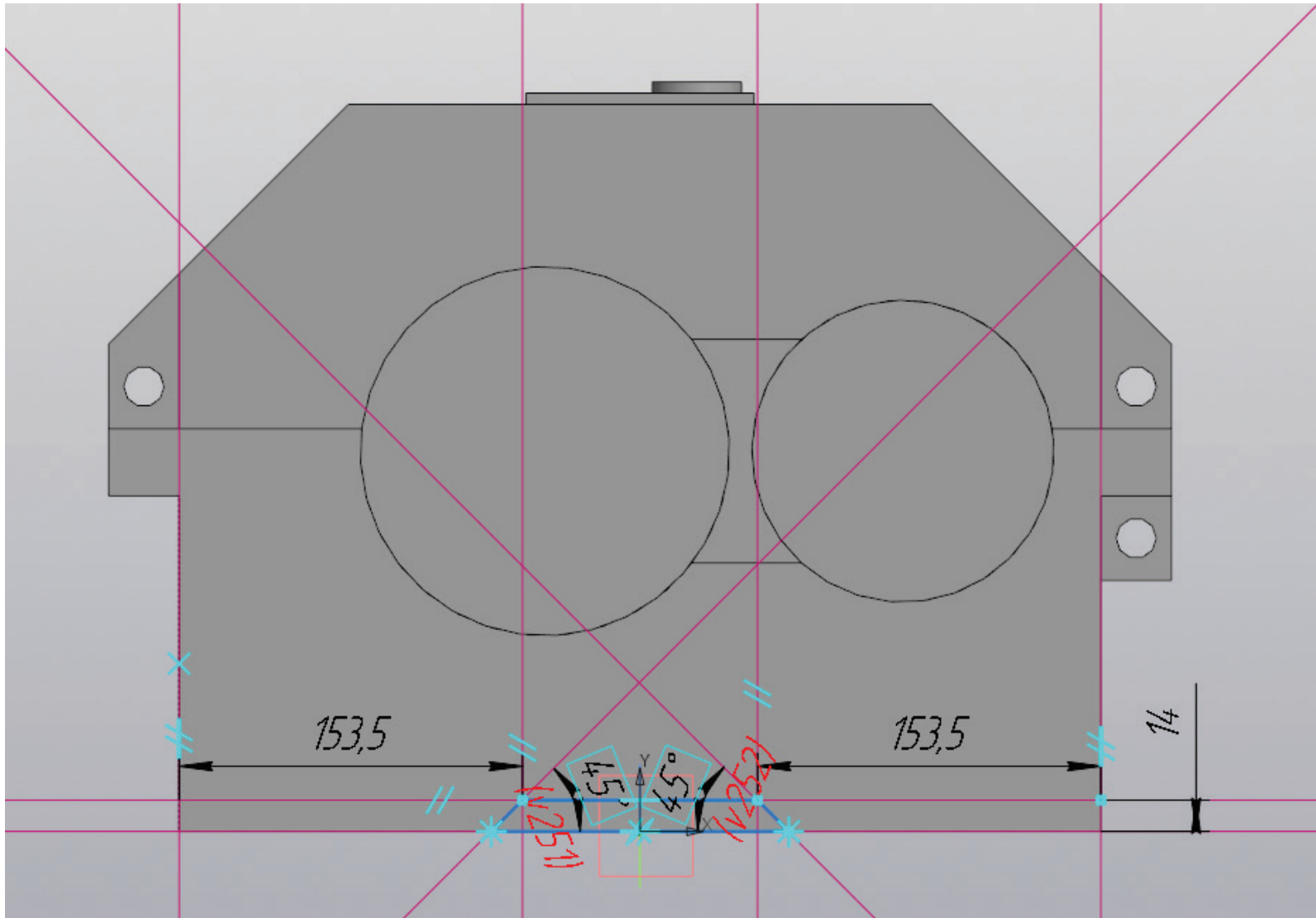


Рисунок 38 – Работа с эскизом, создание контура

Выстроив контур с помощью вспомогательных прямых, необходимо обвести его с помощью отрезков или непрерывного ввода автолинии.

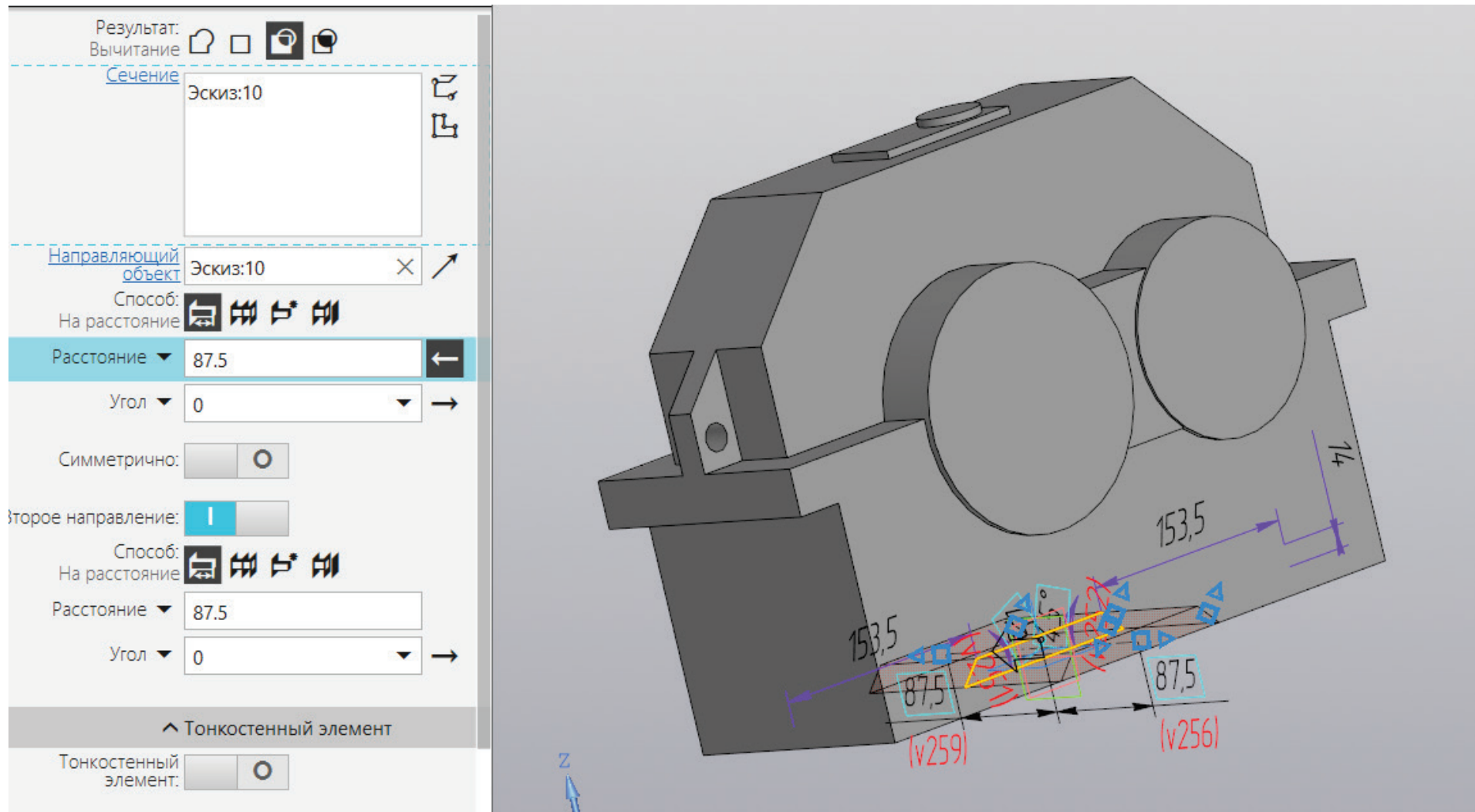


Рисунок 39 – Уменьшение геометрии редуктора

Законченный эскиз предстоит вычистить из существующей геометрии редуктора посредством вырезания. Для этого можно задать расстояние $V_1/2$ (мм) в обе стороны либо указать вырезать до ближайшей поверхности.

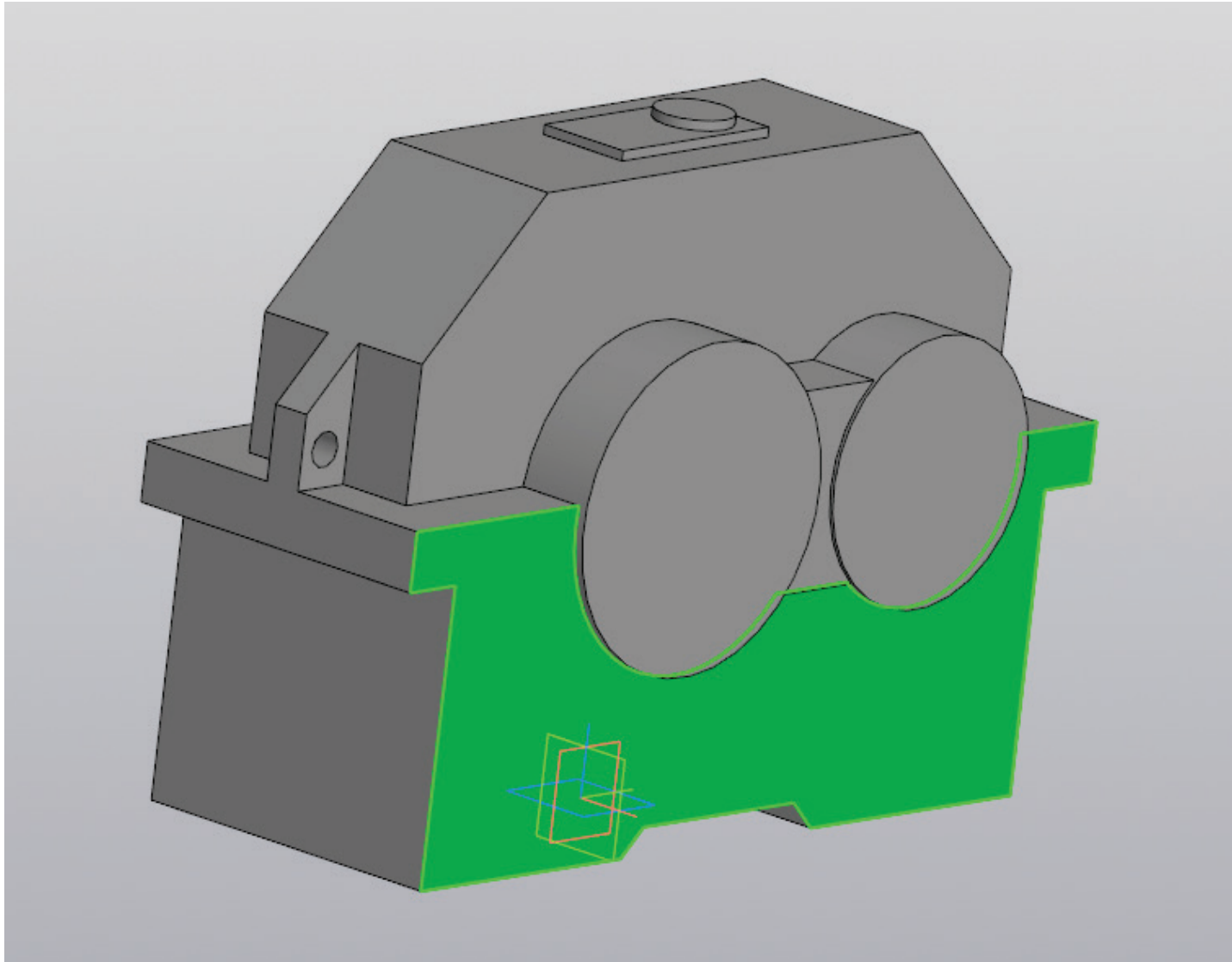


Рисунок 40 – Создание эскиза на передней поверхности

Завершив предыдущий этап следует создать эскиз на передней поверхности основания редуктора.

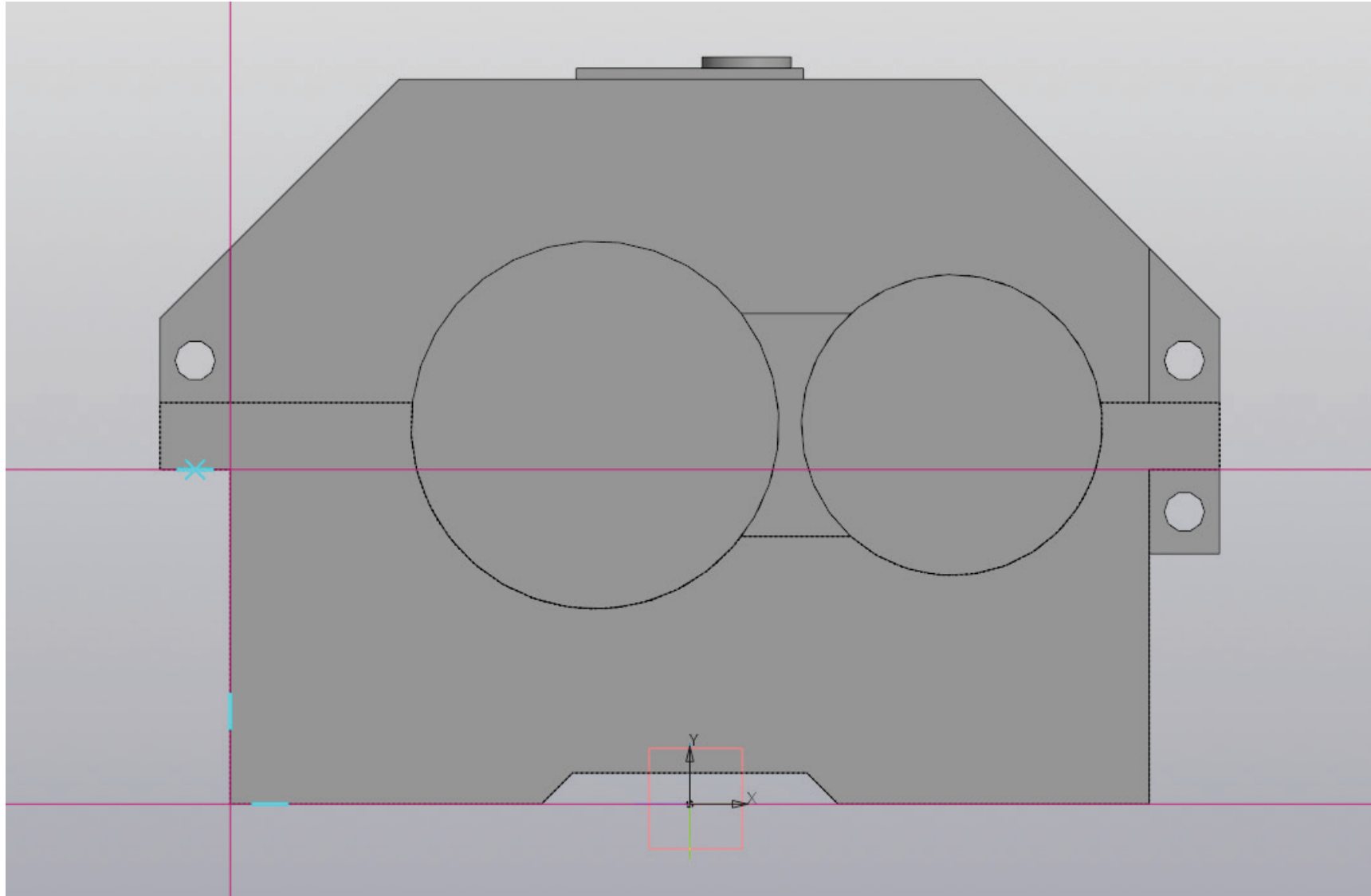


Рисунок 41 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

Вспомогательные прямые расставляются по контуру нижней части редуктора (рис. 41).

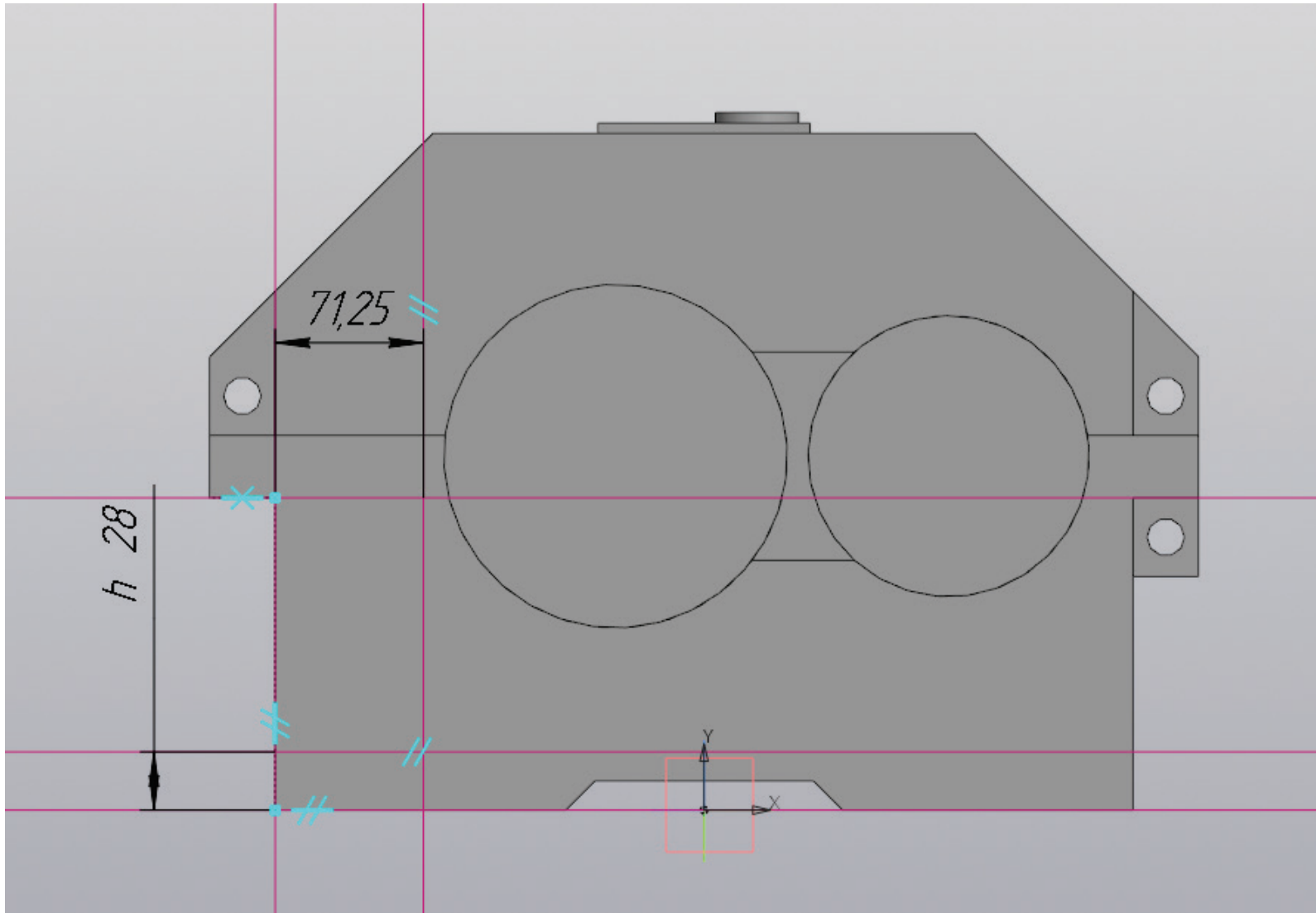


Рисунок 42 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

От левой вертикальной линии предстоит отложить параллельную прямую вправо на расстояние $(L_1-A)/2*2,5$. Затем от горизонтальной прямой строится параллельная прямая на расстояние h .

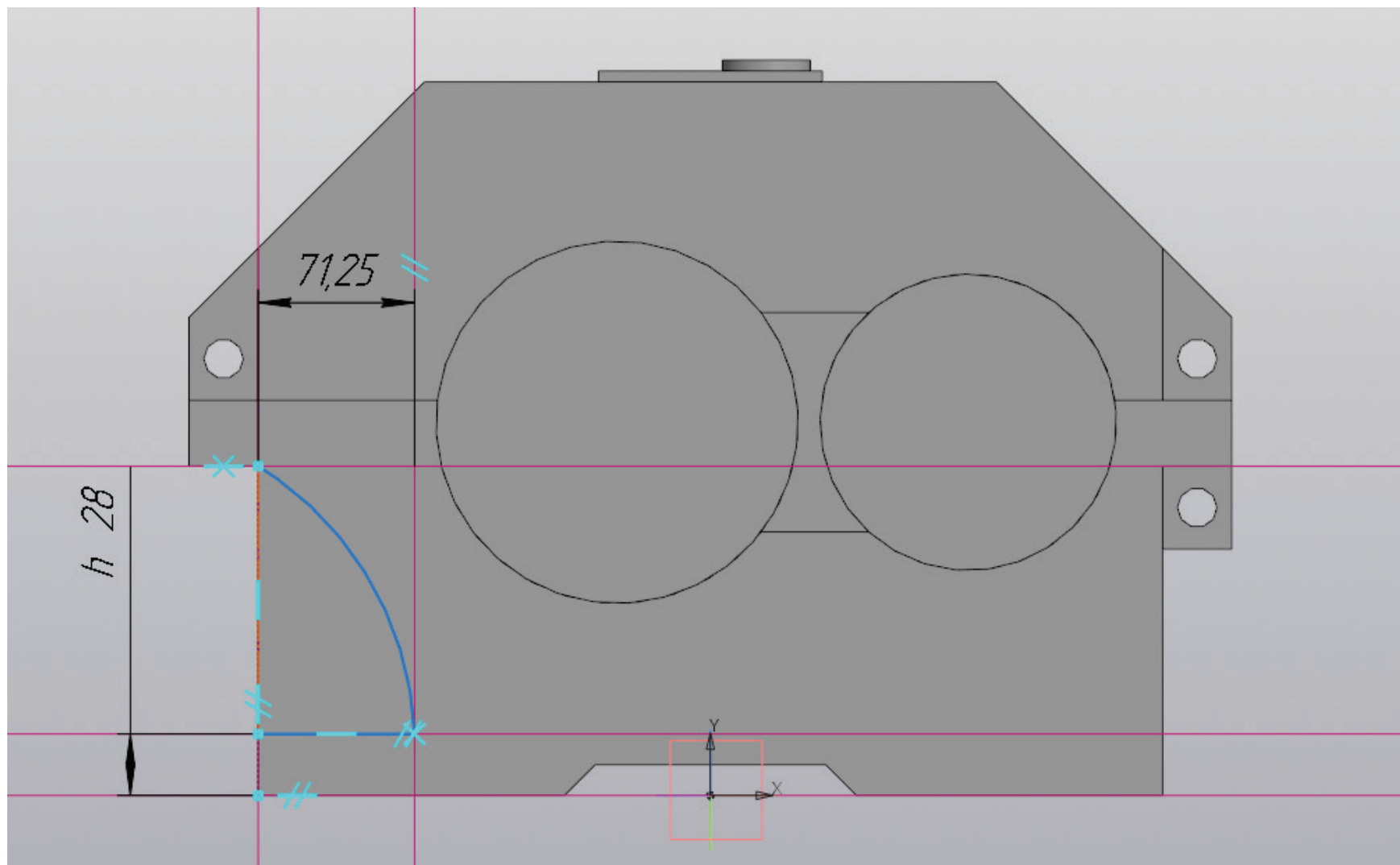


Рисунок 43 – Создание контура для операции вращения

Соединяем точки пересечения прямых посредством отрезка по горизонтали, а по вертикали – дуги или части окружности. Кривизна участка дуги или окружности задается на усмотрение конструктора. На вертикальной вспомогательной прямой в левой части элемента размещается осевая линия.

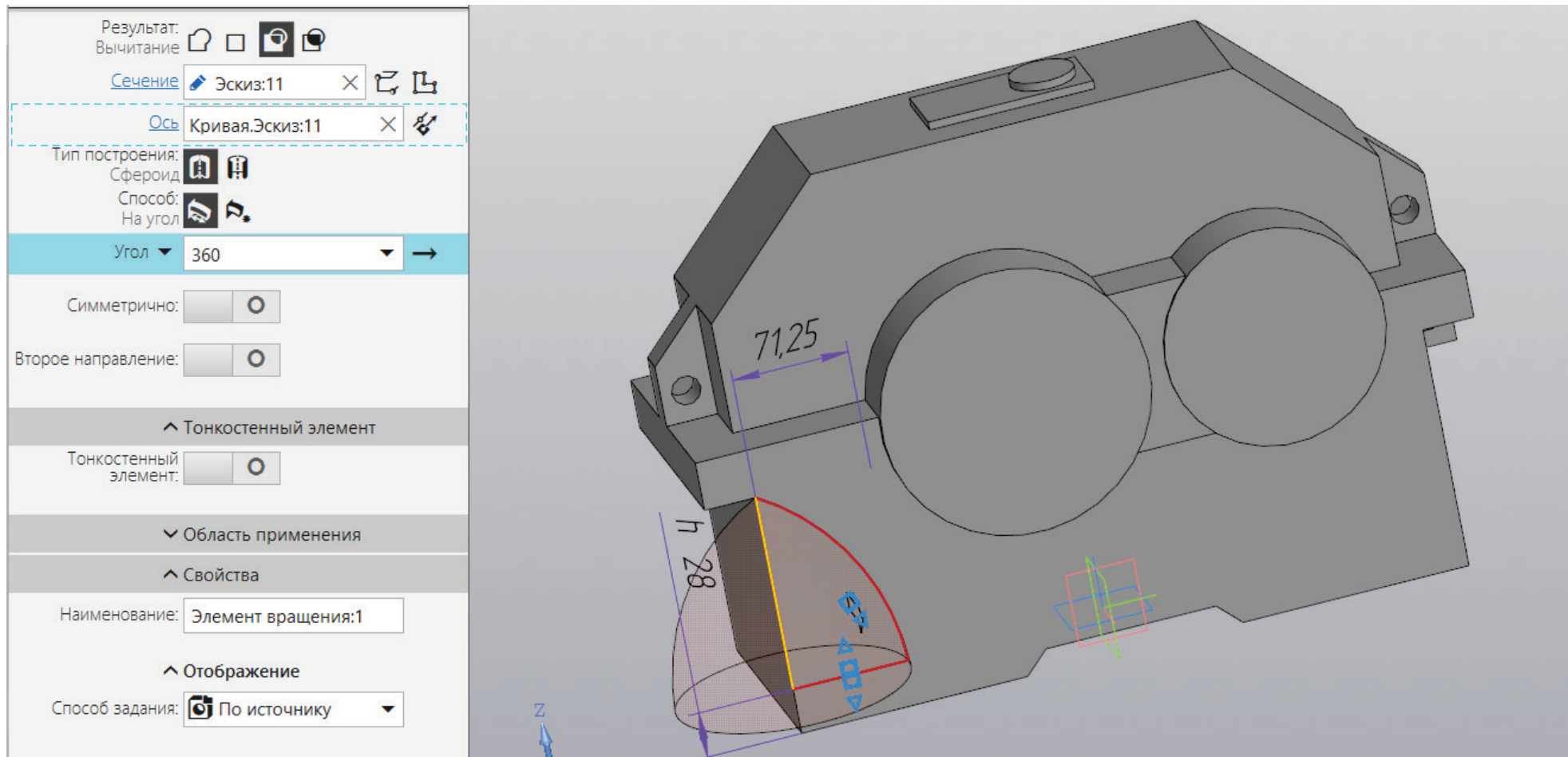


Рисунок 44 – Вырезание вращением

Применяя операцию «Вращение», необходимо добиться уменьшения геометрии объекта (рис. 44).

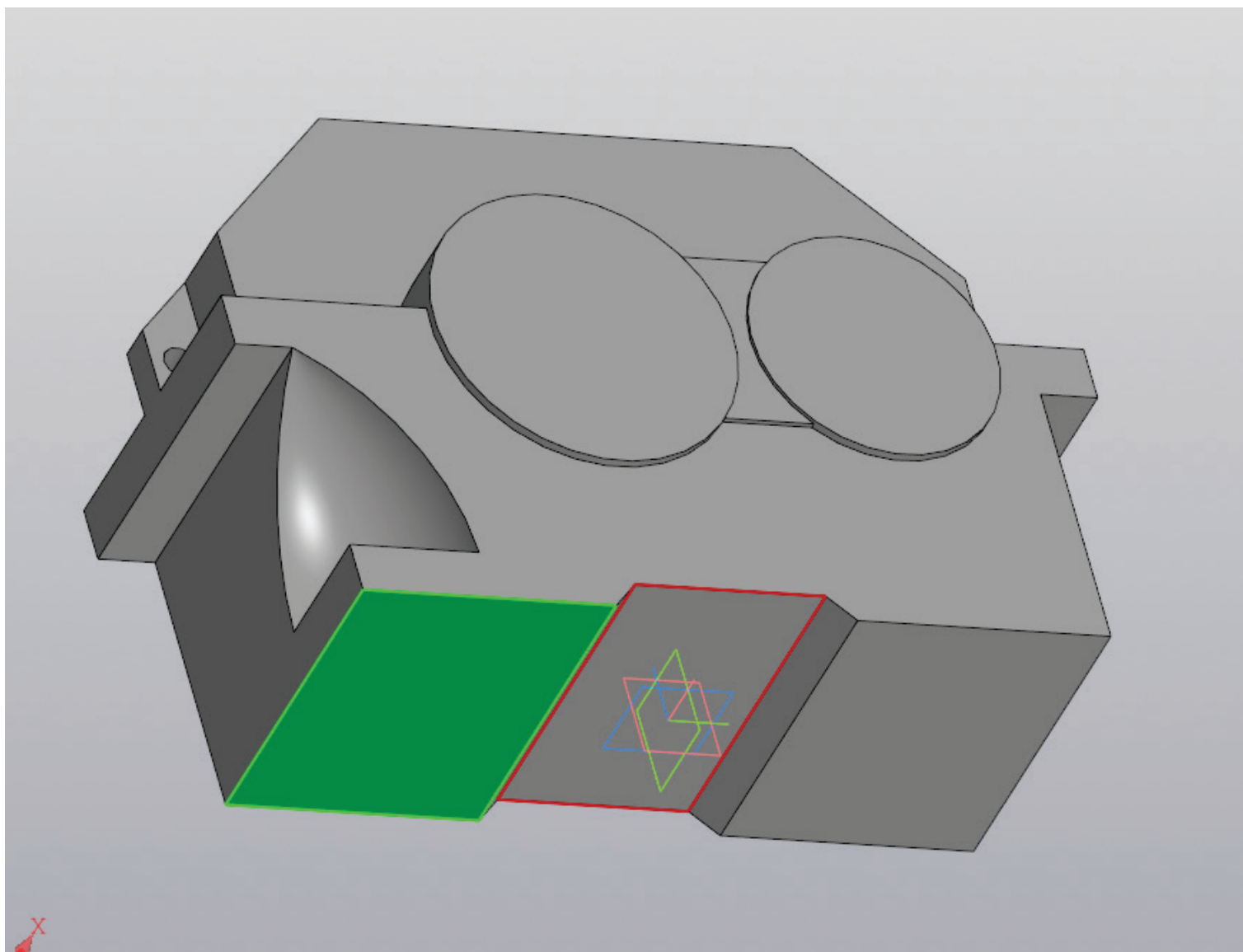


Рисунок 45 – Создание эскиза

На нижней плоскости редуктора создается новый эскиз.

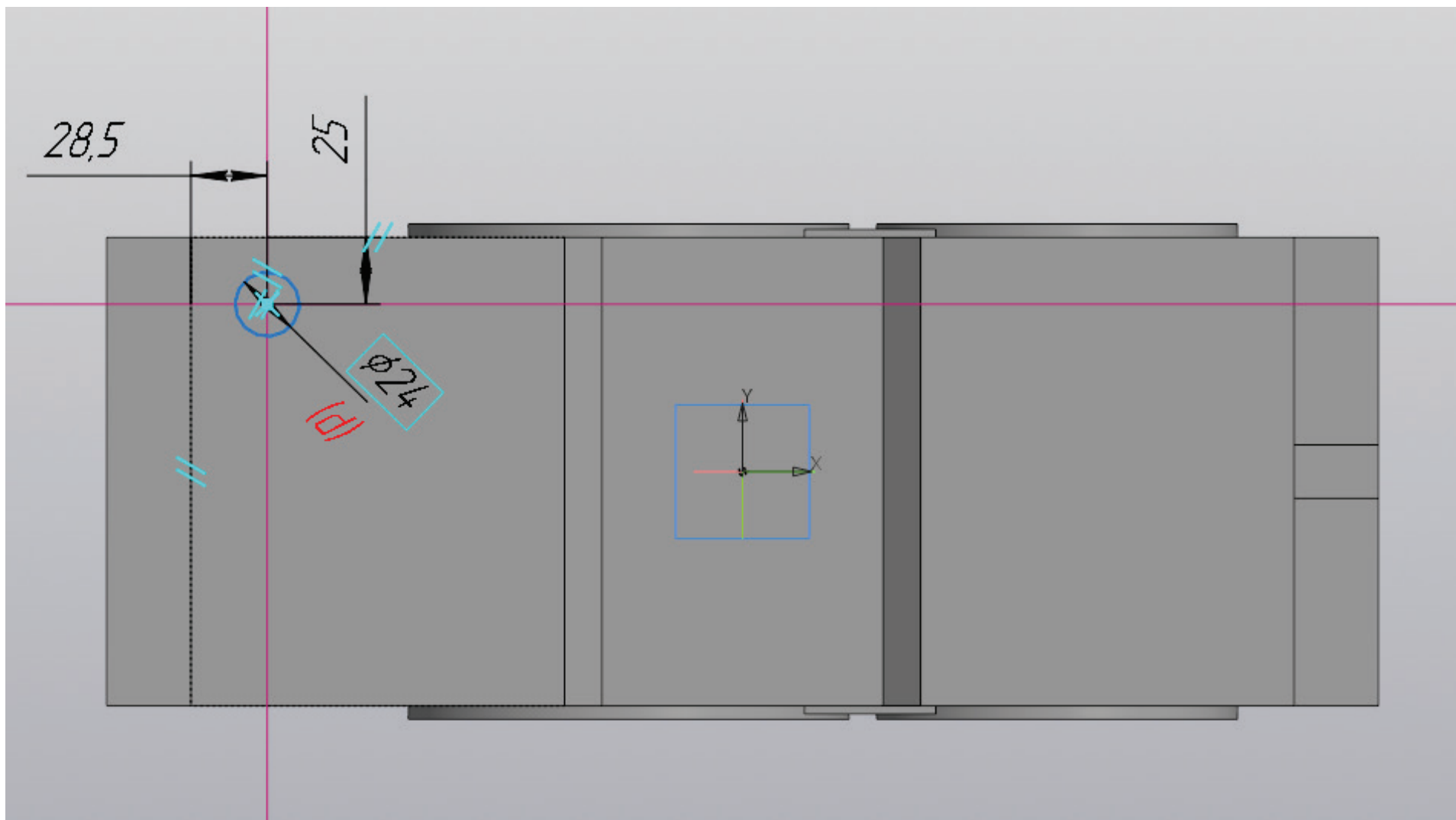


Рисунок 46 – Создание отверстий

Создается параллельная прямая на расстоянии $(B_1 - B_2)/2$ (мм) от верхней части объекта. А от левой стороны откладывается другая параллельная прямая на расстоянии $(L_1 - A)/2$ (мм). На пересечении двух прямых создается окружность диаметром d (мм).

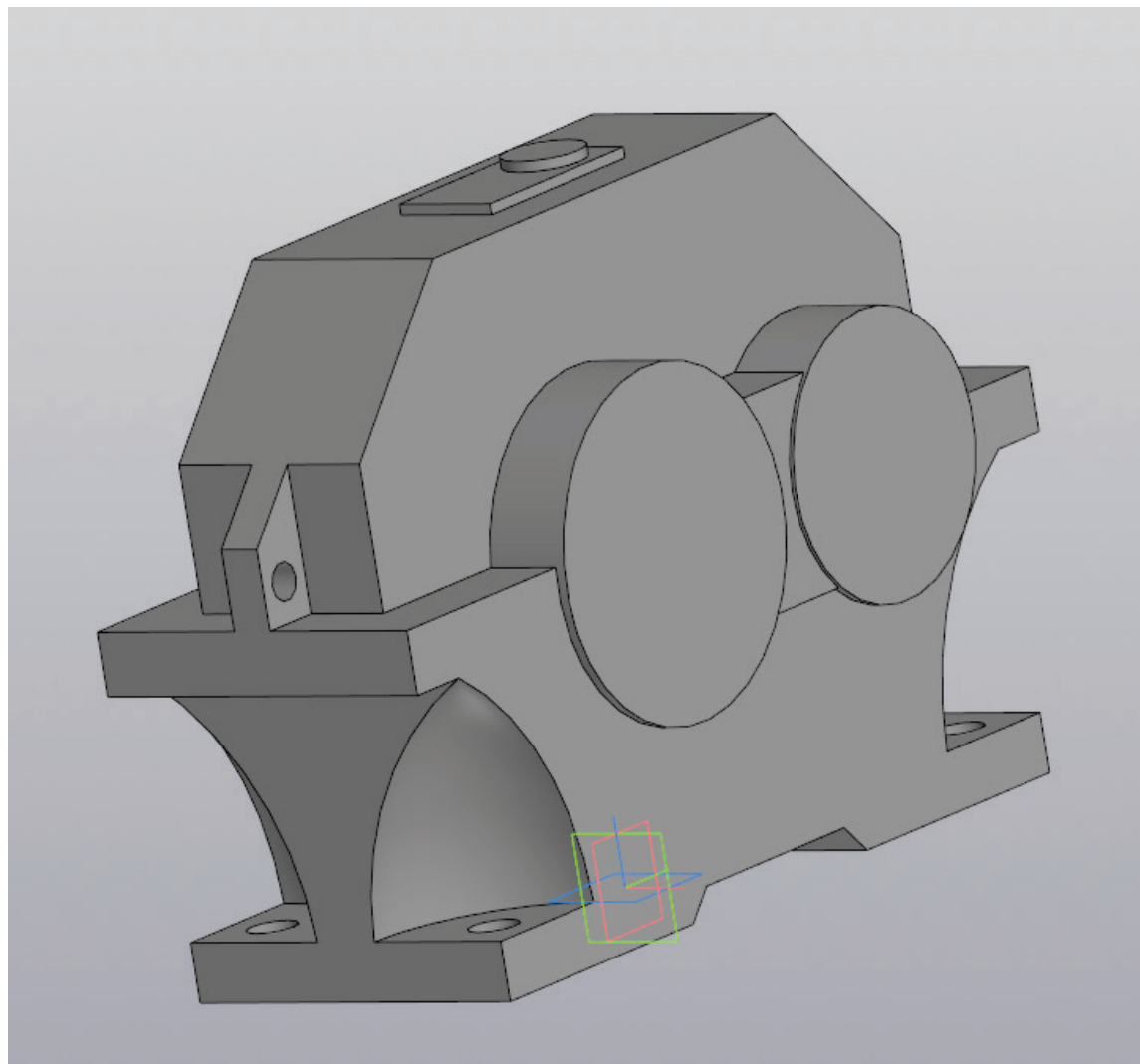


Рисунок 47 – Создание отверстий

После того, как эскиз завершен, необходимо создать отверстие путем вырезания. Подобное отверстие и скос должны быть с каждой из четырех сторон редуктора. Для выполнения подобной операции можно воспользоваться зеркальным массивом.

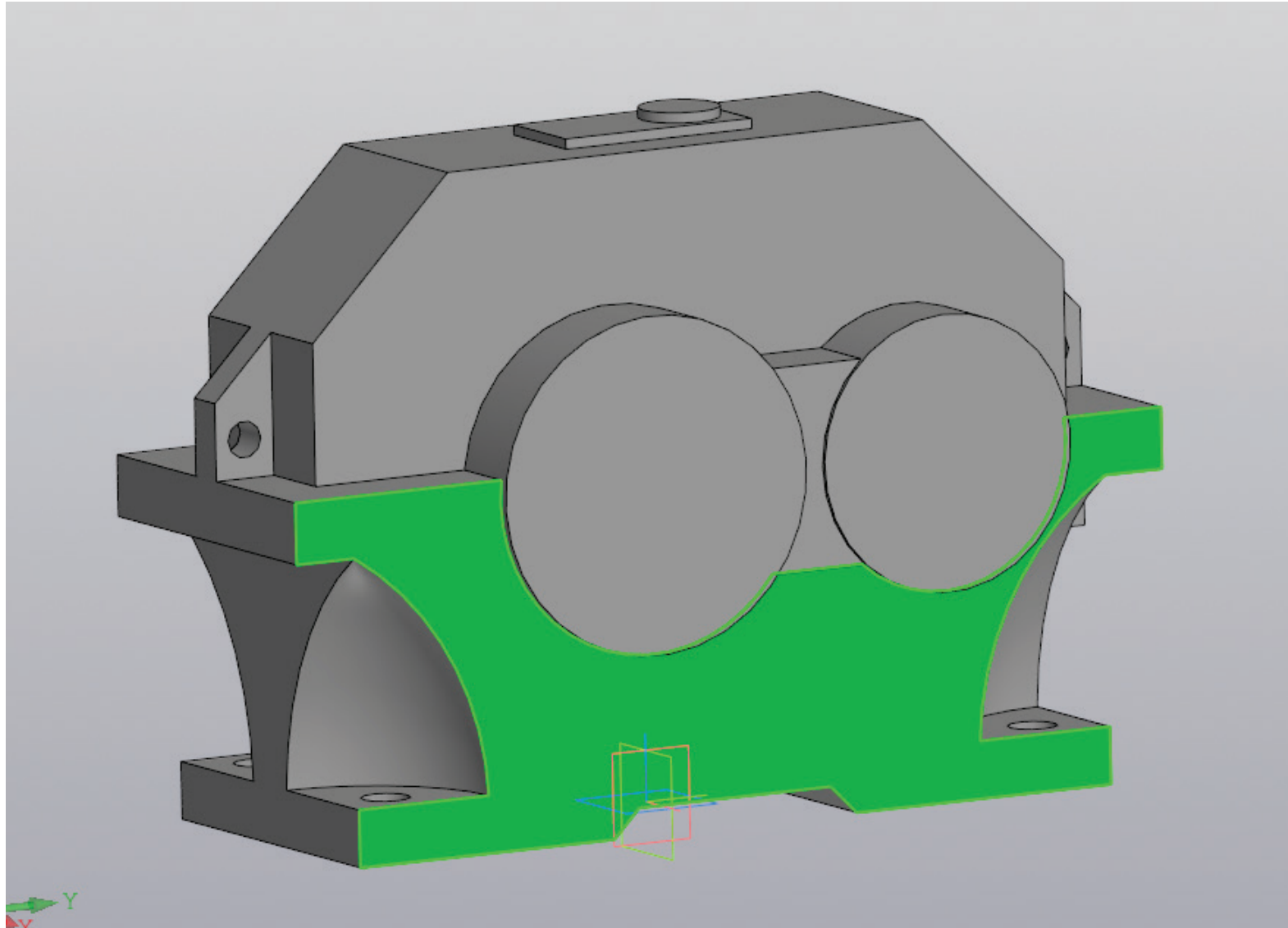


Рисунок 48 – Создание эскиза на плоскости

Для создания нового эскиза необходимо предварительно выбрать переднюю плоскость редуктора.

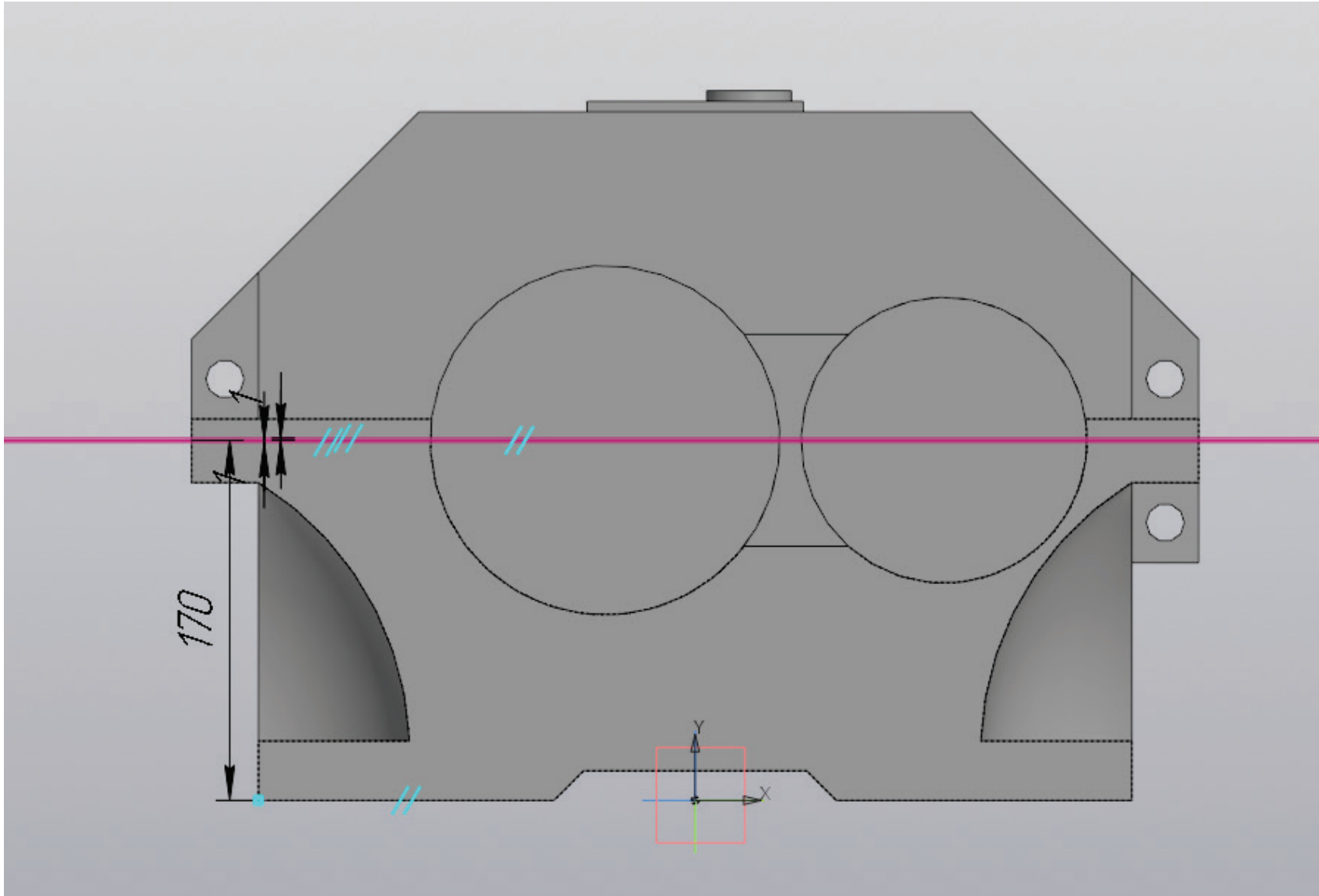


Рисунок 49 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

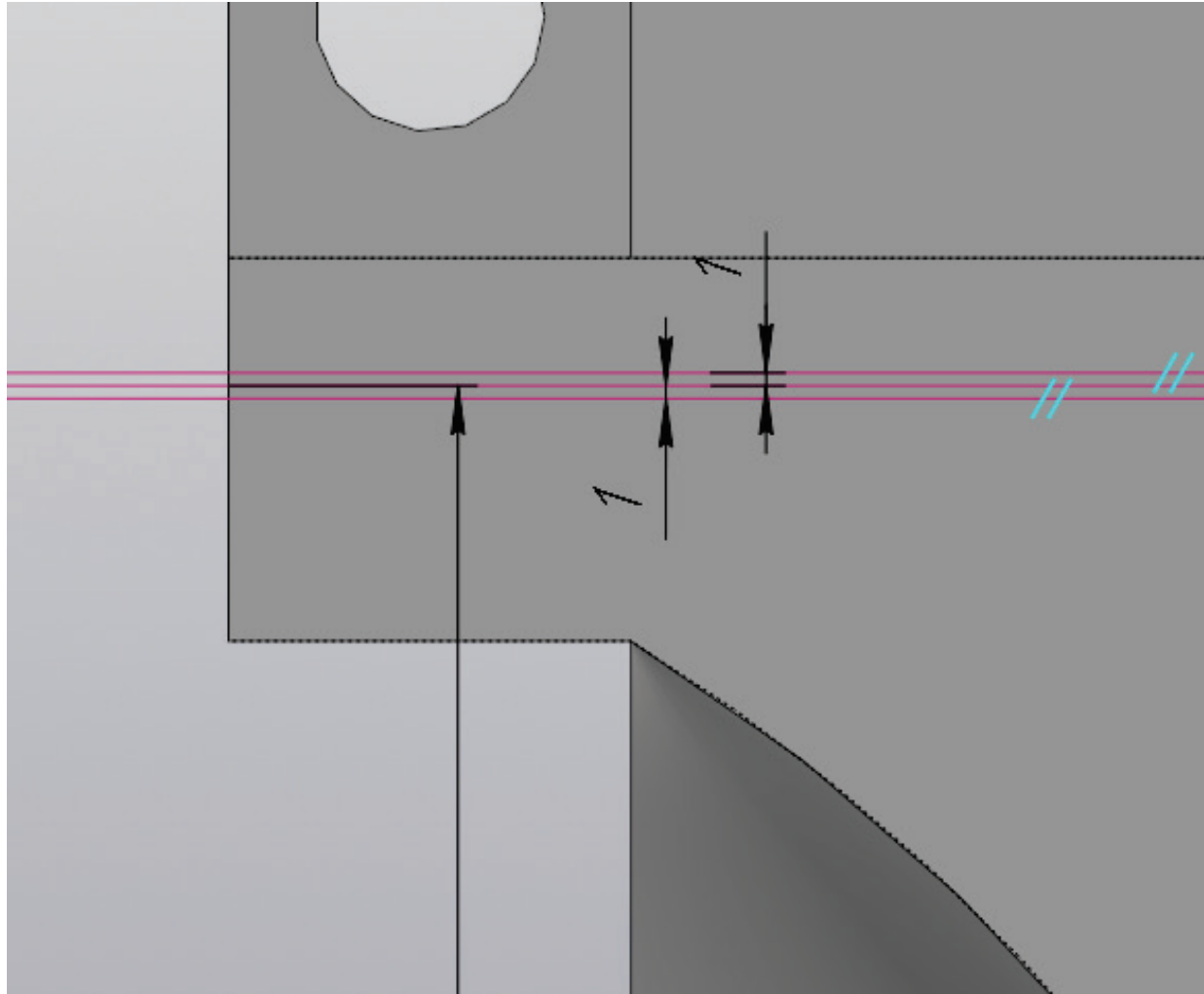


Рисунок 50 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

От нижней плоскости необходимо отложить параллельную прямую на расстояние H_1 (мм). От только что построенной прямой в обе стороны нужно отложить параллельные прямые на расстоянии 1 (мм).

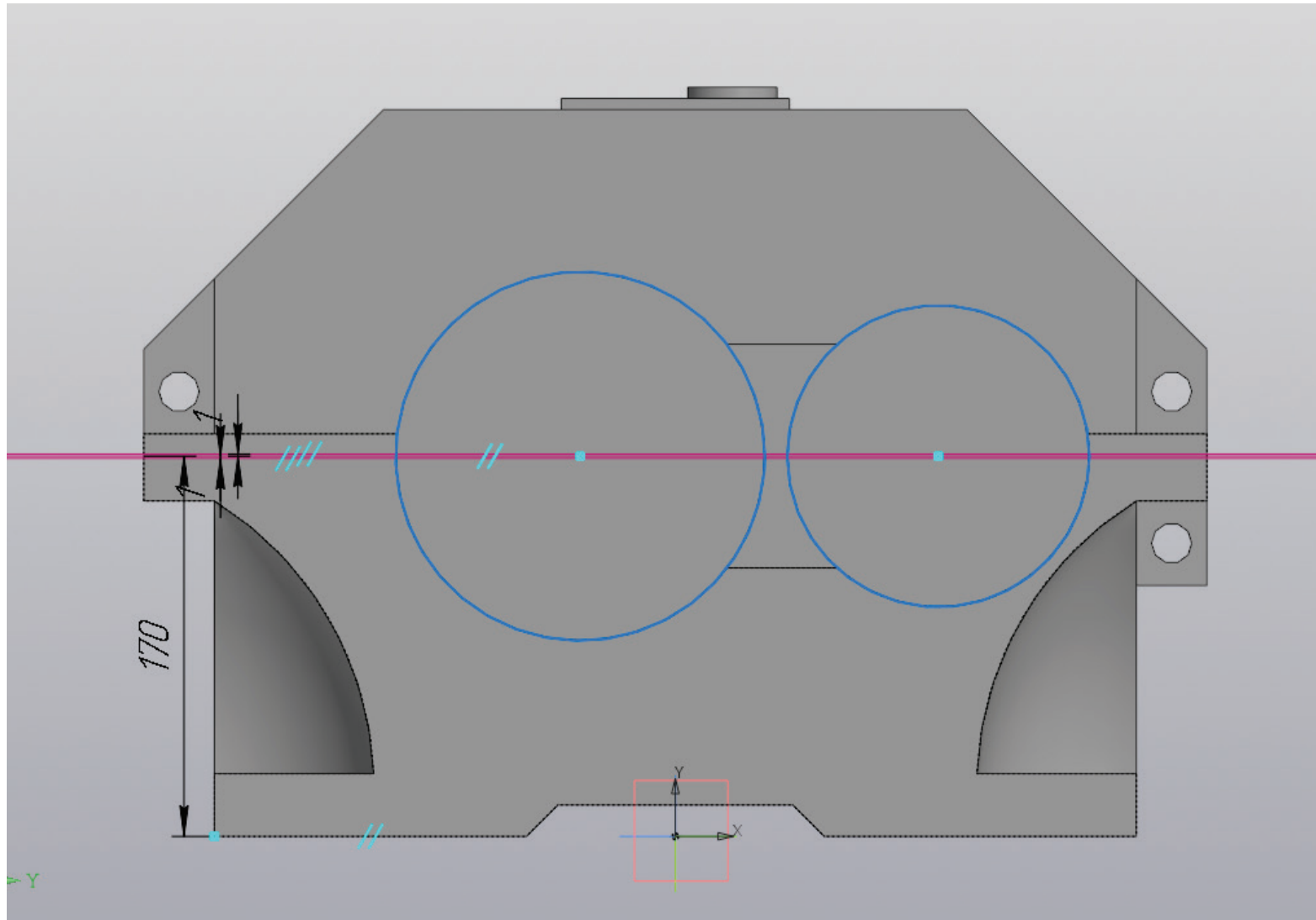


Рисунок 51 – Работа с эскизом, создание окружностей

Создаются уже имеющиеся окружности, они все это время могут находиться в буфере обмена. Если нет, можно вернуться в любой из первых эскизов и скопировать оттуда, либо построить заново.

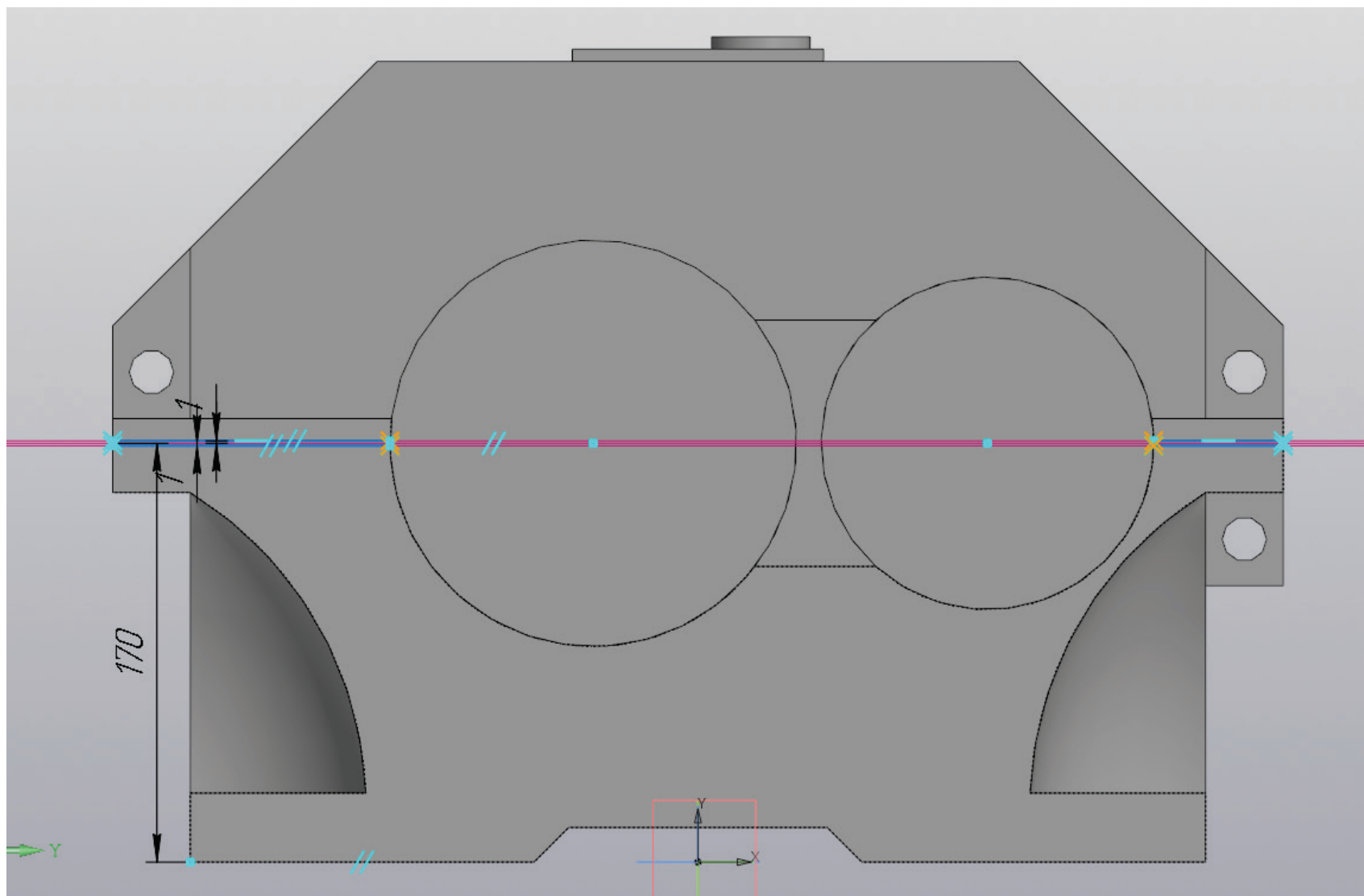


Рисунок 52 – Работа с эскизом, создание контура

Необходимо соединить прямые по контуру так, чтобы получились тонкие полосы, предварительно усечь окружности с одной и с другой стороны редуктора.

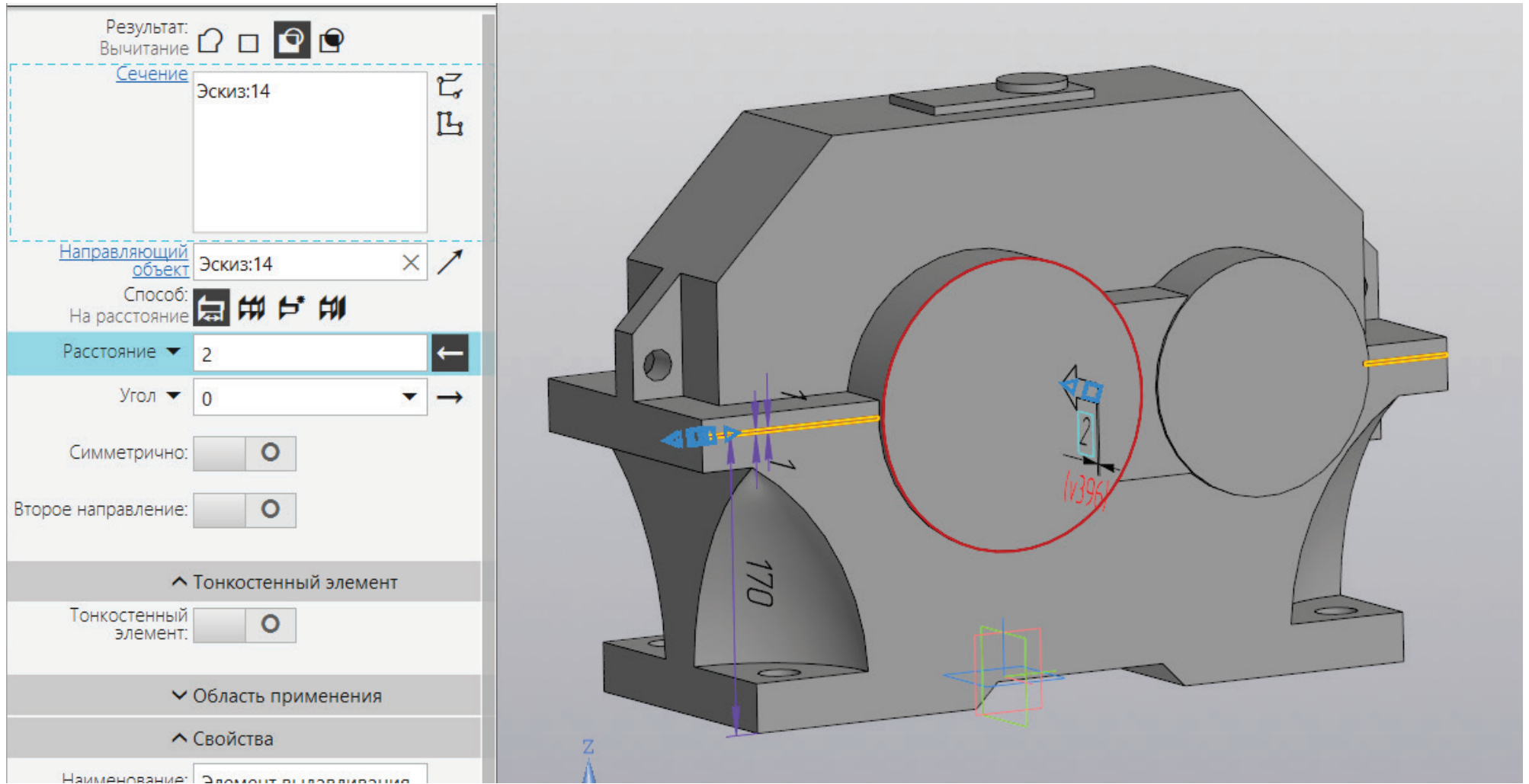


Рисунок 53 – Вырезание выдавливанием

С помощью команды «Вырезать выдавливанием» необходимо уменьшить общую геометрию объекта на 2 (мм).

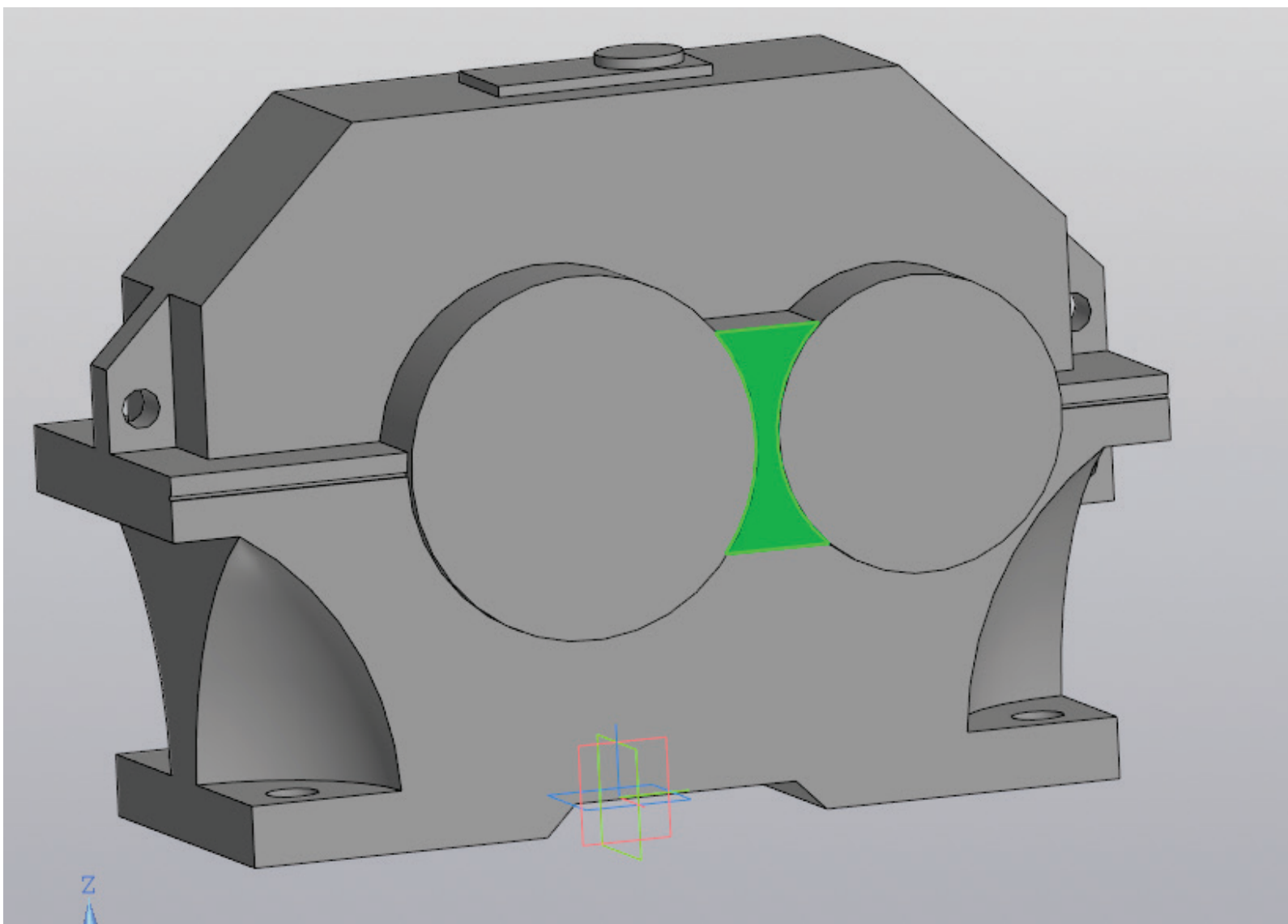


Рисунок 54 – Создание эскиза

Выбрав часть редуктора, указанную на рисунке, 54 необходимо создать на ней эскиз.

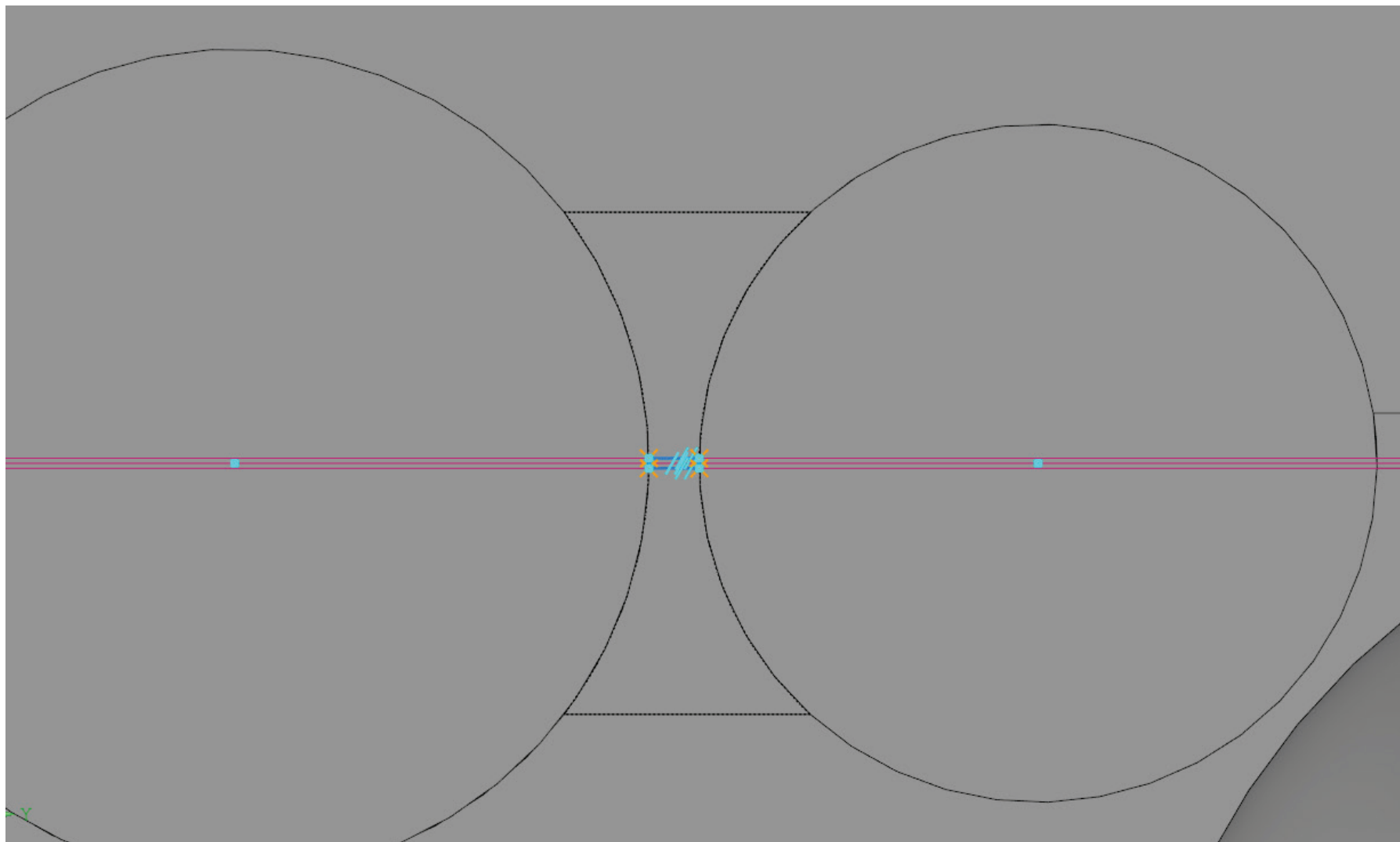


Рисунок 55 – Работа с эскизом, создание контура

В данном эскизе необходимо повторить все действия, проделанные в прошлой итерации. Предстоит получить контур тонкой линии, но на стыке между двумя окружностями. Полученный контур также предстоит вырезать на 2 (мм).

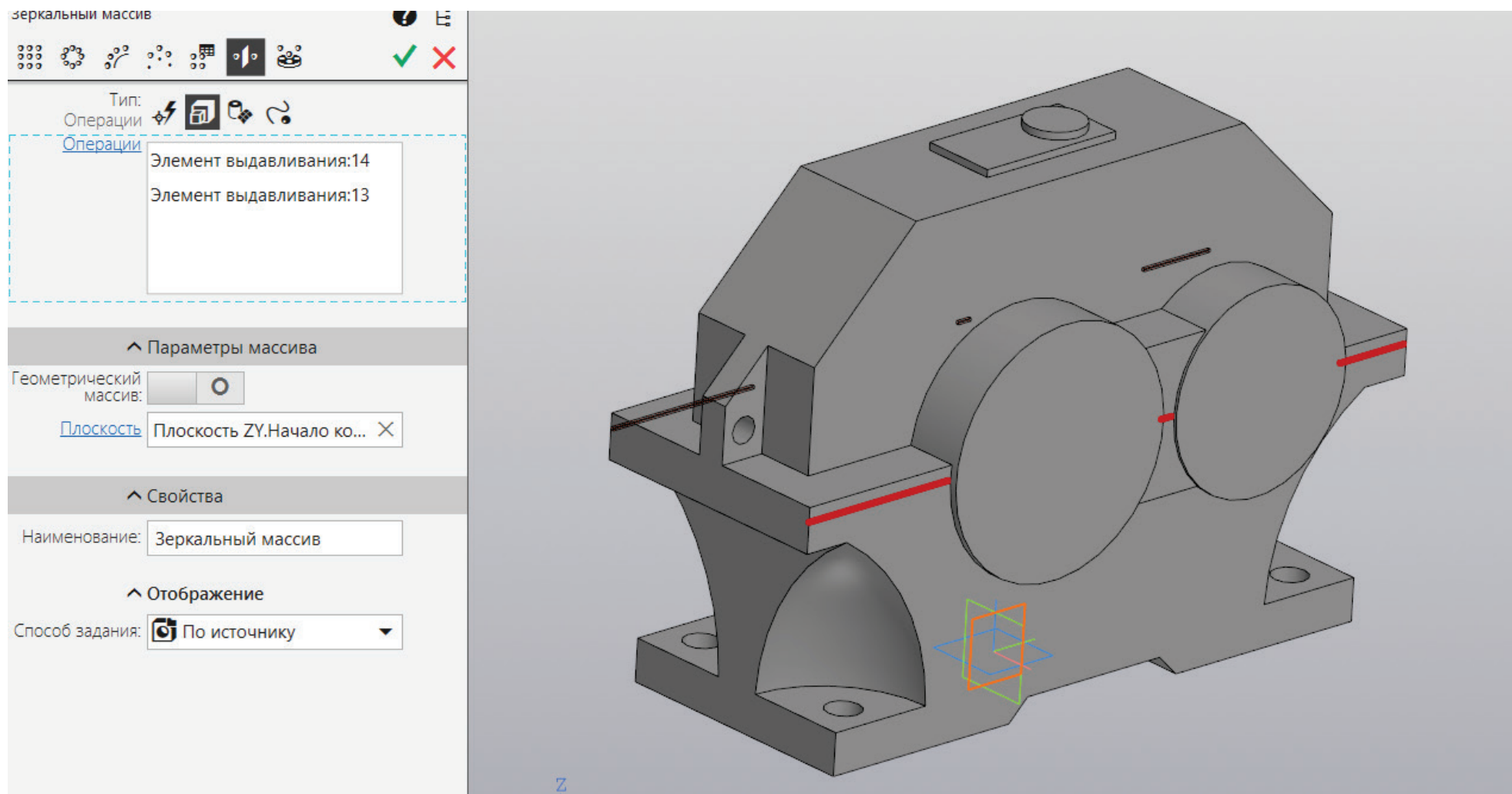


Рисунок 56 – Создание зеркального массива

Зеркальный массив применяется к двум крайним операциям выдавливания относительно центральной плоскости XY. В этом случае канавка на лицевой части редуктора появится и на тыльной стороне.

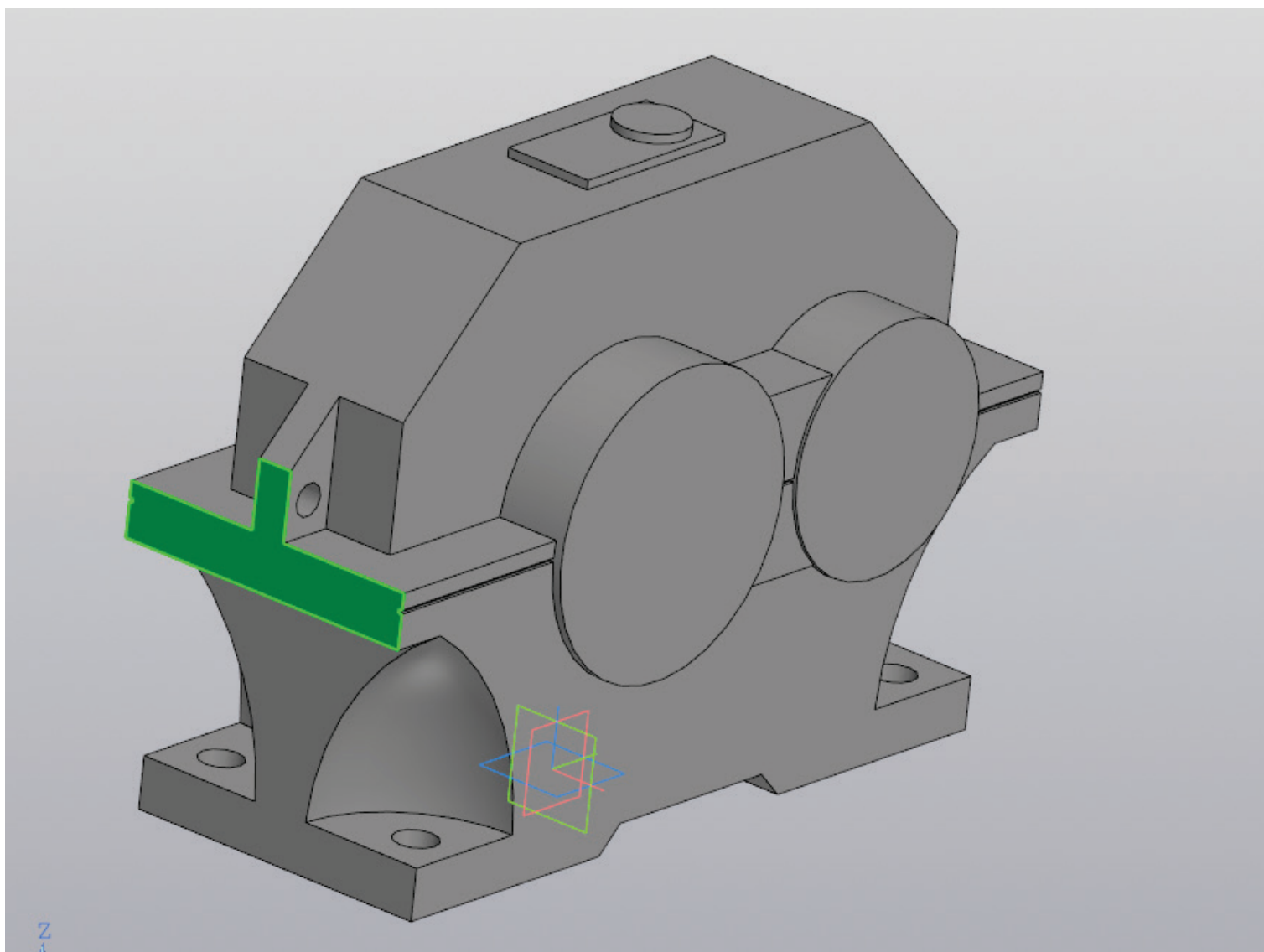


Рисунок 57 – Создание эскиза

На выбранной плоскости создается эскиз (рис. 57).

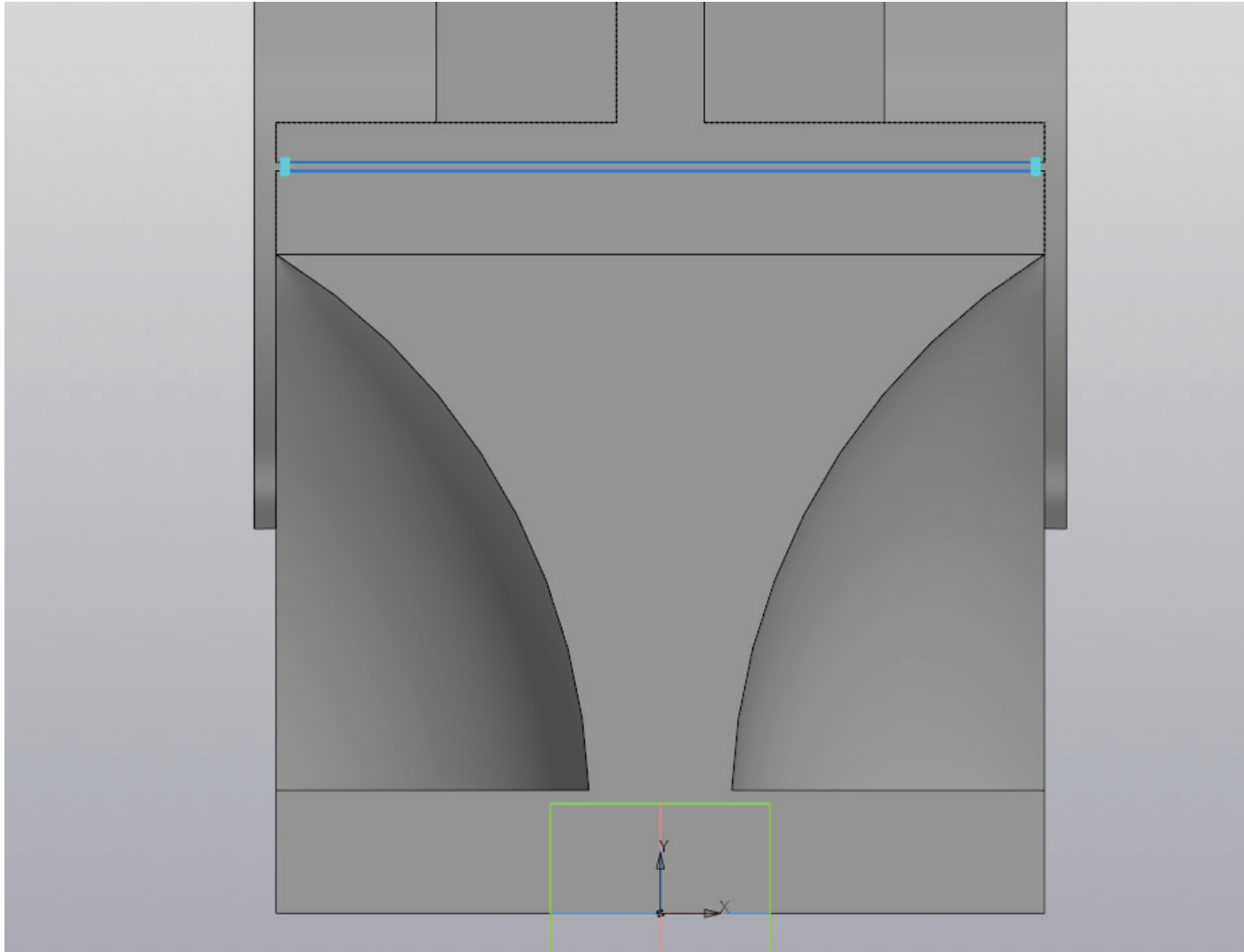


Рисунок 58 – Работа с эскизом, создание контура

На боковой поверхности редуктора в созданном эскизе необходимо провести горизонтальные прямые на уровне операций выдавливания, после чего соединить по контуру между собой. Впоследствии полученный эскиз также необходимо вырезать на 2 (мм).

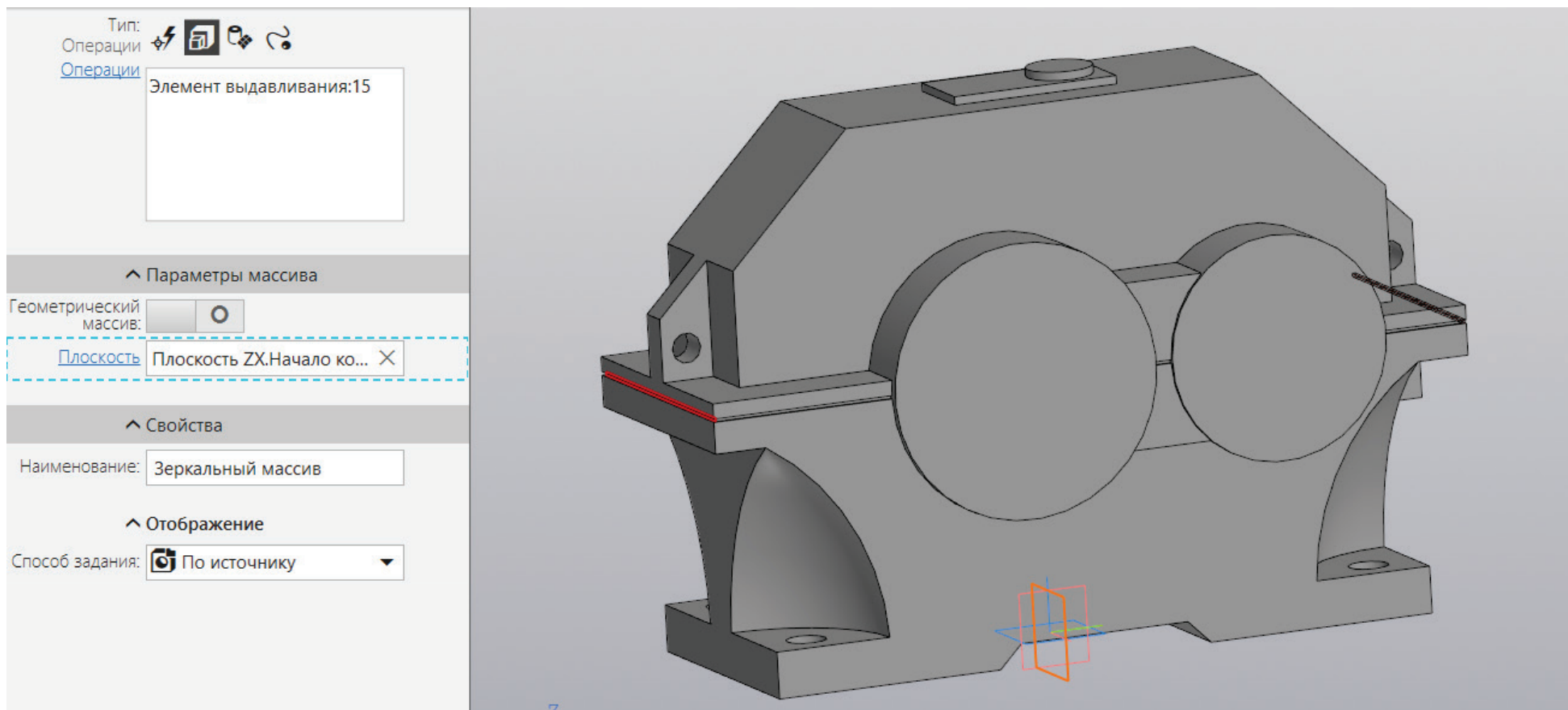


Рисунок 59 – Применение зеркального массива

Применение зеркального массива для крайней операции выдавливания позволит получить подобный вырез на оставшейся стороне редуктора, для этого в качестве центральной плоскости нужно указать плоскость ZX.

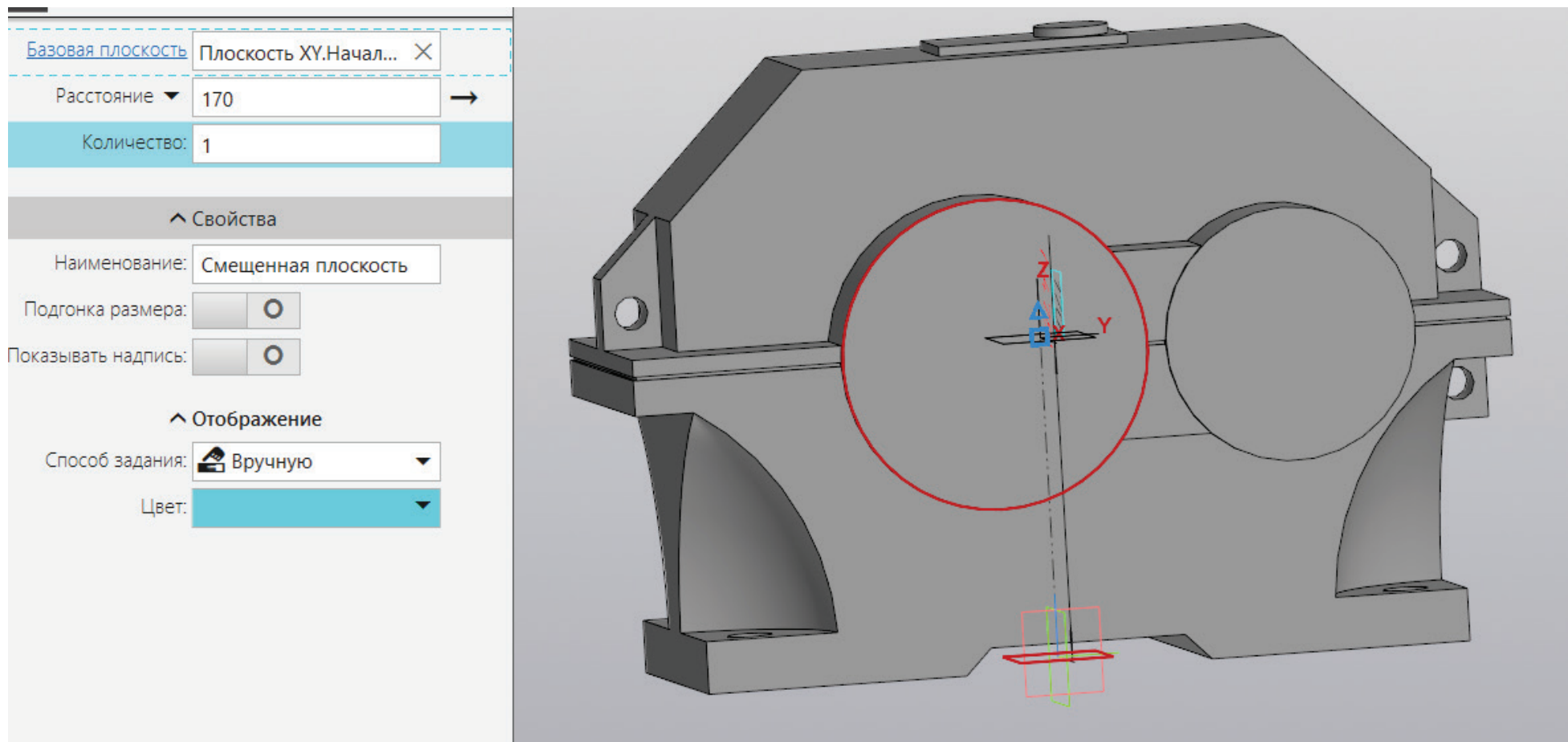


Рисунок 60 – Создание вспомогательной плоскости

Выбрав центральную плоскость XY, предстоит создать вспомогательную плоскость на расстоянии H1. После чего на данной плоскости создается эскиз.

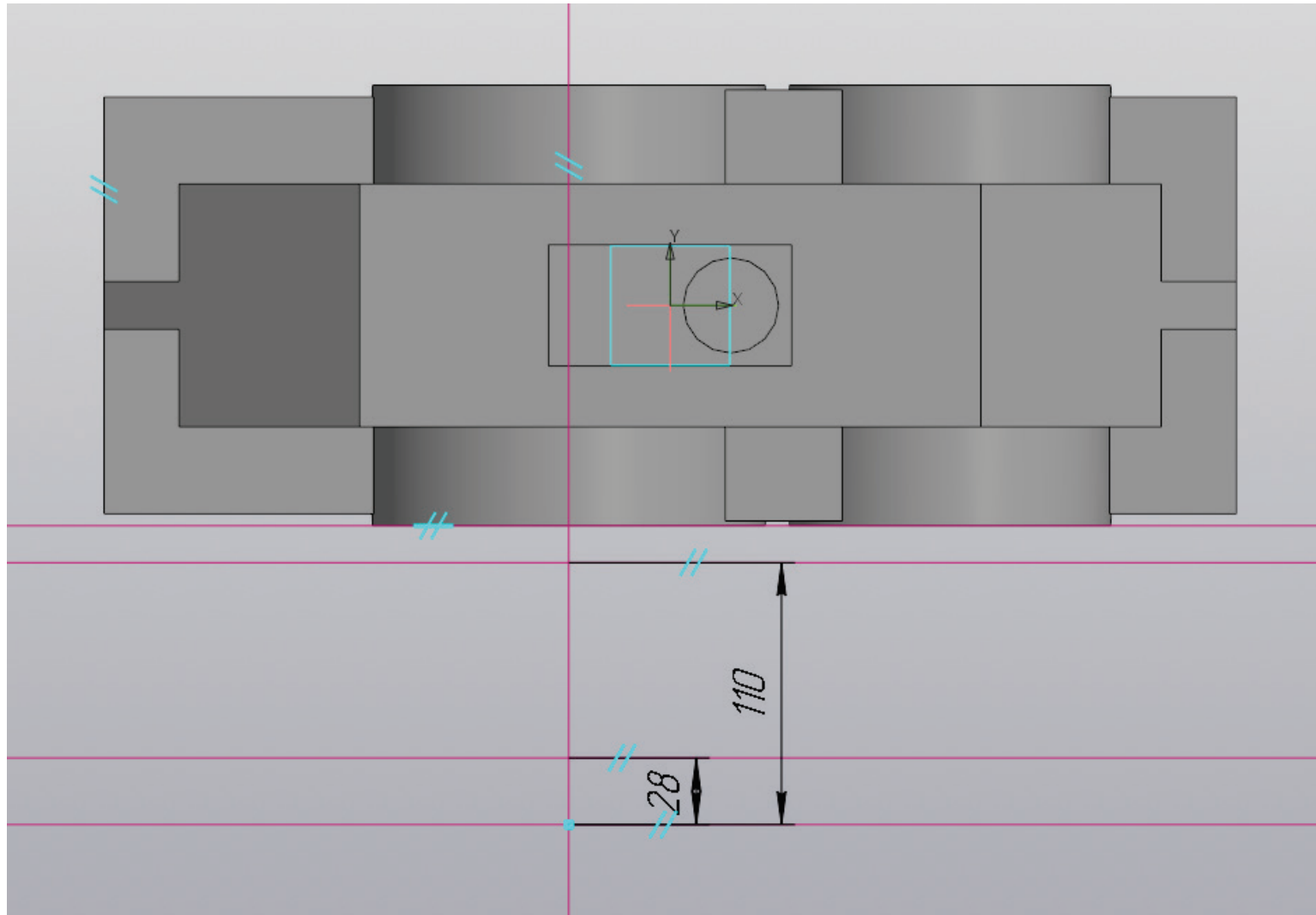


Рисунок 61 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

Сперва создаются две вспомогательные прямые, одна касательная к выступающей части окружностей, другая вертикальная в центре окружности. От горизонтальной прямой откладывается параллельная прямая на расстоянии $(L_3 - B/2)$ (мм). От построенной прямой откладываются две параллельные прямые на расстоянии $(L_2 - L_3)$ (мм) и L_2 (мм).

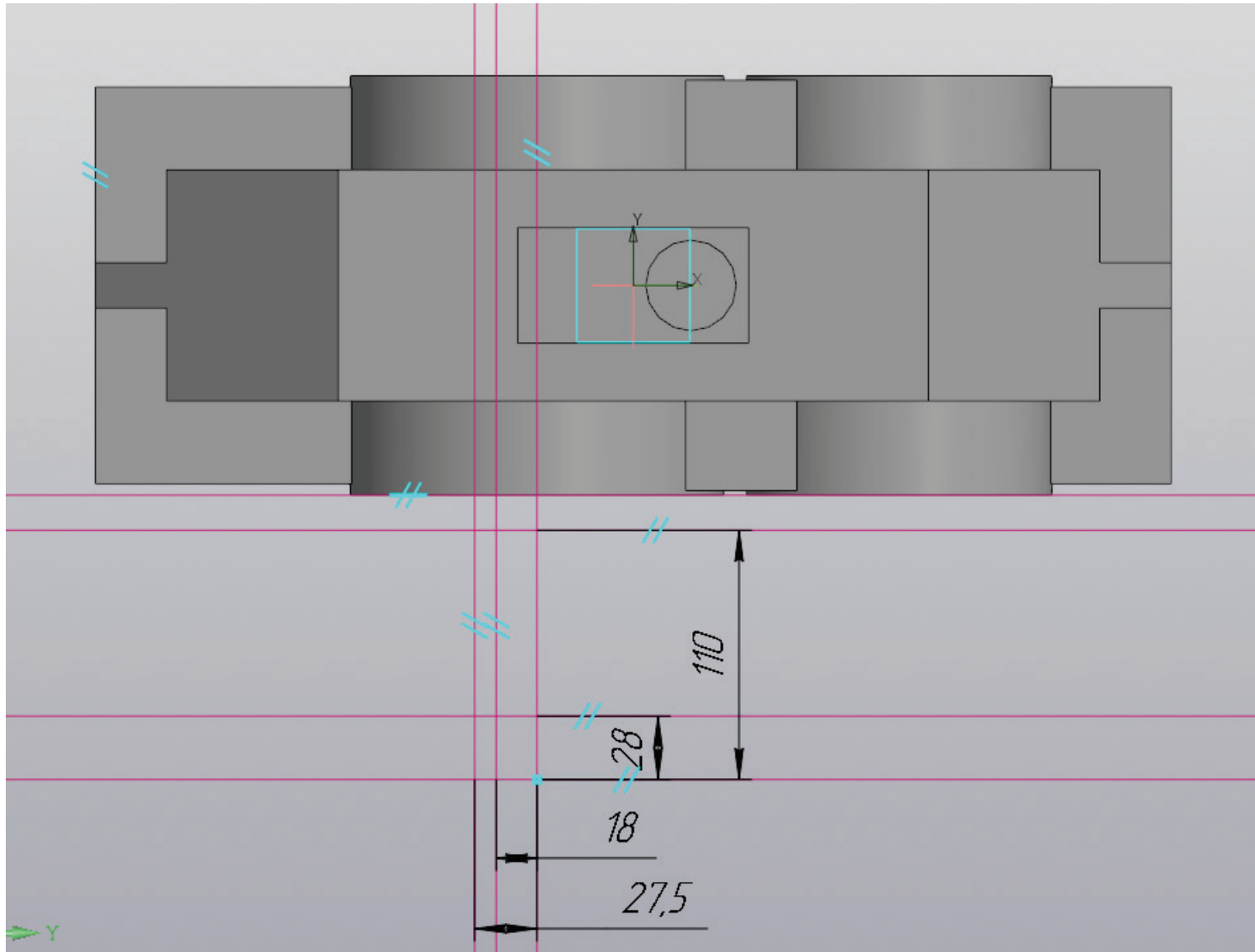


Рисунок 62 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

От вертикальной прямой откладываются две параллельные прямые влево на расстояние $d_3/2$ (мм) и $d_2/2$ (мм).

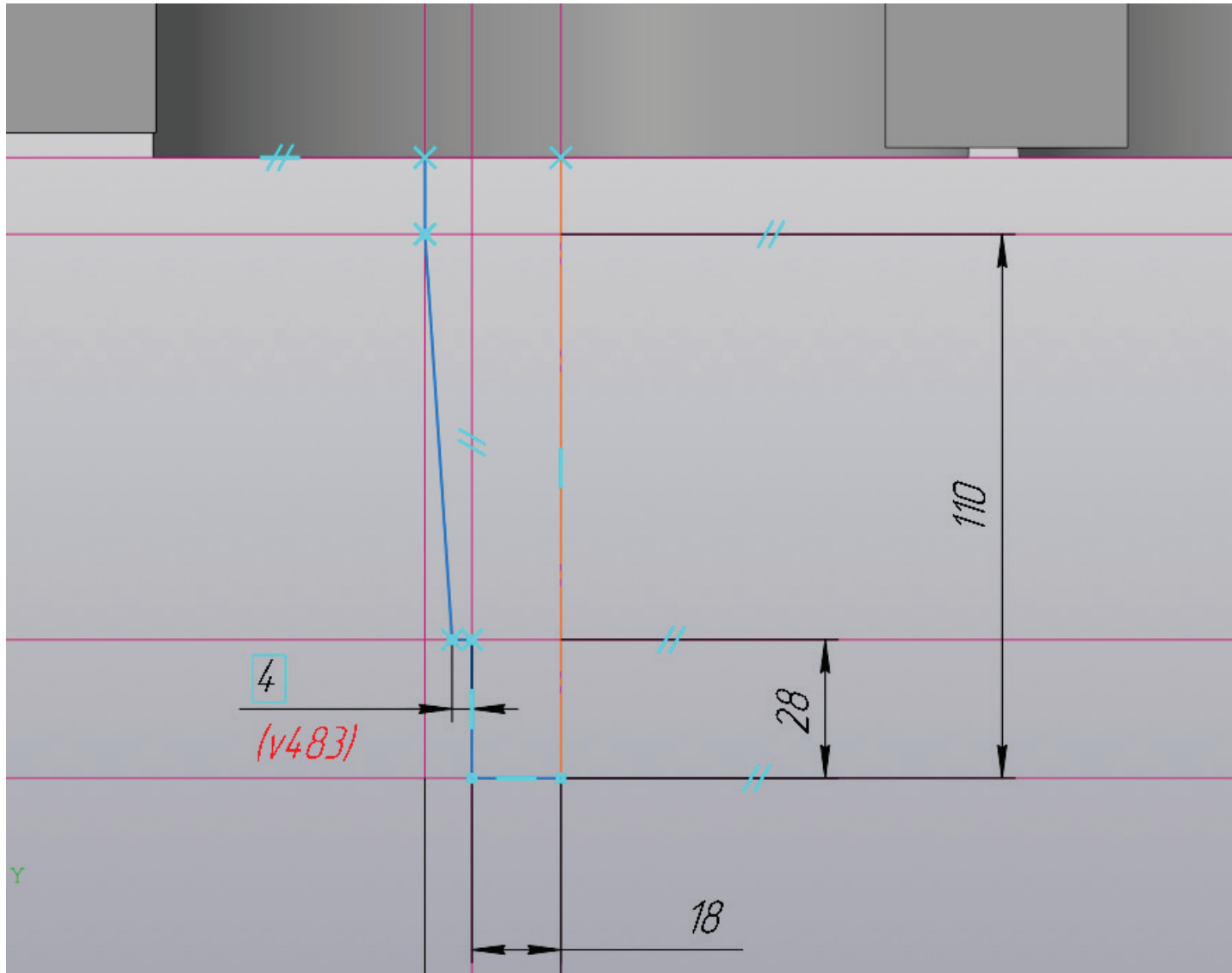


Рисунок 63 – Создание контура вала редуктора

На рисунке 63 показан пример соединения контура и обозначена осевая линия для дальнейшего вращения эскиза.

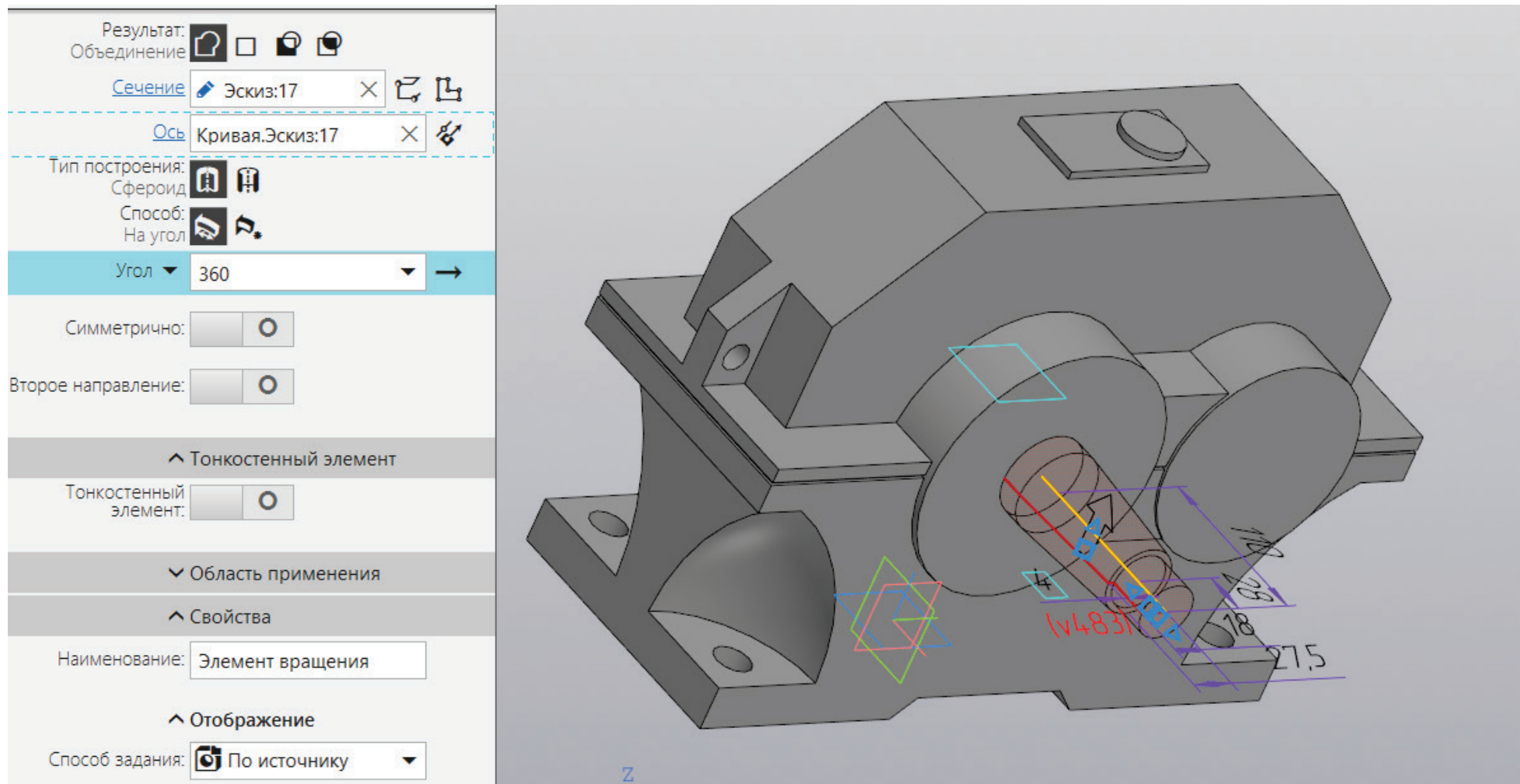


Рисунок 64 – Создание вала редуктора

К полученному эскизу необходимо применить команду «Элемент вращения».

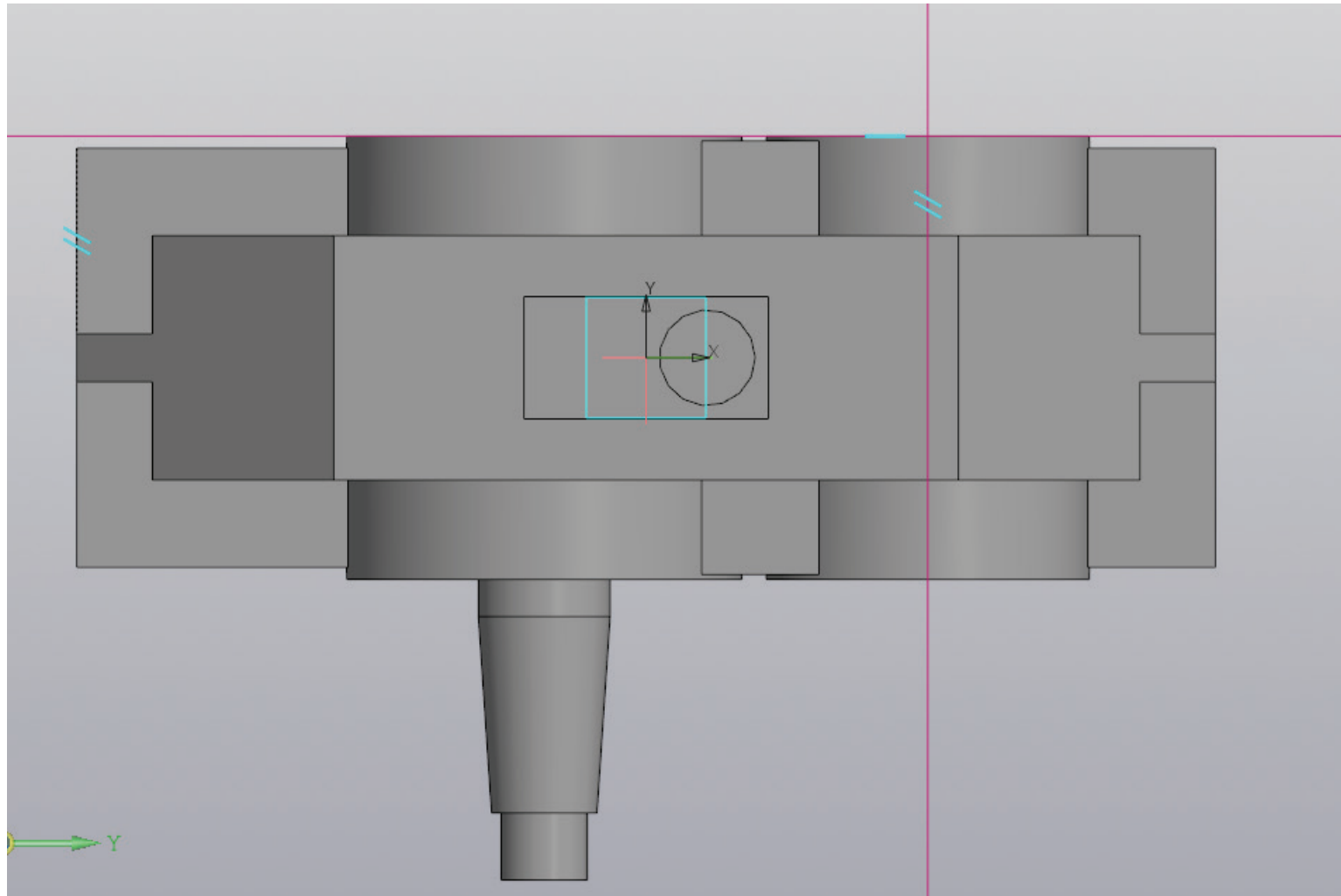


Рисунок 65 – Создание эскиза на вспомогательной плоскости

Завершив построение одного вала редуктора, необходимо построить другой. В зависимости от расположения редуктора в схеме один из валов будет входным, а другой – выходным. Для этого необходимо вновь создать эскиз на уже существующей вспомогательной плоскости и построить вспомогательные прямые с другой стороны редуктора (рис. 65). Причем вертикальная прямая находится также в центре окружности.

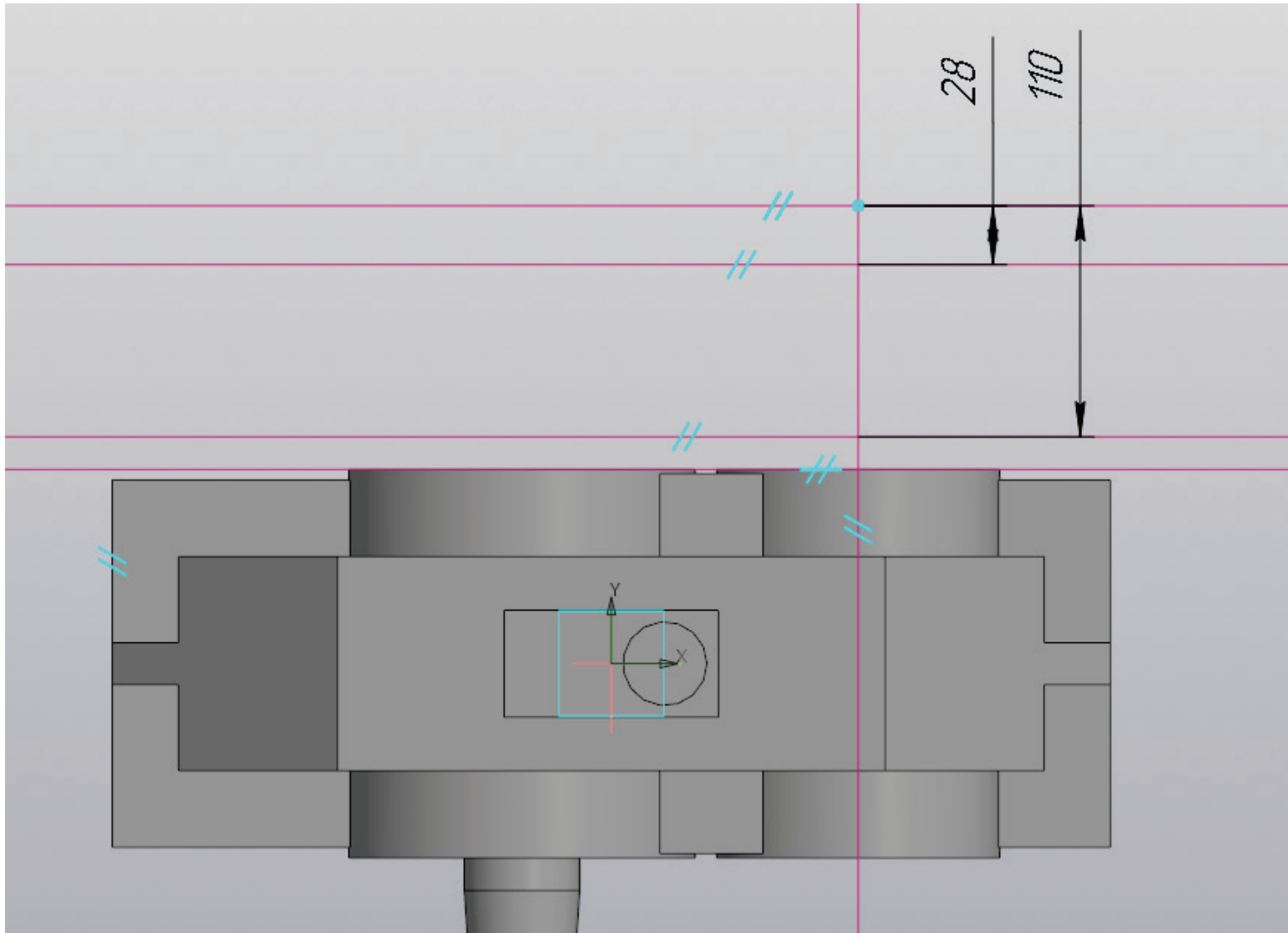


Рисунок 66 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

От горизонтальной прямой выполняется построение параллельной прямой на расстояние $(L_2 - B/2)$ (мм). От построенной прямой откладываются две параллельные прямые на расстояниях $(L - L_1)$ (мм) и L (мм).

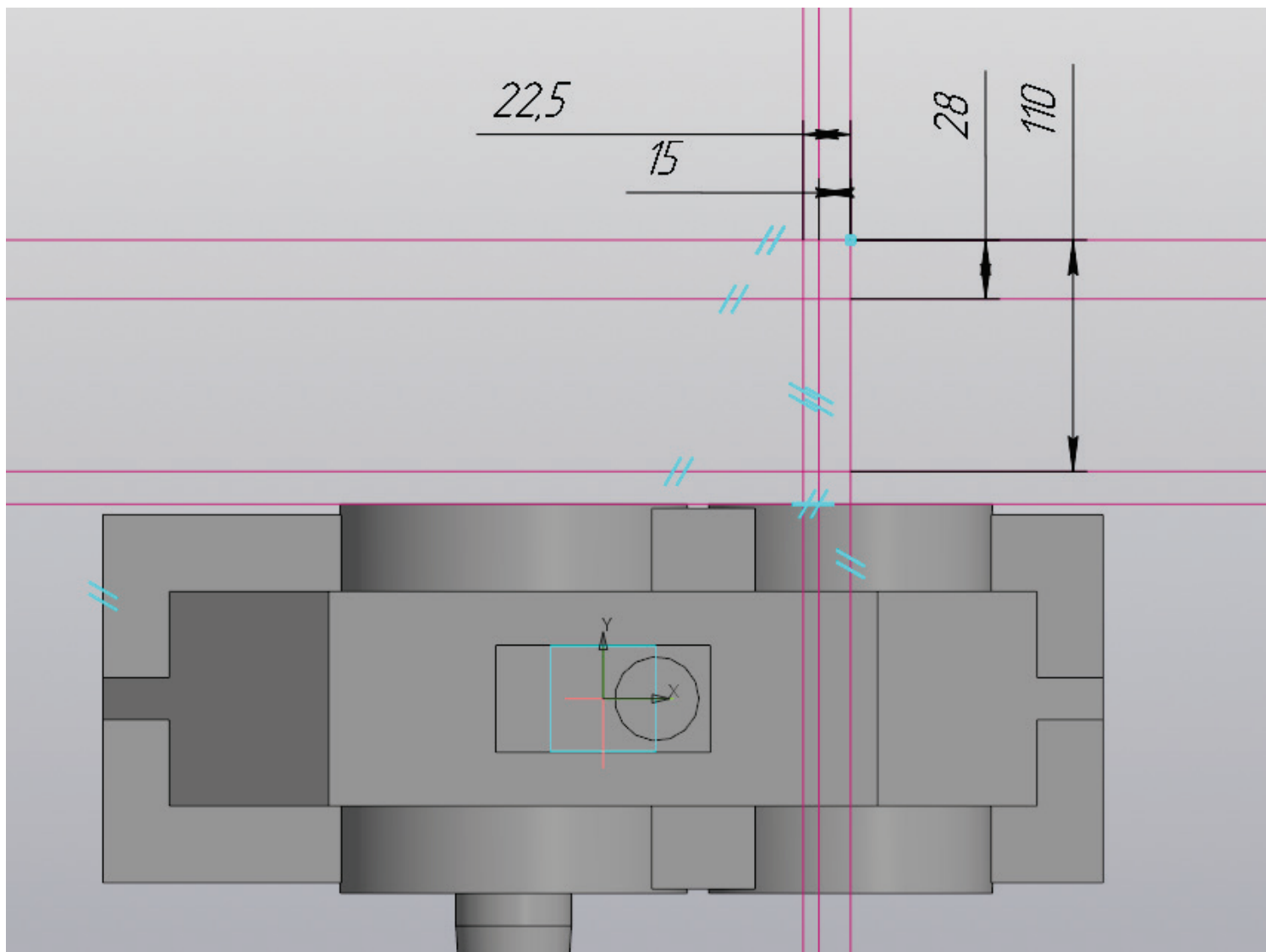


Рисунок 67 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

От вертикальной прямой откладываются две параллельные прямые влево на расстояние $d_1/2$ (мм) и $d/2$ (мм).

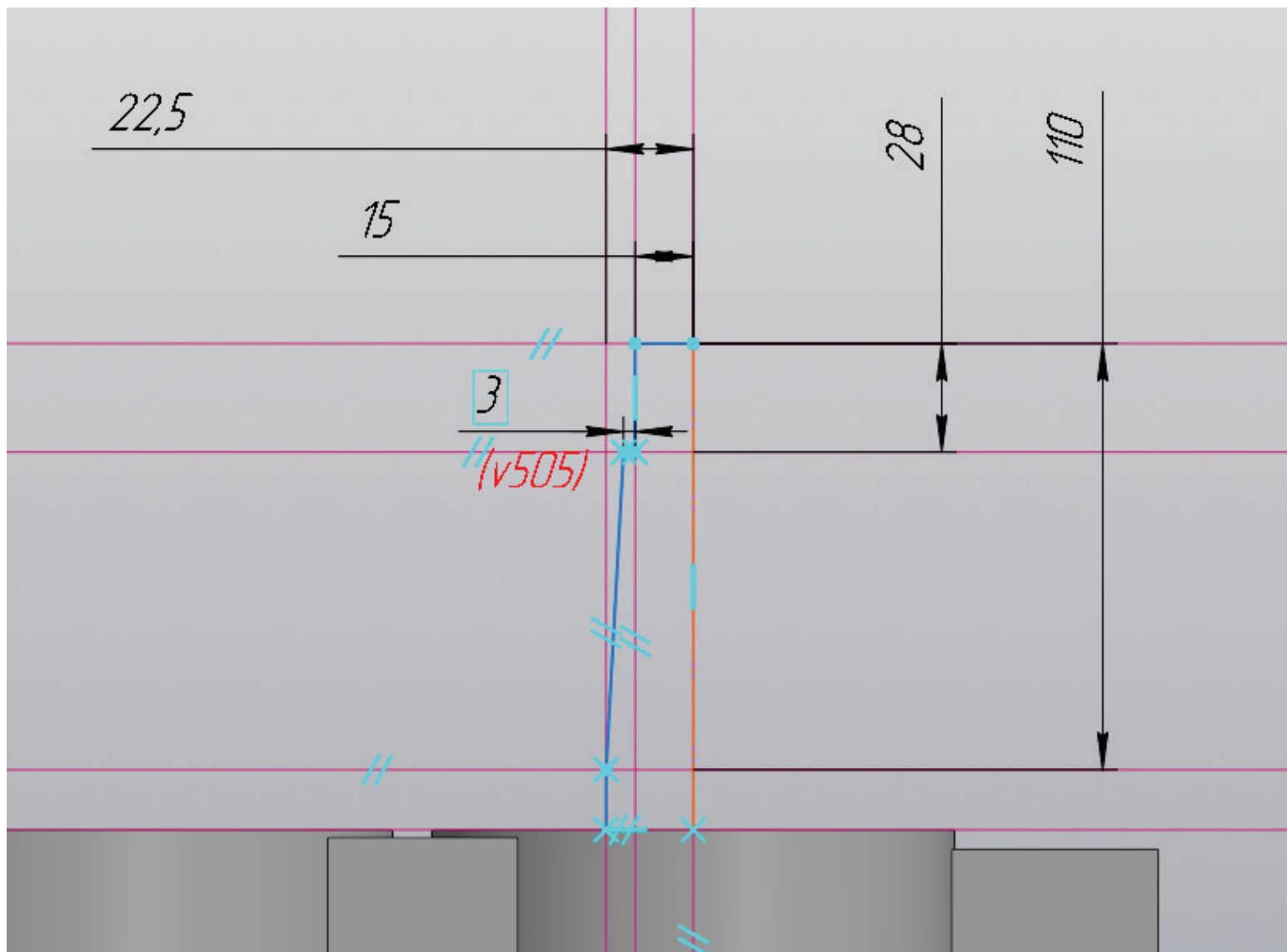


Рисунок 68 – Создание контура вала редуктора

На рисунке 68 показан пример соединения контура и обозначена осевая линия для дальнейшего вращения эскиза.

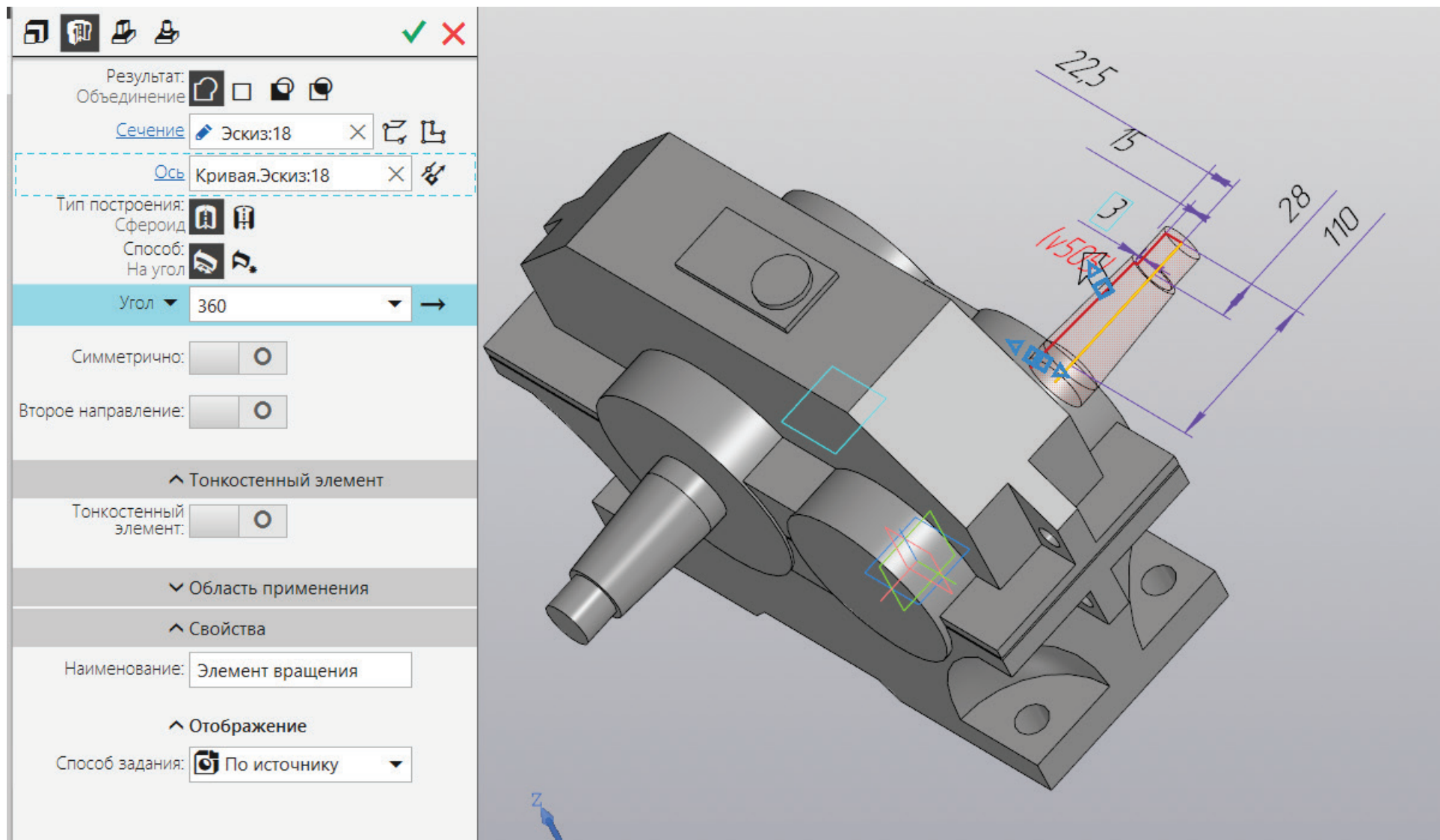


Рисунок 69 – Создание вала редуктора

К полученному эскизу необходимо применить команду «Элемент вращения».

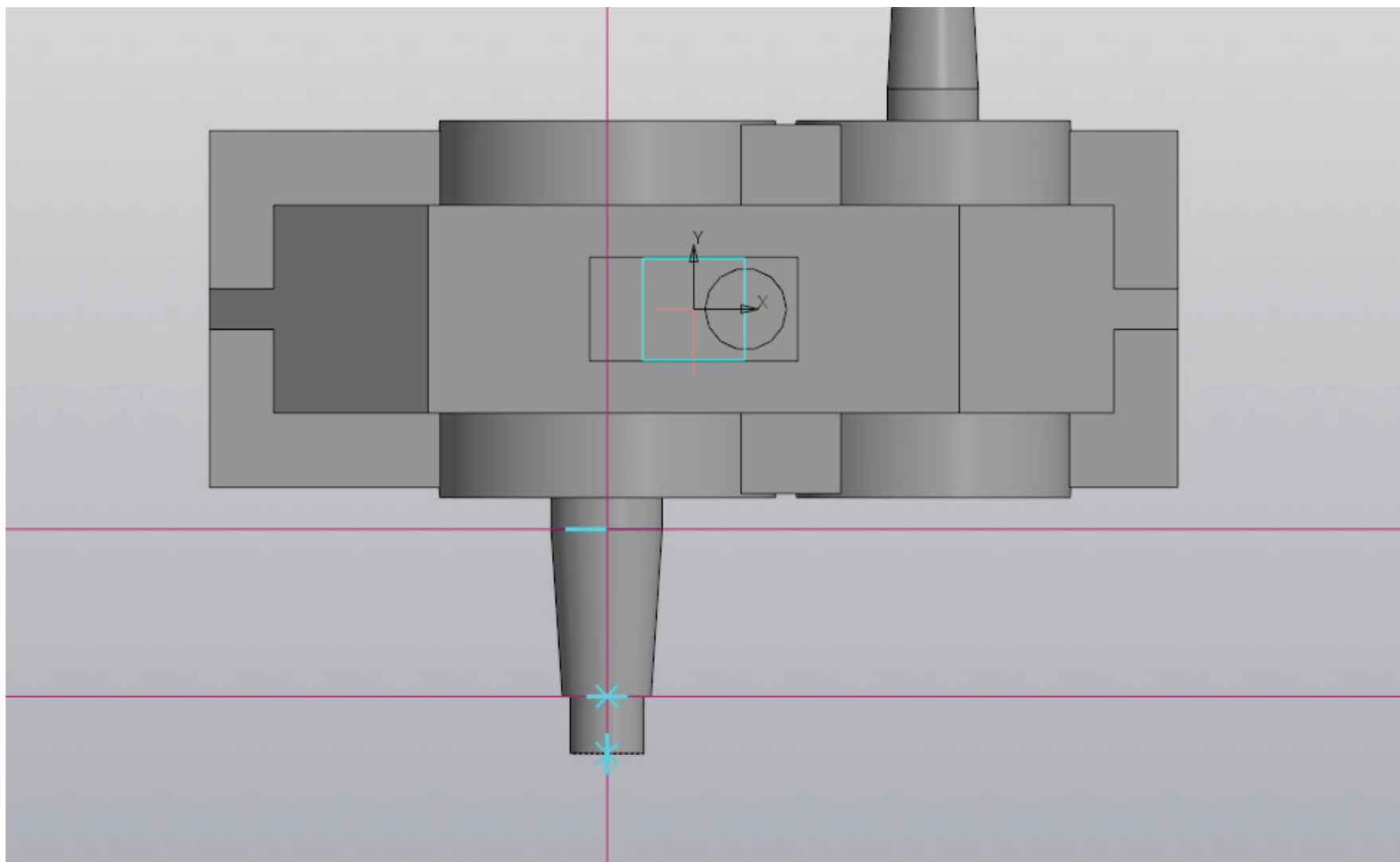


Рисунок 70 – Создание шпоной канавки

В зависимости от диаметра вала выбирается шпонка по ГОСТ 23360-78. В связи с размерами расставляются вспомогательные прямые.

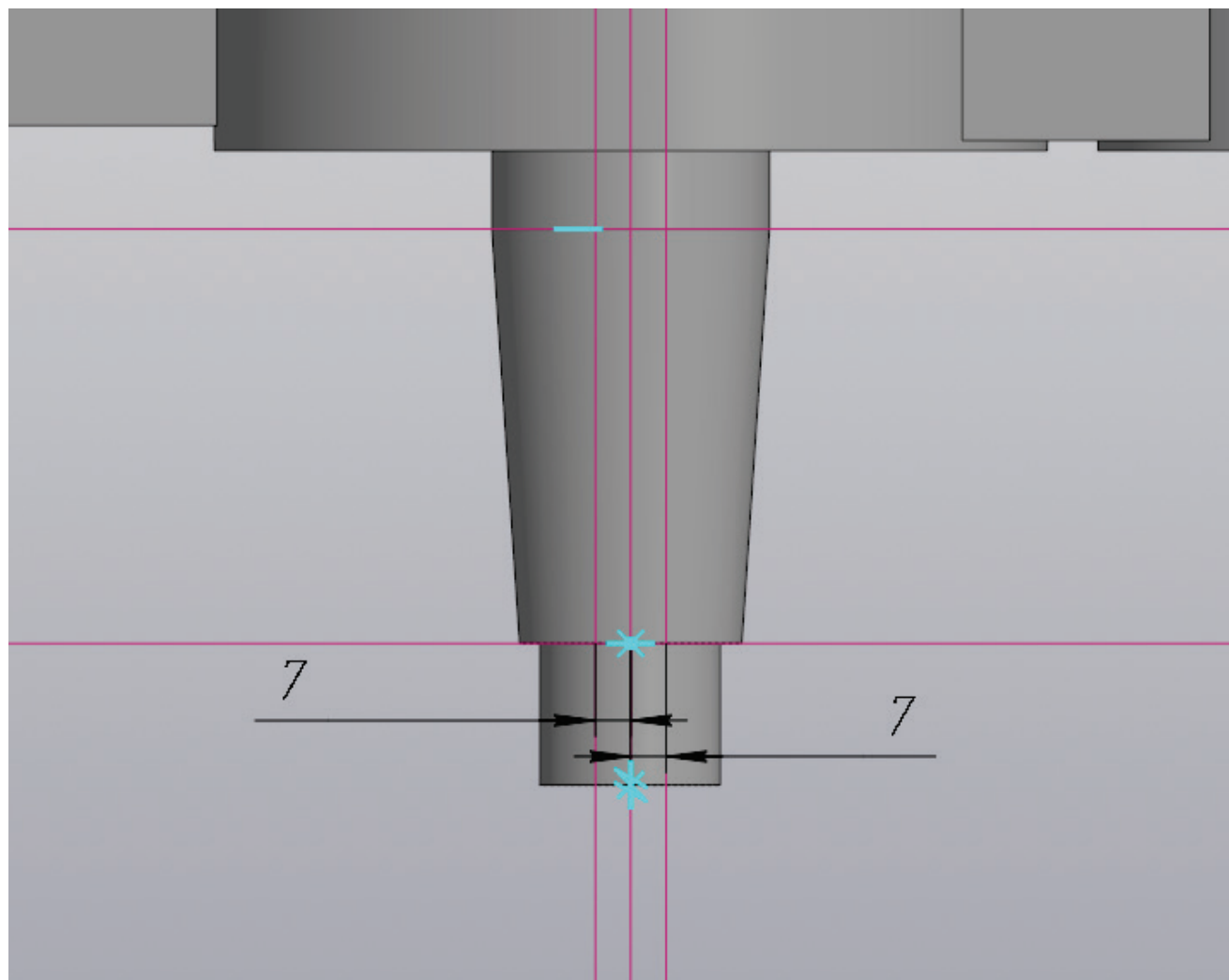


Рисунок 71 – Создание шпоной канавки

В обе стороны от вертикальной прямой откладываются две прямые на расстояние $b_1/2$ (мм). От горизонтальных прямых откладываются прямые внутрь. Расстояние смотреть по ГОСТ 23360-78 для шпонок. Необходимо уместиться в заданный диапазон по длине шпонки.

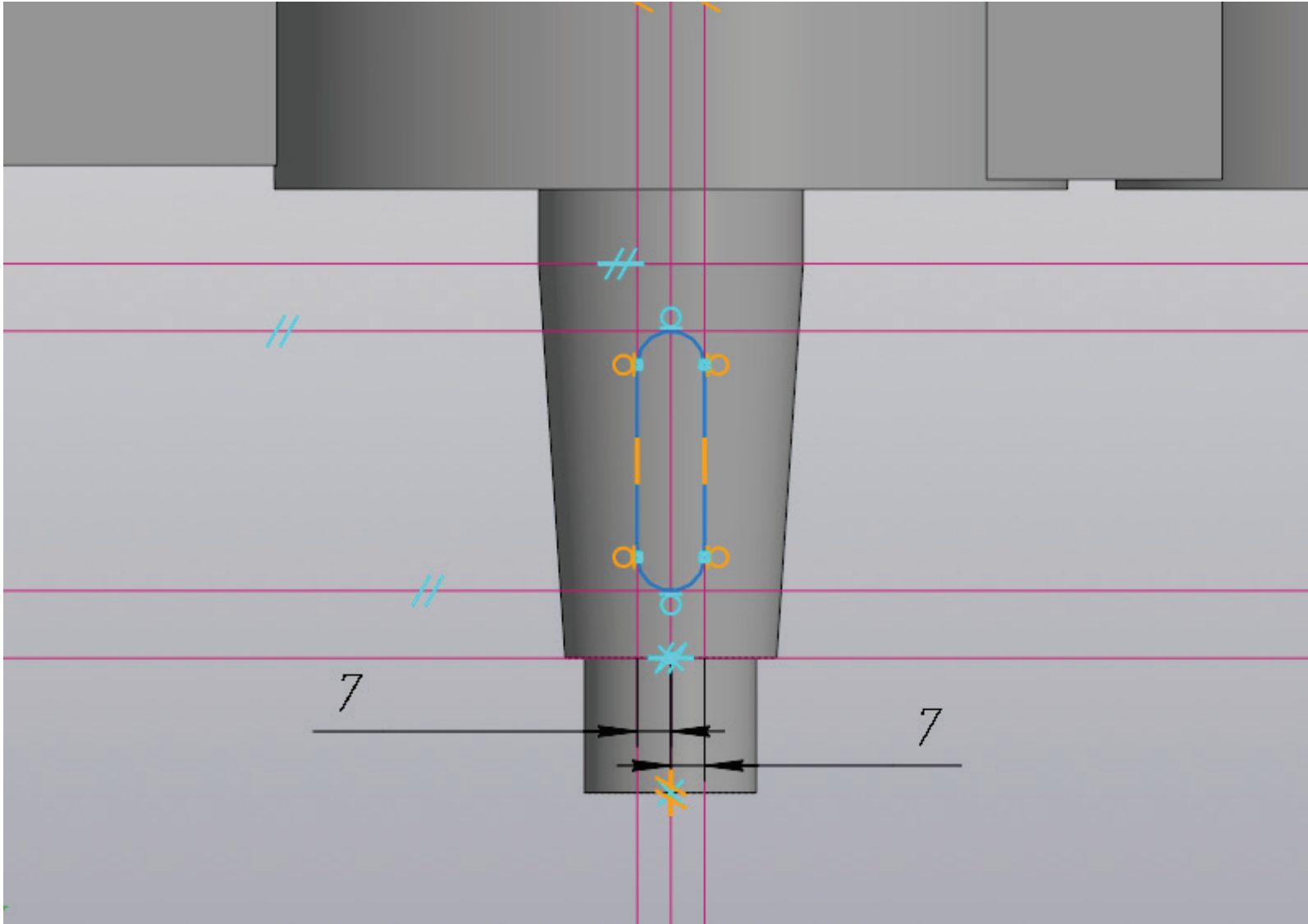


Рисунок 72 – Создание шпоной канавки, замкнутый контур

После того, как все размеры выставлены, необходимо создать замкнутый контур.

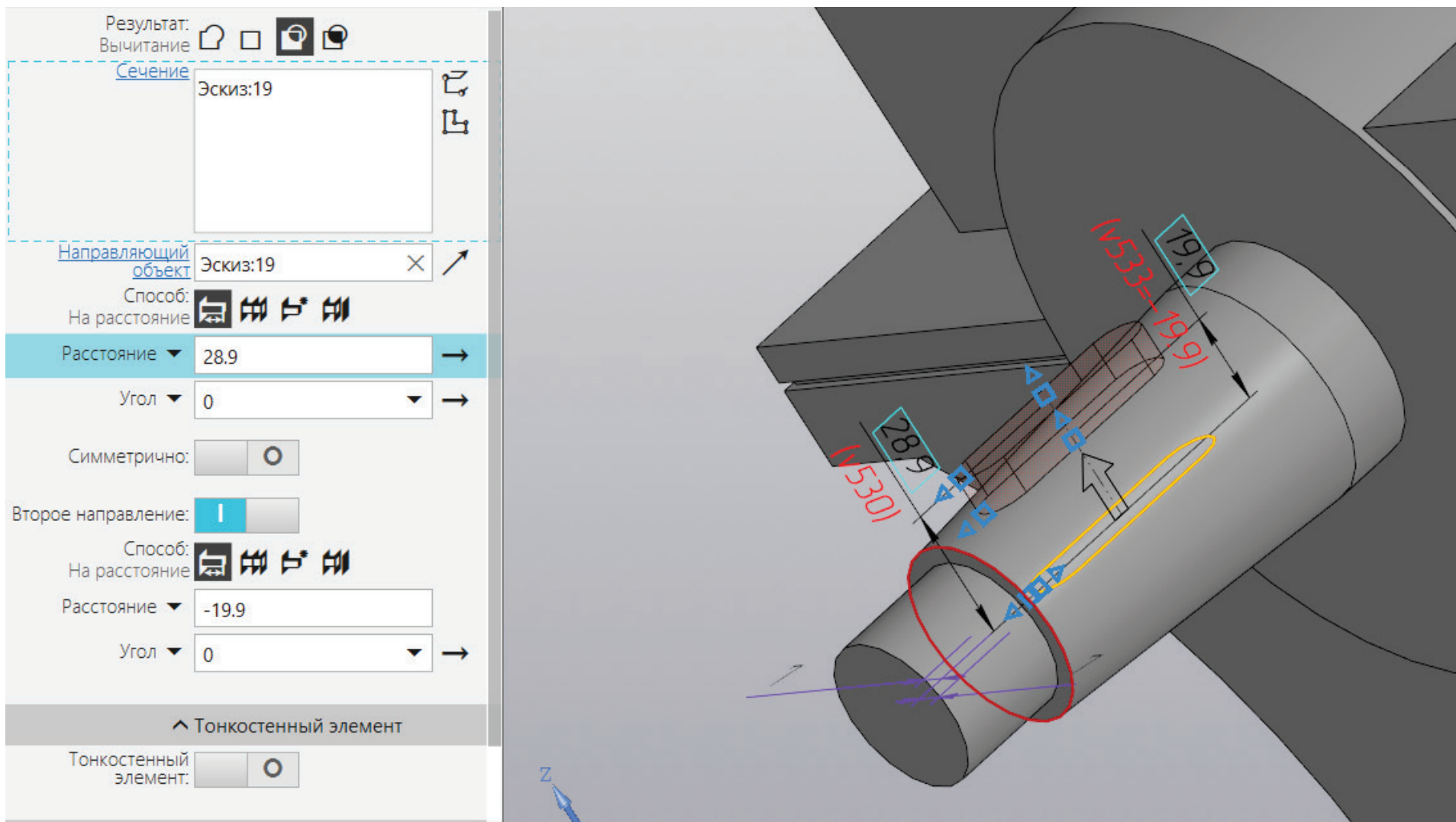


Рисунок 73 – Создание шпоной канавки

Применяется команда «Вырезать выдавливанием» так, чтобы вырезание было вверх детали. Первое расстояние это t_1 (мм), а второе – (t_1-h) (мм), где h берется из ГОСТ 23360-78 для шпонок.

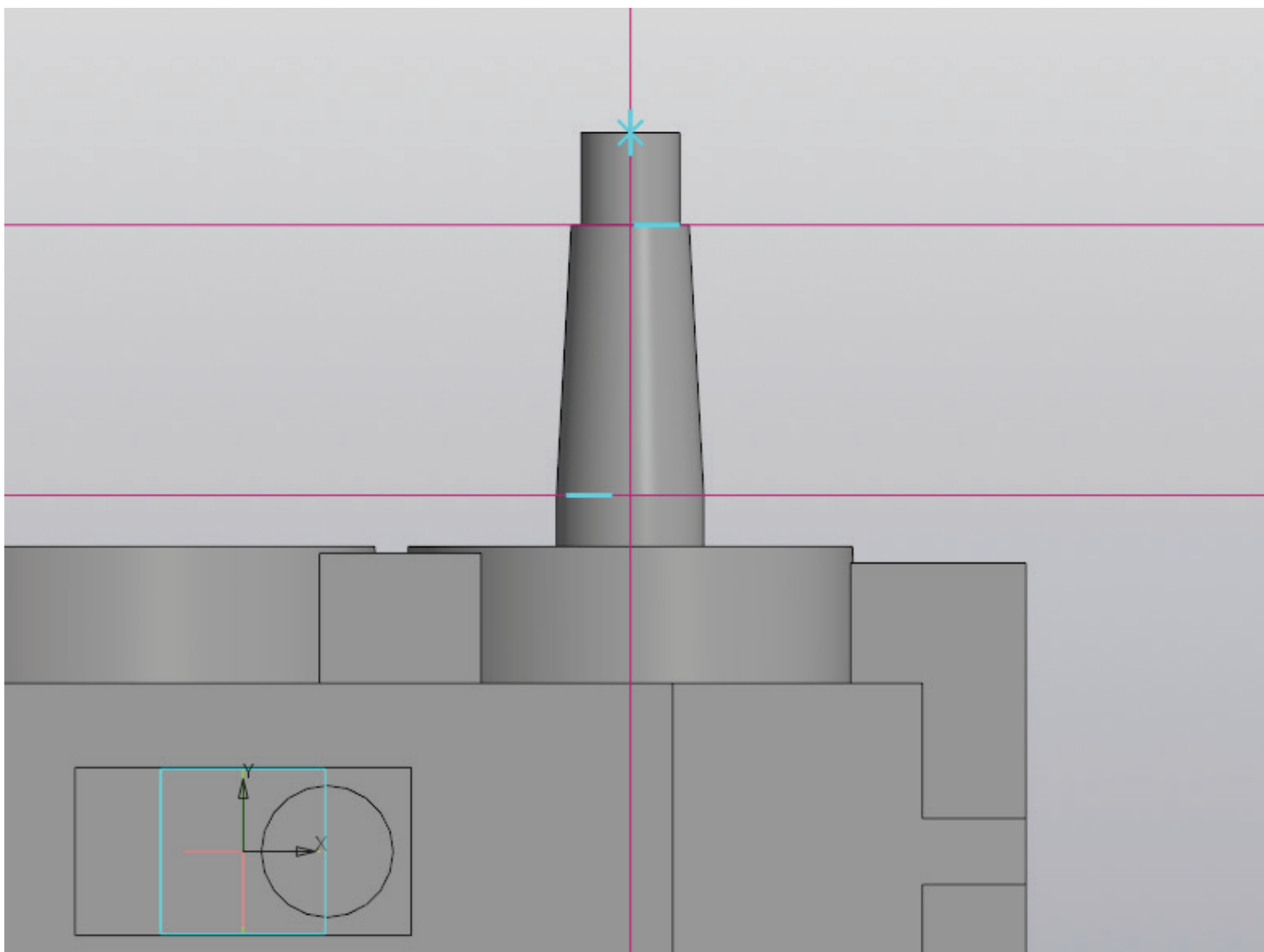


Рисунок 74 – Создание шпоной канавки

Выбрав вспомогательную плоскость необходимо повторить все итерации для создания шпоночной канавки другого вала редуктора, все размеры для шпоночной канавки также берутся из ГОСТ 23360-78 для шпонок.

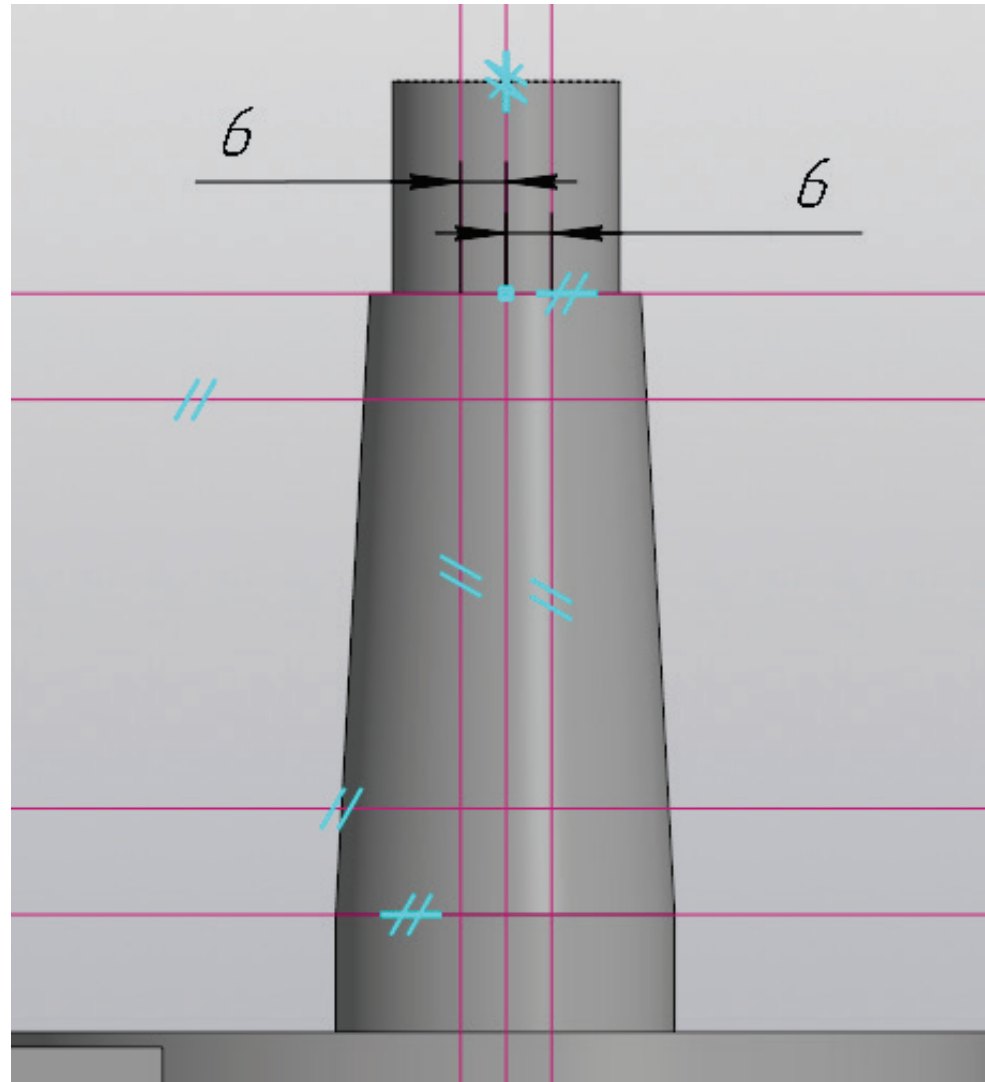


Рисунок 75 – Создание шпоночной канавки

В обе стороны от вертикальной прямой необходимо отложить две параллельные прямые на расстоянии $b/2$ (мм). От горизонтальных прямых нужно отложить прямые внутрь.

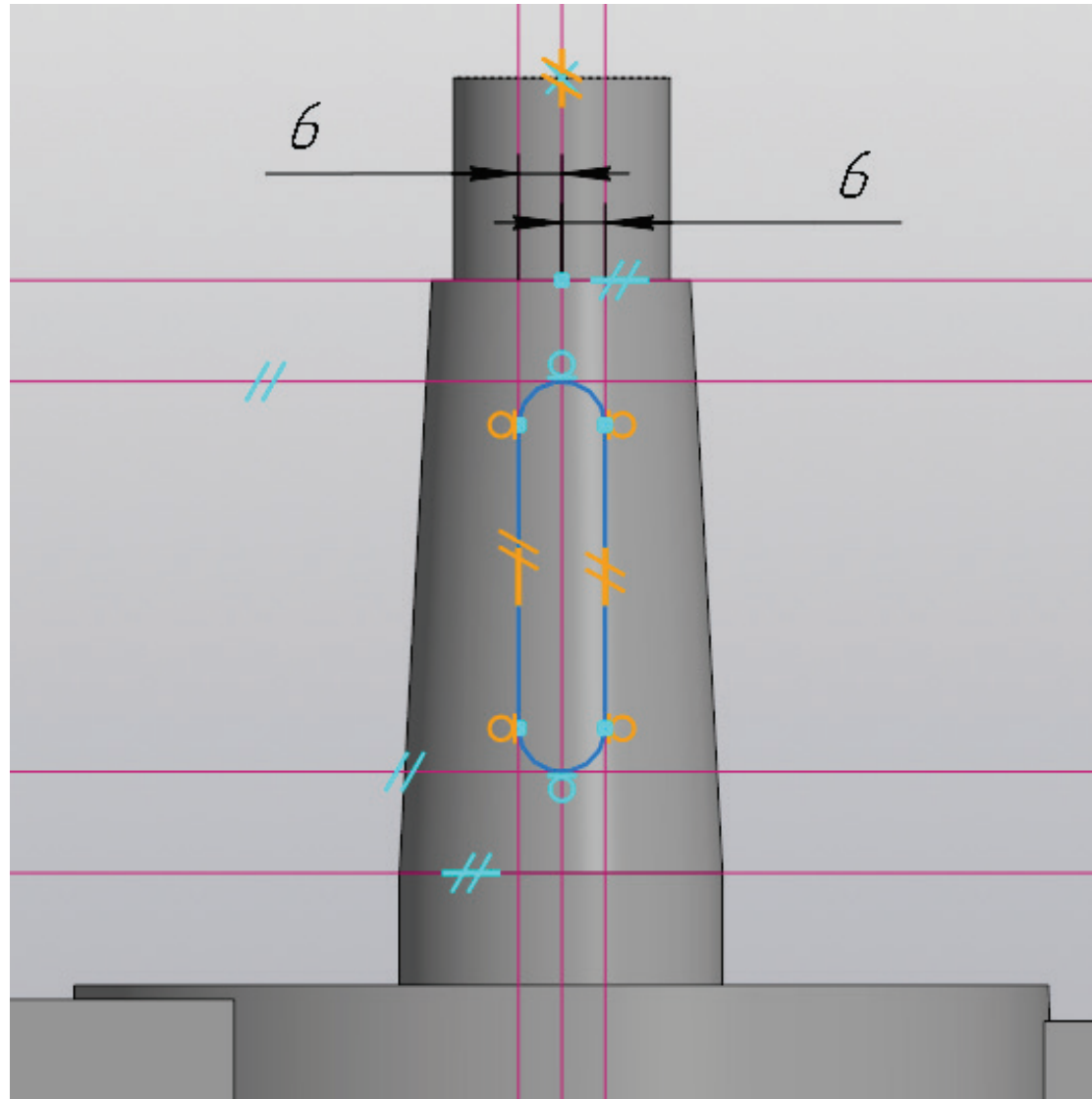


Рисунок 76 – Создание шпоночной канавки, замкнутый контур

После того, как все размеры выставлены создается замкнутый контур шпоночной канавки.

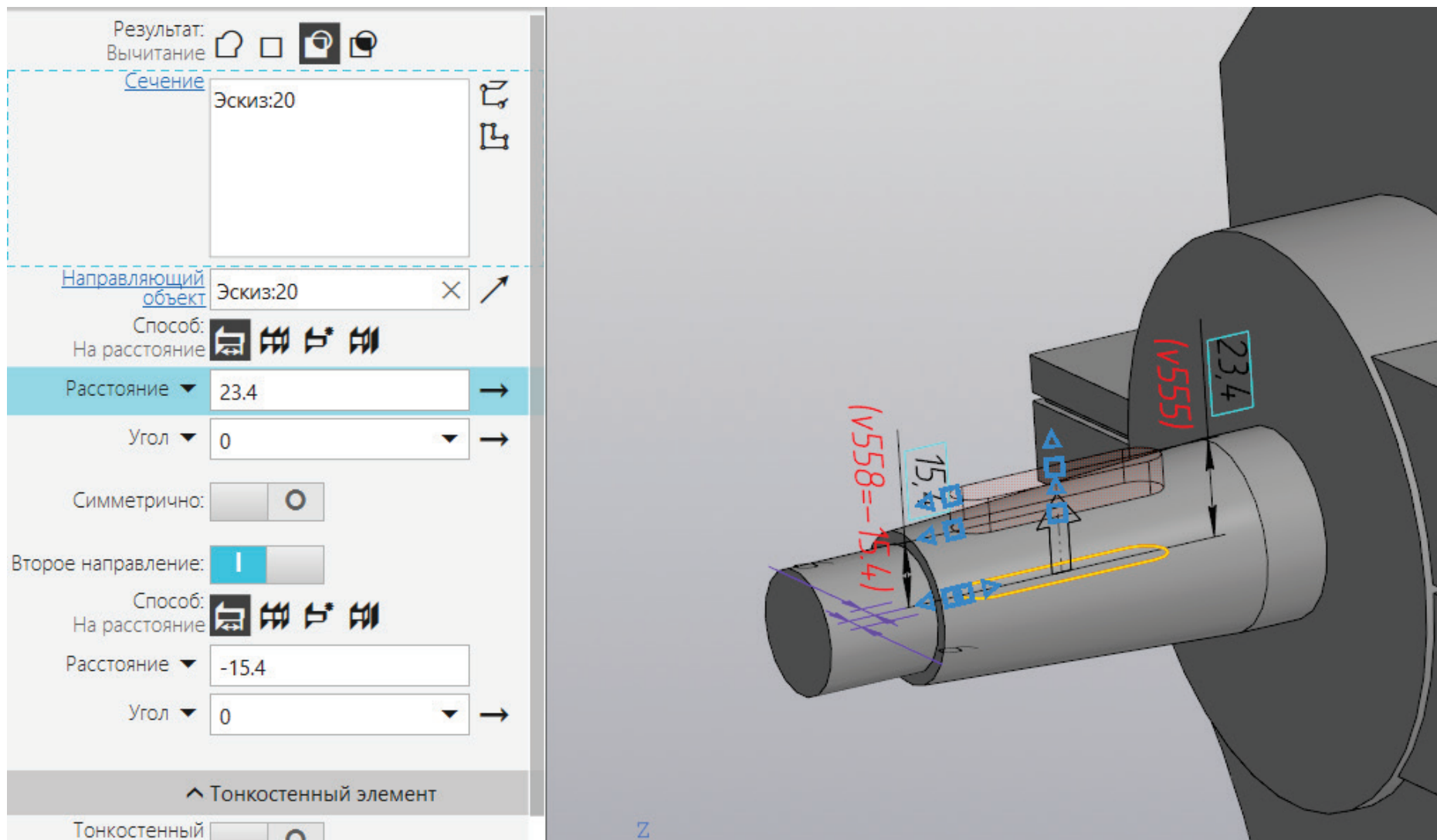


Рисунок 77 – Создание шпоночной канавки

Применяется команда «Вырезать выдавливанием» так, чтобы вырезание было вверх детали. Первое расстояние это t (мм), а второе – $(t-h)$ (мм), где h берется из ГОСТ 23360-78 для шпонок.

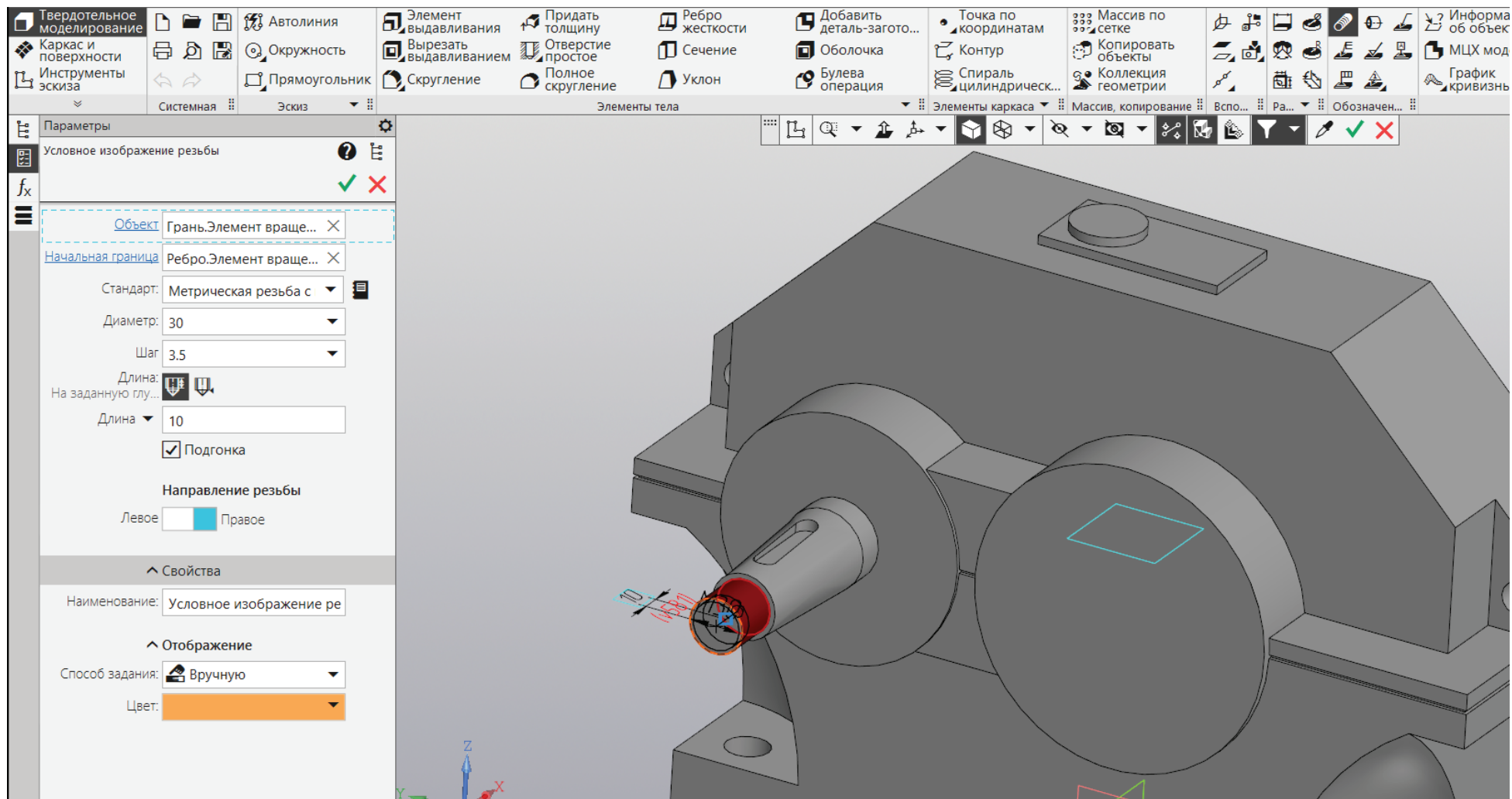


Рисунок 78 – Условное обозначение резьбы

На концах валов выполняется условное обозначение резьбы в соответствии с данными модели редуктора.

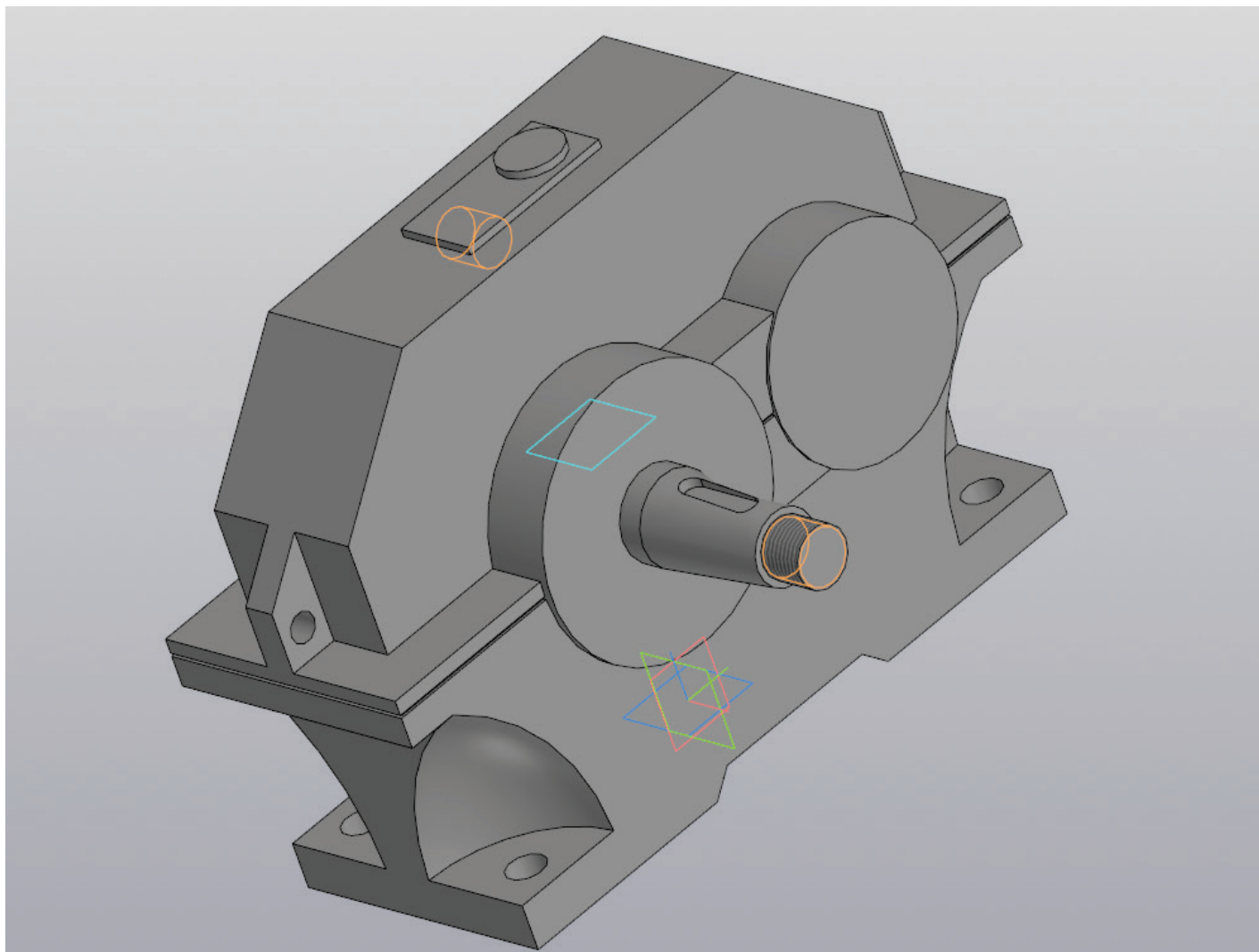


Рисунок 79 – Цилиндрический одноступенчатый редуктор

Результат моделирования проиллюстрирован на рисунке 79. На концах вала оранжевым цветом показано условное обозначение резьбы. Также резьбу видно и на самой трехмерной модели.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТУРА ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА

Произведя необходимые расчеты и выбрав тип редуктора по каталогу, следует приступить к моделированию. Первоначально необходимо создать эскиз в одной из плоскостей. В качестве примера выполняется моделирование редуктора типа Ч-200М – Ч-500М.

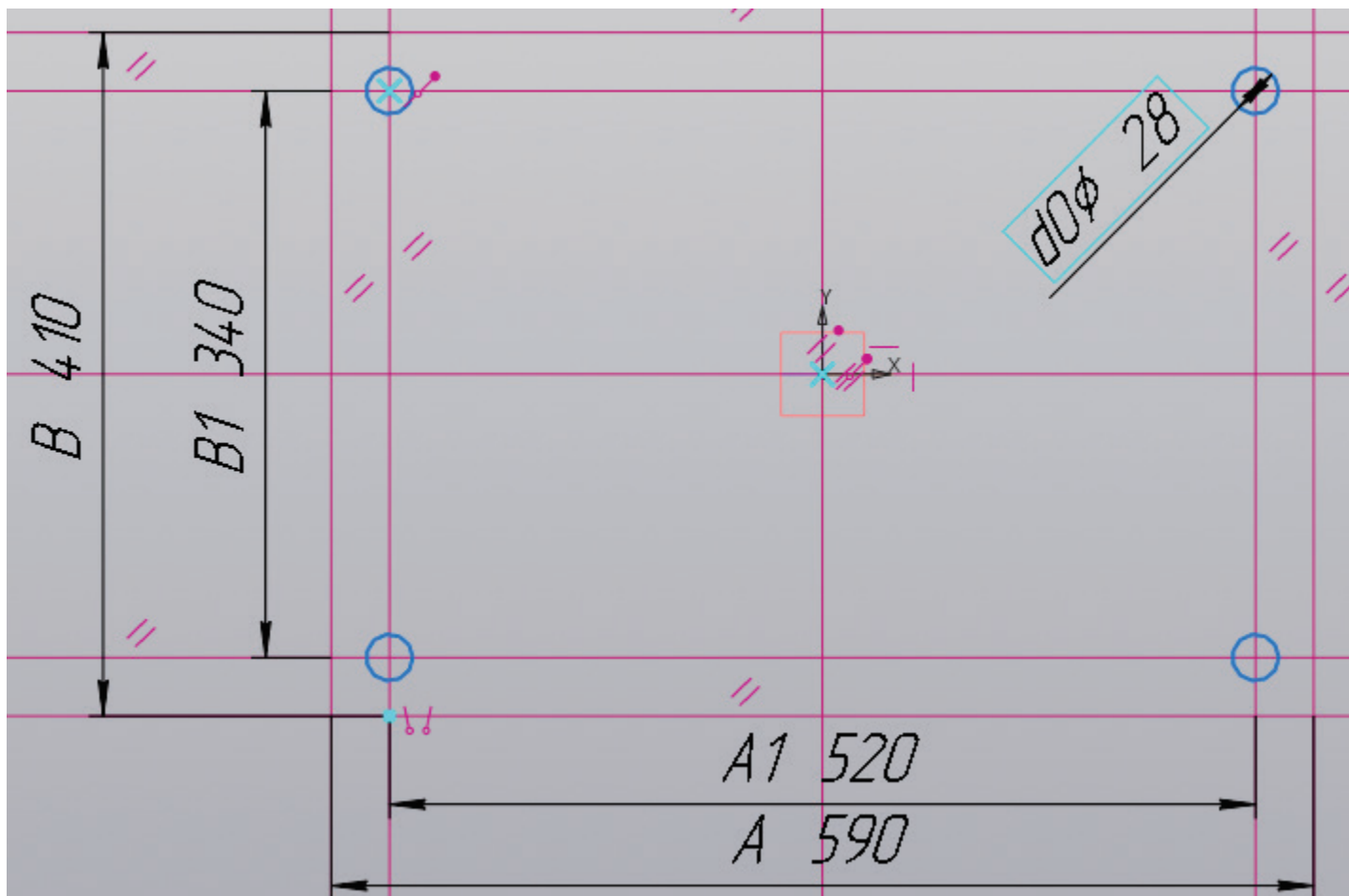


Рисунок 80 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

В плоскости XU , которая взята для построения эскиза, необходимо расположить пять горизонтальных вспомогательных прямых. Первая из них находится в начале координат, вторая и третья располагаются по обе стороны от начала координат на расстоянии $B/2$ (мм), оставшиеся две расположены по обе стороны от начала координат на расстоянии $B_1/2$ (мм) (рис. 80).

Выполнив построение горизонтальных прямых, нужно выполнить построение вертикальных прямых, также в количестве пяти штук. Первая из них также расположена в начале координат. Вторая и третья вертикальные прямые расположены по обе стороны относительно центра на расстоянии $A_1/2$ (мм). Оставшиеся прямые расположены по обе стороны относительно центра на расстоянии $A/2$ (мм) (рис. 80).

Закончив построение вспомогательных прямых, нужно выполнить построение окружностей диаметром d_0 (рис. 80). Значение диаметра, как и другие расстояния, берется из таблицы со значениями для каждого редуктора отдельно из методических указаний [1-2].

Для дальнейшего построения необходимо создать две горизонтальные вспомогательные прямые, каждая из которых находится на расстоянии $(B-B_1)/2$ (мм) от построенных ранее прямых на расстоянии B_1 . Прямая откладывается в сторону начала координат (рис. 81).

Выполнив построение горизонтальных прямых, нужно выполнить построение вертикальных прямых. Две из них отстают от построенных ранее прямых A_1 на расстояние $(B-B_1)/2$ (мм). Построение выполняется в сторону начала координат (рис. 81).

После этого от построенных в прошлой итерации прямых откладываются вспомогательные прямые на расстоянии $(B-B_1)$ (мм). Построение ведется также в сторону начала координат (рис. 81).

Выполнив построение всех вспомогательных прямых, необходимо создать контур основания червячного редуктора. На углах основания необходимо выполнить скругление радиусом, превышающим d_0 в 2 раза, на рисунке 81 данное скругление обозначено, как R28.

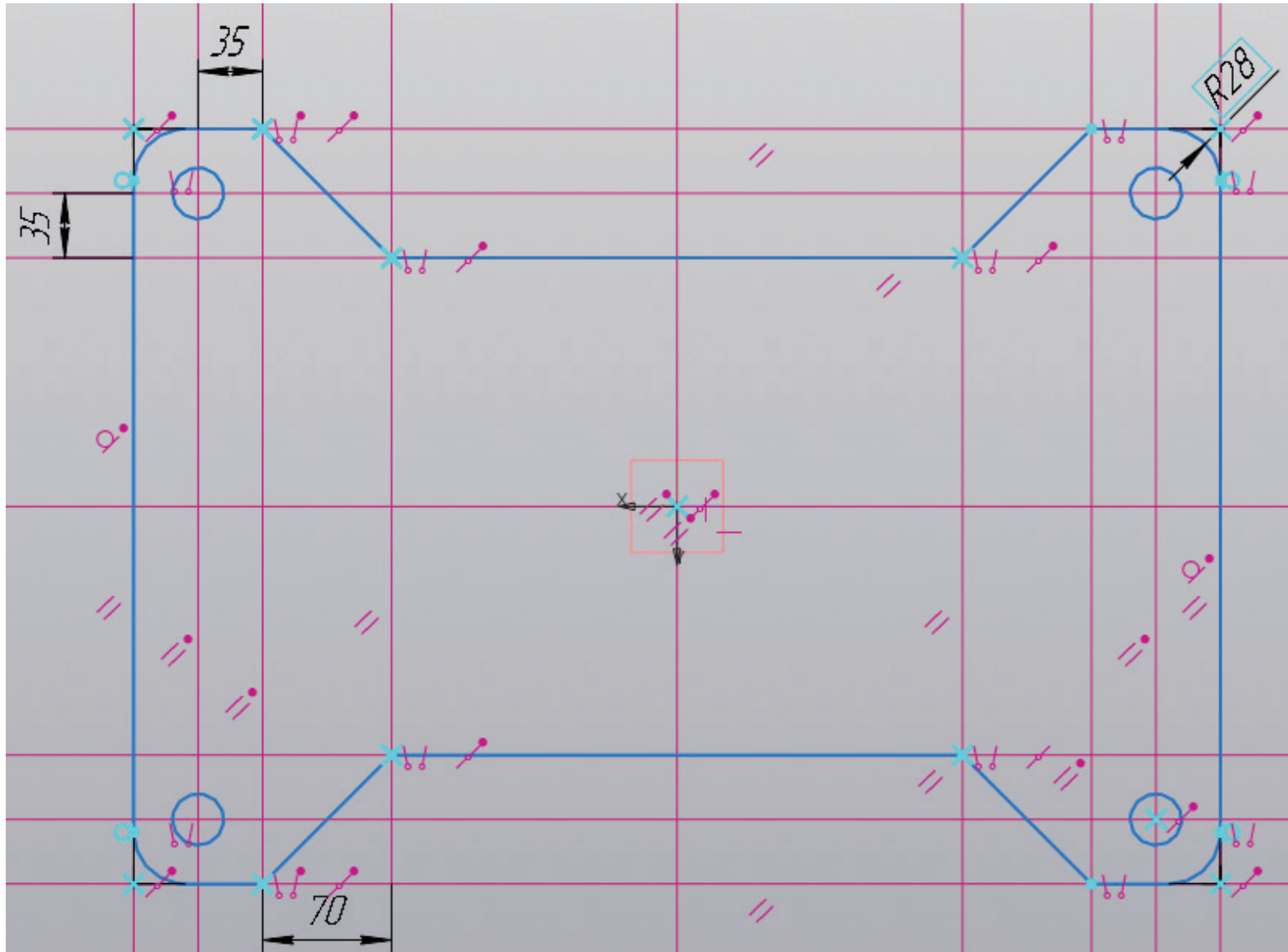


Рисунок 81 – Работа с эскизом, создание контура основания редуктора

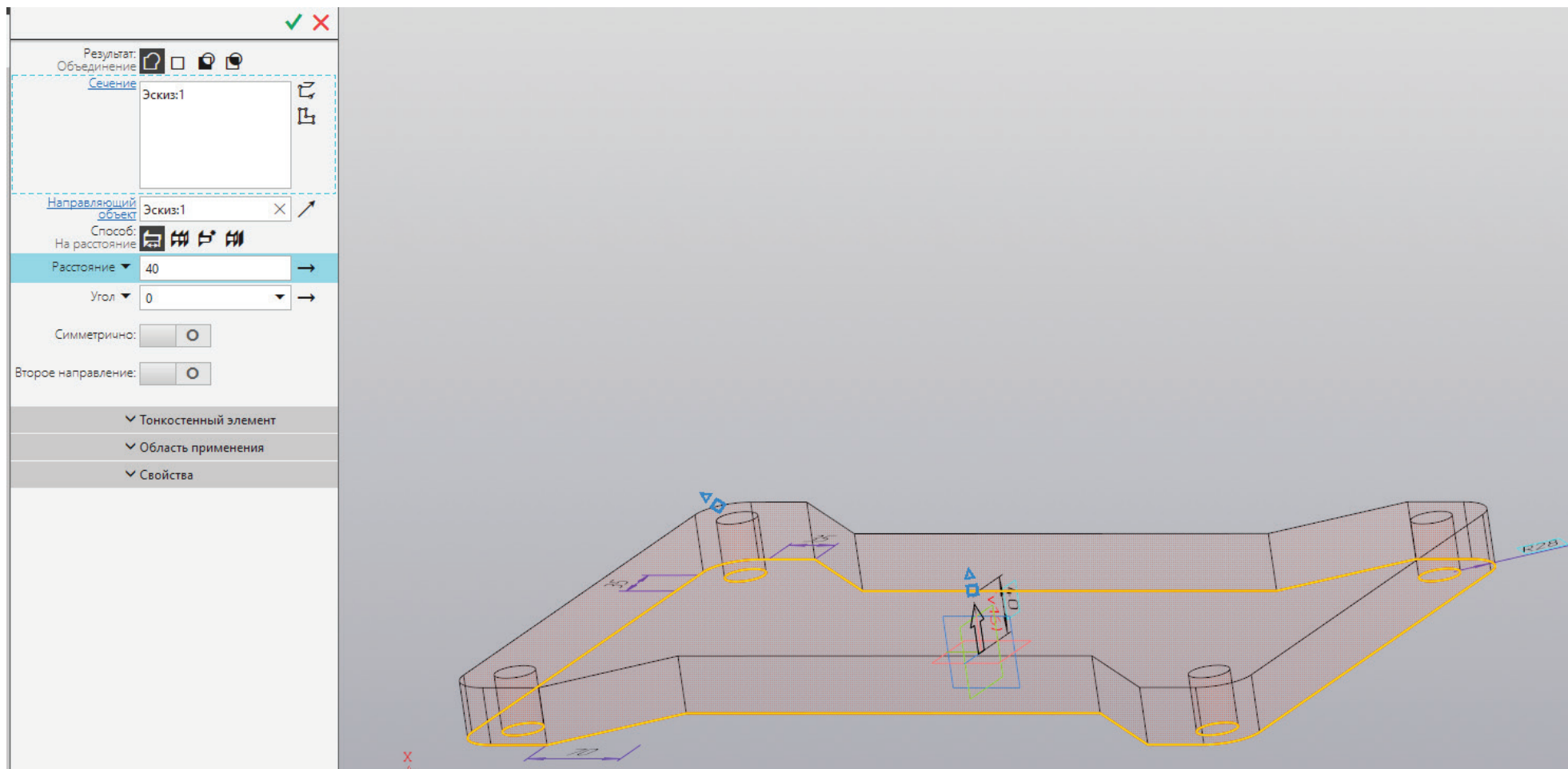


Рисунок 82 – Создание объемного основания редуктора по выполненному эскизу

Для подготовленного ранее эскиза необходимо применить команду «Элемент выдавливания» и задать расстояние, равное «С» из таблицы данных редуктора.

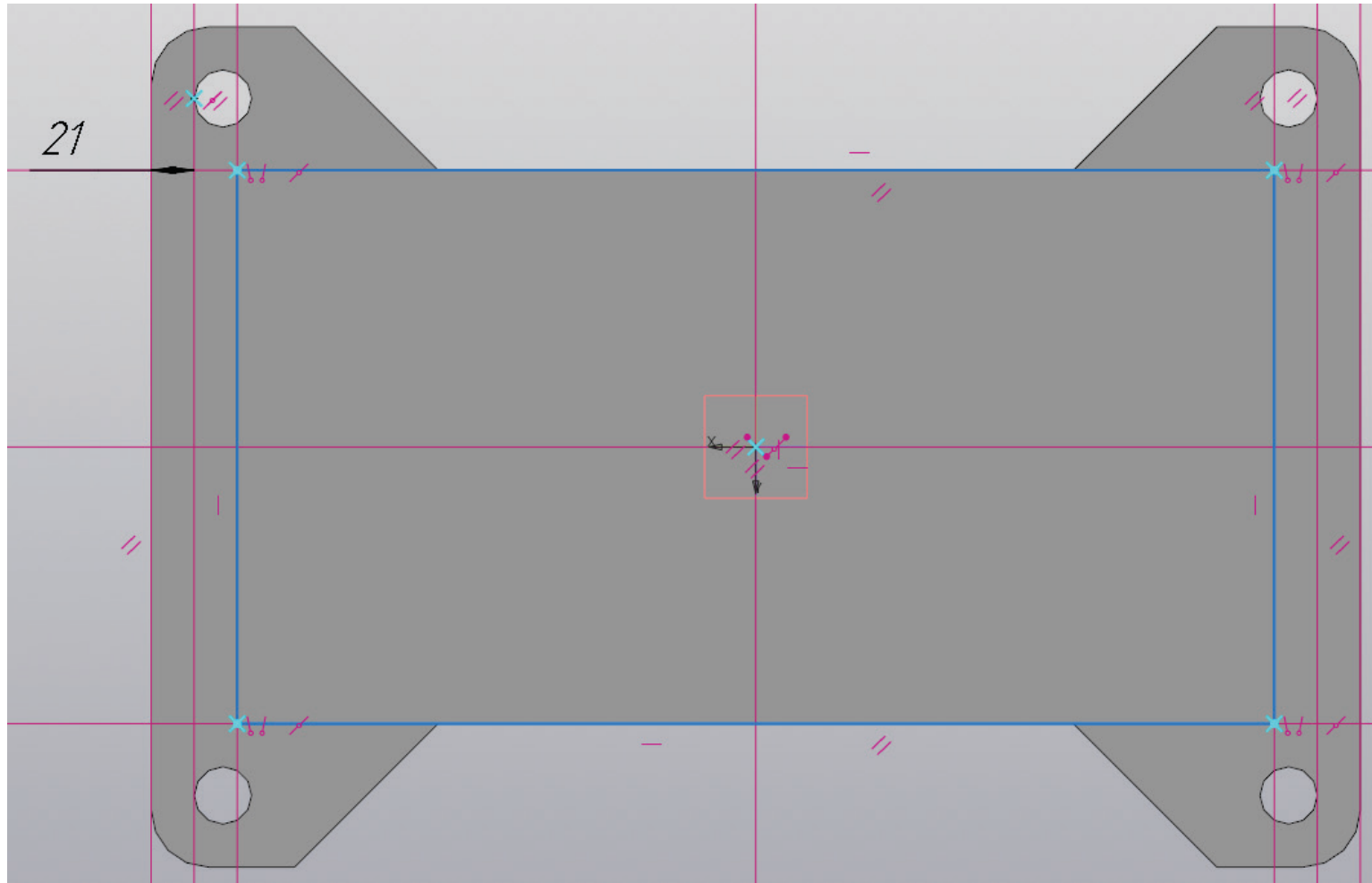


Рисунок 83 – Работа с эскизом на плоскости, создание корпуса

Выбрав верхнюю плоскость в качестве активной, необходимо создать на ней эскиз. На новой плоскости эскиза создаются вертикальная и горизонтальная прямые в начале координат. От боковой грани основания откладывается параллельная прямая до момента касания с отверстием. После этого от полученной вертикальной прямой откладывается параллельная прямая на таком же расстоянии. По передней и задней граням проводятся горизонтальные прямые. После чего необходимо построить замкнутый контур корпуса, как показано на рисунке 83.

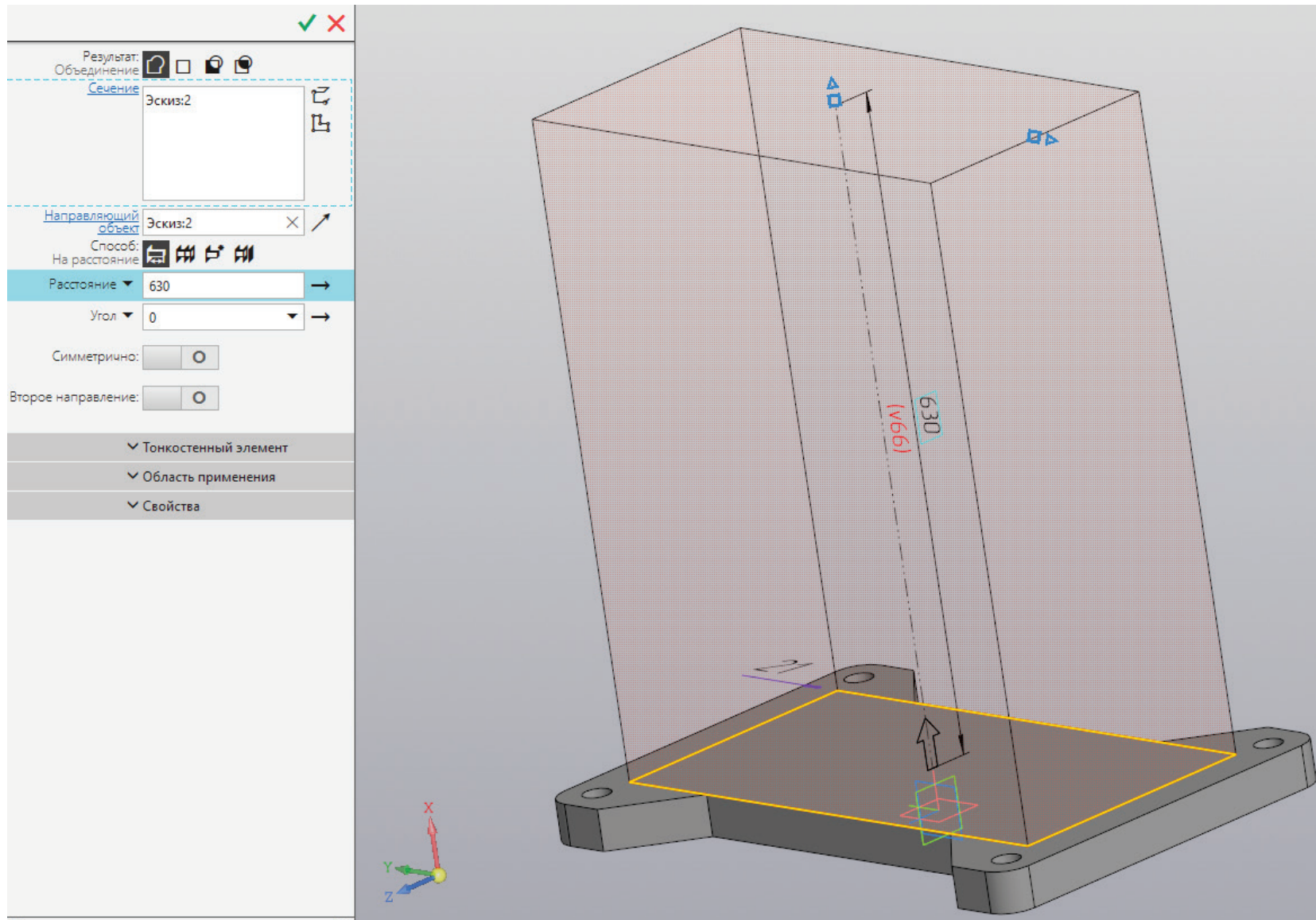


Рисунок 84 – Создание корпуса червячного редуктора

К построенному эскизу применяется операция «Элемент выдавливания» на расстояние, равное $(H-2 \cdot C)$ (мм).

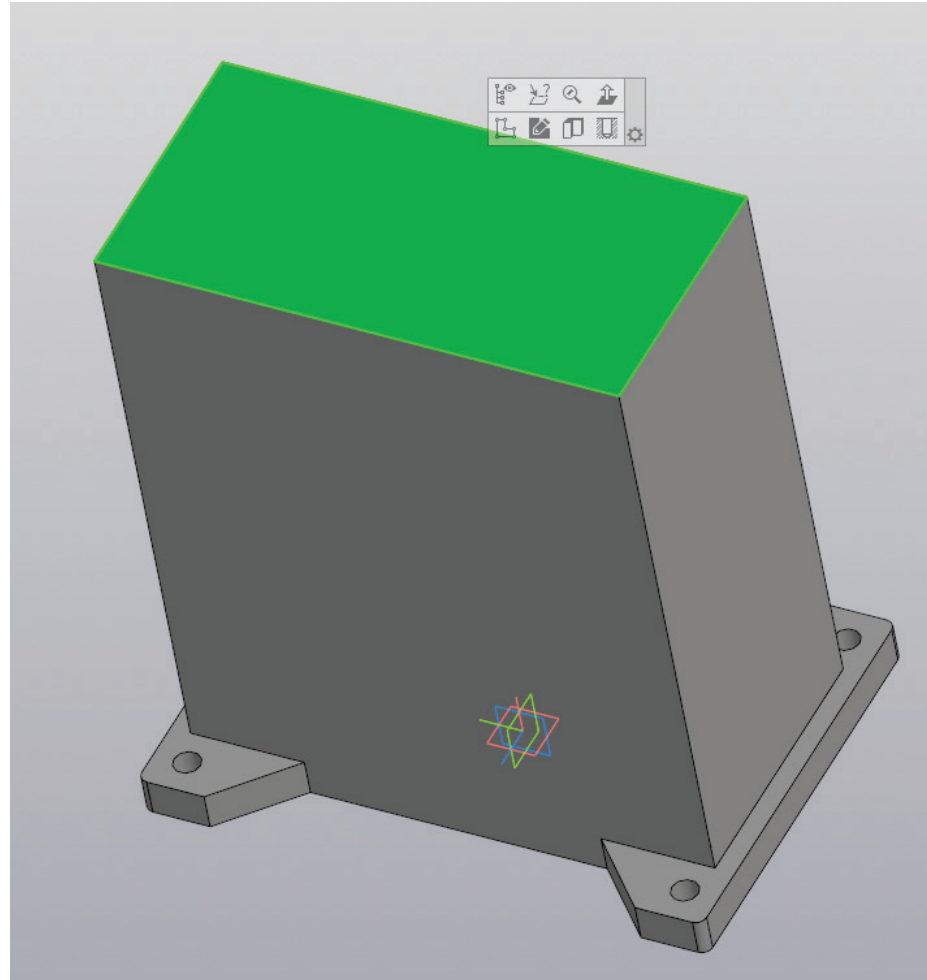


Рисунок 85 – Создание эскиза на плоскости

Завершив выдавливание эскиза, необходимо выбрать верхнюю грань корпуса редуктора и создать на ней новый эскиз. В новой плоскости необходимо повторить эскиз основания (рис. 81). Для ускорения процесса моделирования можно вернуться на созданный ранее эскиз и скопировать его за точку, расположенную в начале координат, после чего эскиз из буфера обмена предстоит вставить в новом эскизе. Также можно воспользоваться командой «Вспомогательная плоскость» и создать ее в центре детали, после чего с применением зеркального массива отразить основание червячного редуктора

наверх. На рисунке 86 представлен способ создания эскиза на новой плоскости с выдавливанием построенного эскиза на расстояние равное «С», как и для основания редуктора.

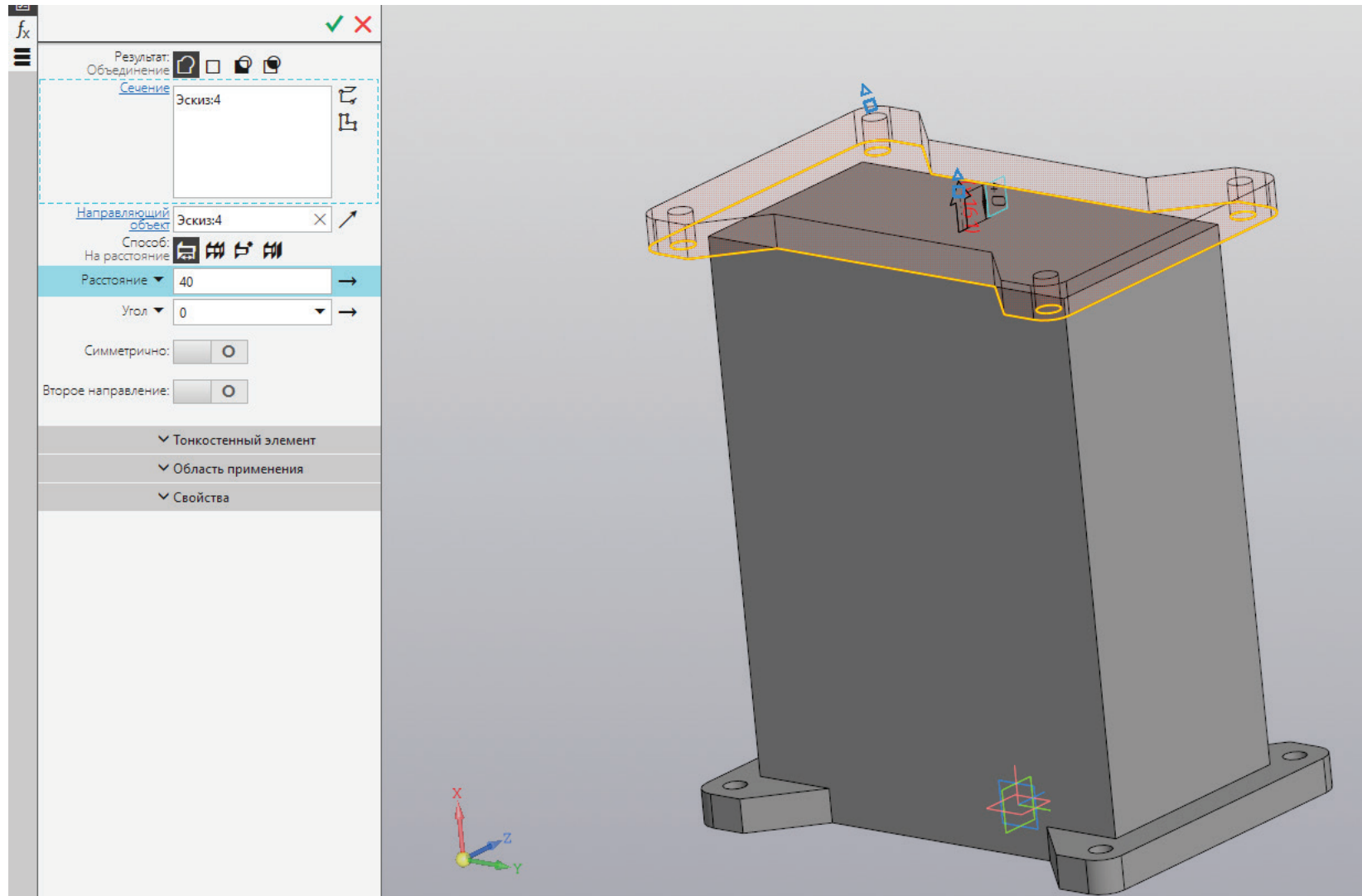


Рисунок 86 – Создание верхней части редуктора

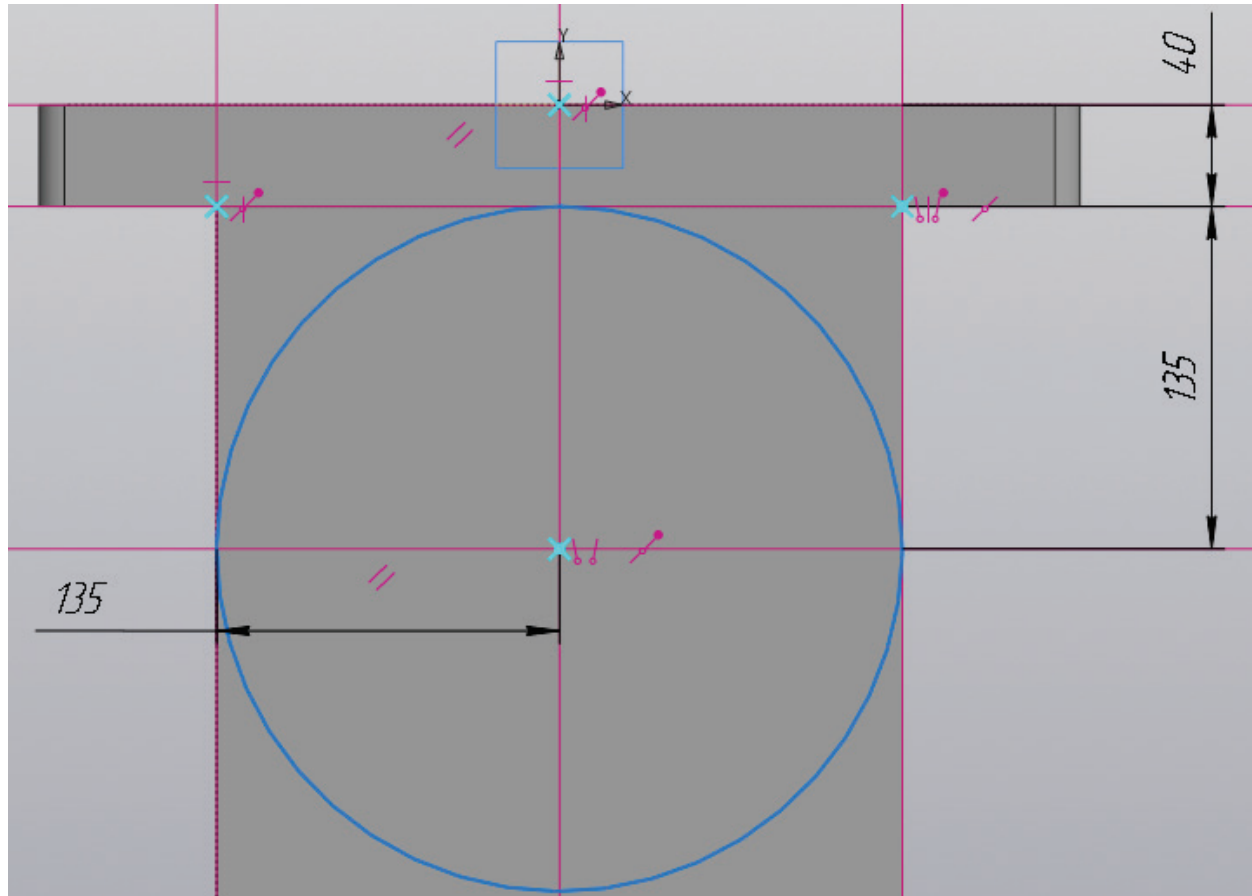


Рисунок 87 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

Выбрав боковую грань в качестве активного элемента, на ней нужно создать эскиз. В эскизе необходимо выполнить построение горизонтальных и вертикальных прямых. Первая горизонтальная прямая совпадает с последней поверхностью. Затем от этой прямой откладываются параллельные прямые на расстоянии S и H_1 .

Первая вертикальная прямая находится на равном удалении от боковых граней объекта. Далее от полученной вертикальной прямой в обе стороны необходимо построить параллельные прямые на расстоянии $((B_1 - (B - B_1))/2)$ (мм).

На пересечении центральной вертикальной прямой и горизонтальной прямой на расстоянии H_1 от верхней грани выполняется построение окружности касательной к трем кривым, как показано на рисунке 87.

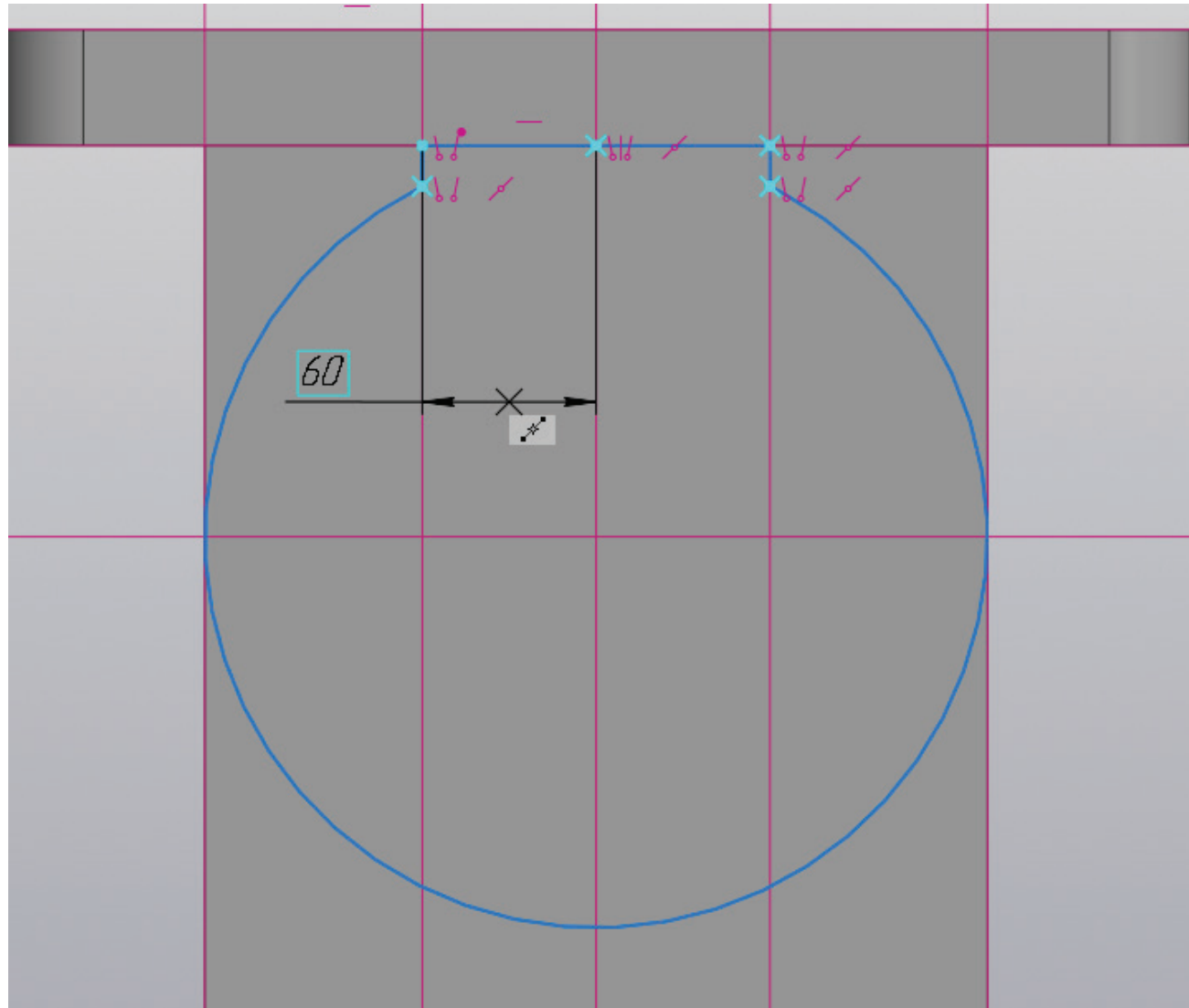


Рисунок 88 – Работа с эскизом, создание контура

От центральной вертикальной линии откладываются две параллельные прямые по обе стороны от нее на расстояние, несколько превышающее значение C . Впоследствии выполняется редактирование контура, как показано на рисунке 88.

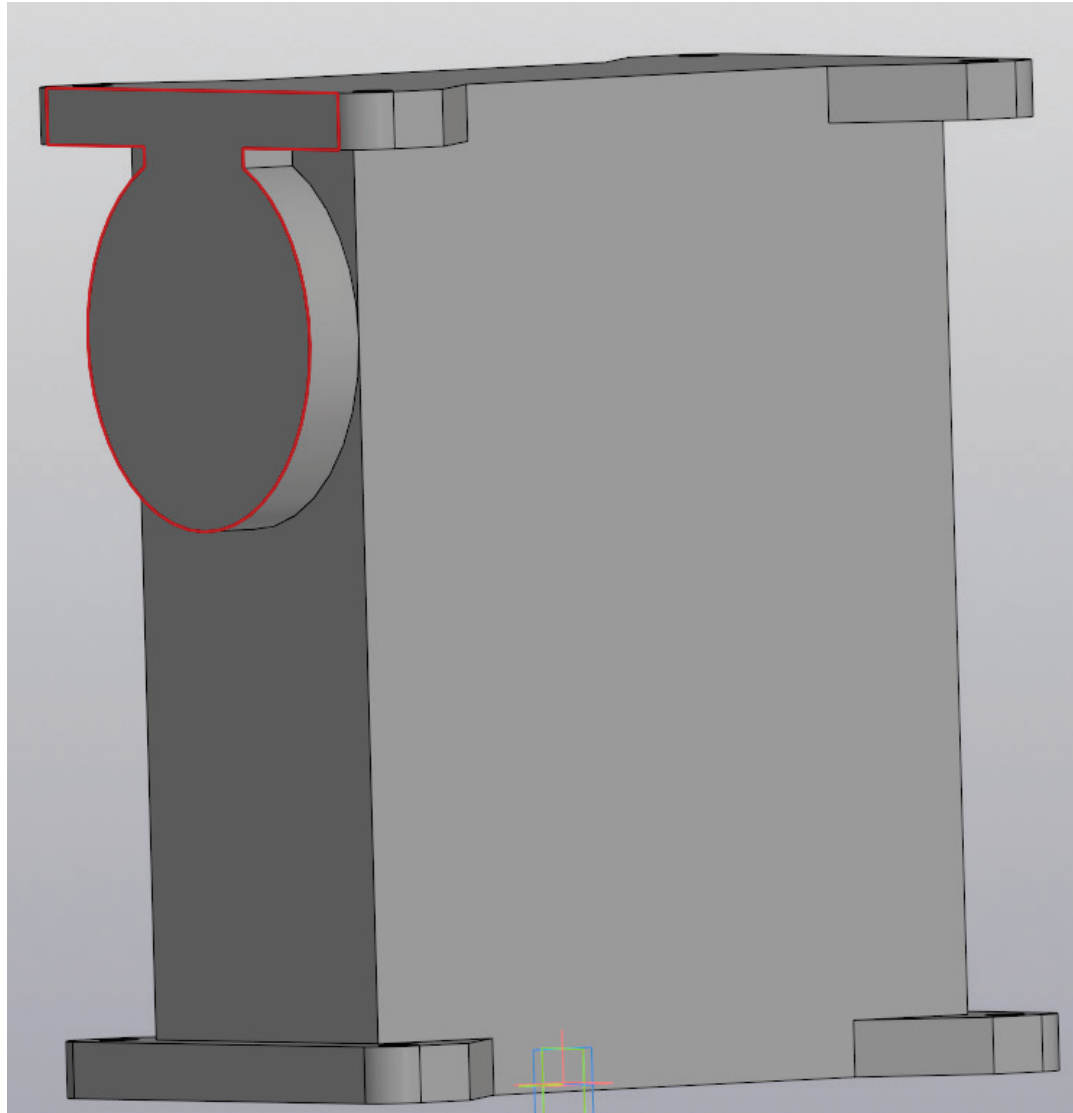


Рисунок 89 – Создание объемной формы по разработанному эскизу

Полученный эскиз необходимо выдавить до ближайшей поверхности так, чтобы он соприкасался с поверхностью верхней части редуктора (рис. 89).

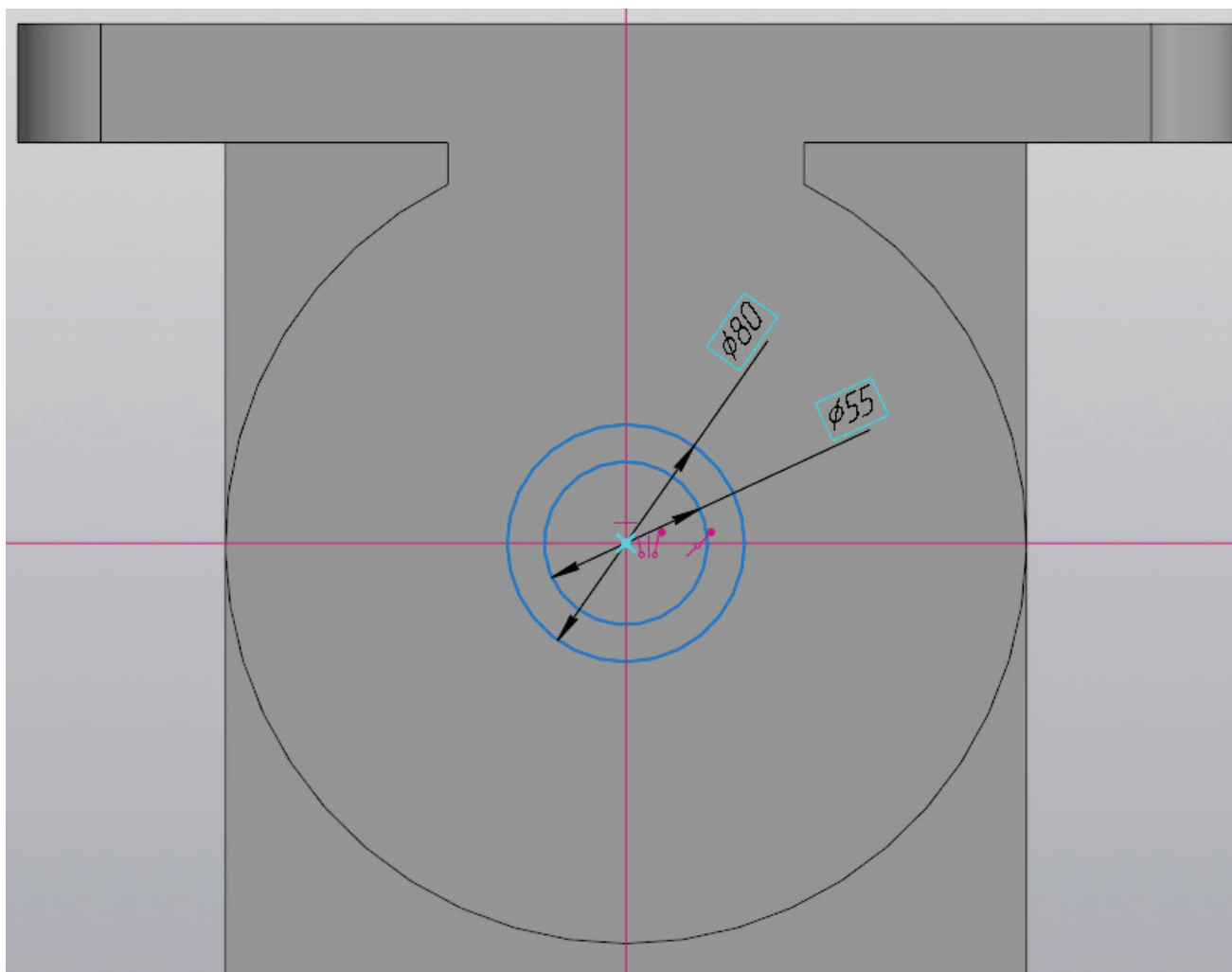


Рисунок 90 – Работа с эскизом, создание окружностей

На боковой грани только что выдавленного эскиза создается новый эскиз, на котором выполняется построение горизонтальной и вертикально линий по центру элемента, как показано на рисунке 90. Полученная точка пересечения вспомогательных прямых будет служить центром окружностей диаметров $d_{вх}$ и второй окружности несколько превышающей это значение.

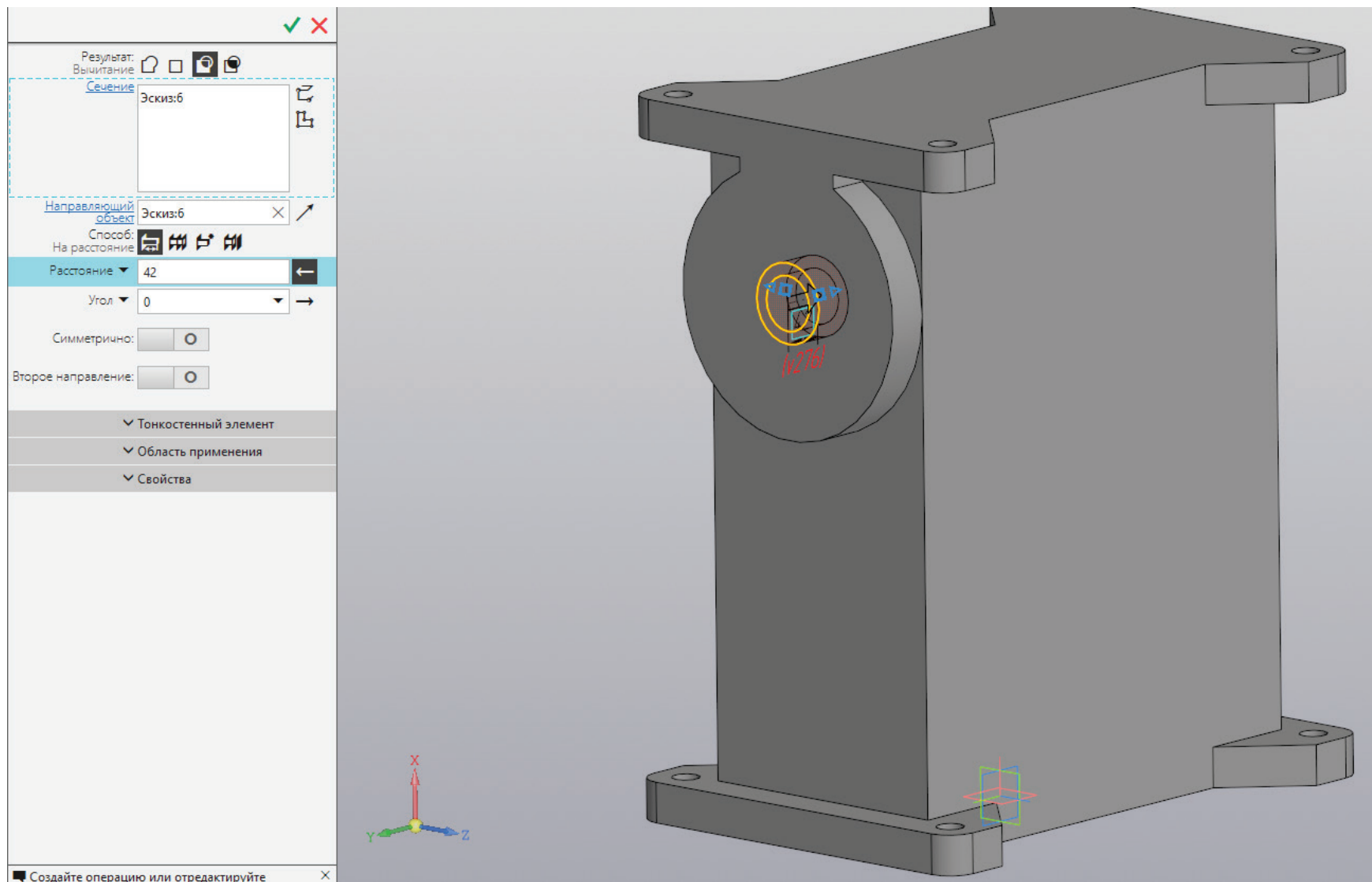


Рисунок 91 – Операция по уменьшению геометрии объекта

К полученному эскизу применяется операция «Вырезать выдавливанием» до первой поверхности корпуса редуктора (рис. 91).

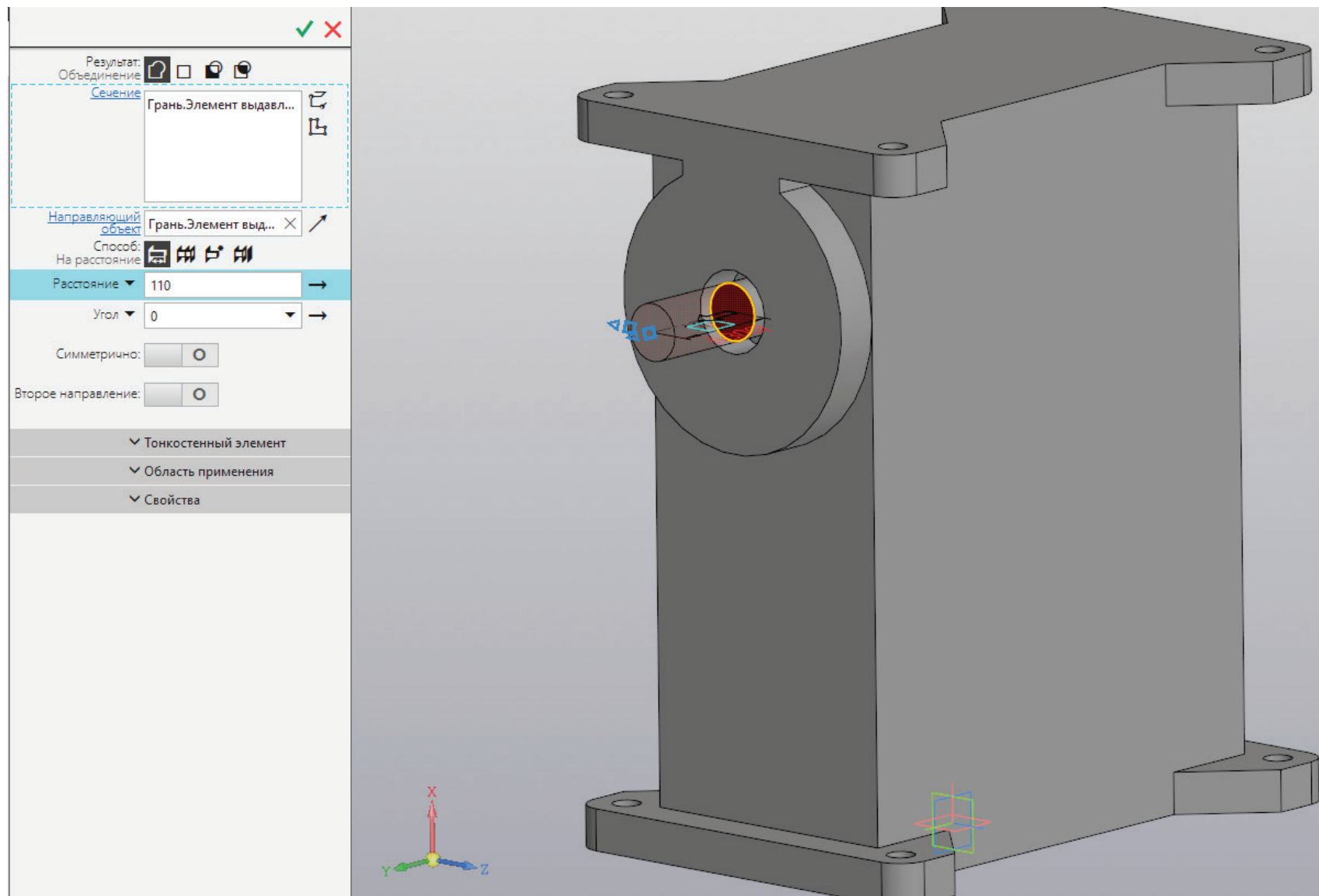


Рисунок 92 – Создание входного вала редуктора

К поверхности входного вала редуктора необходимо применить операцию выдавливания на расстояние L_1 (рис.92).

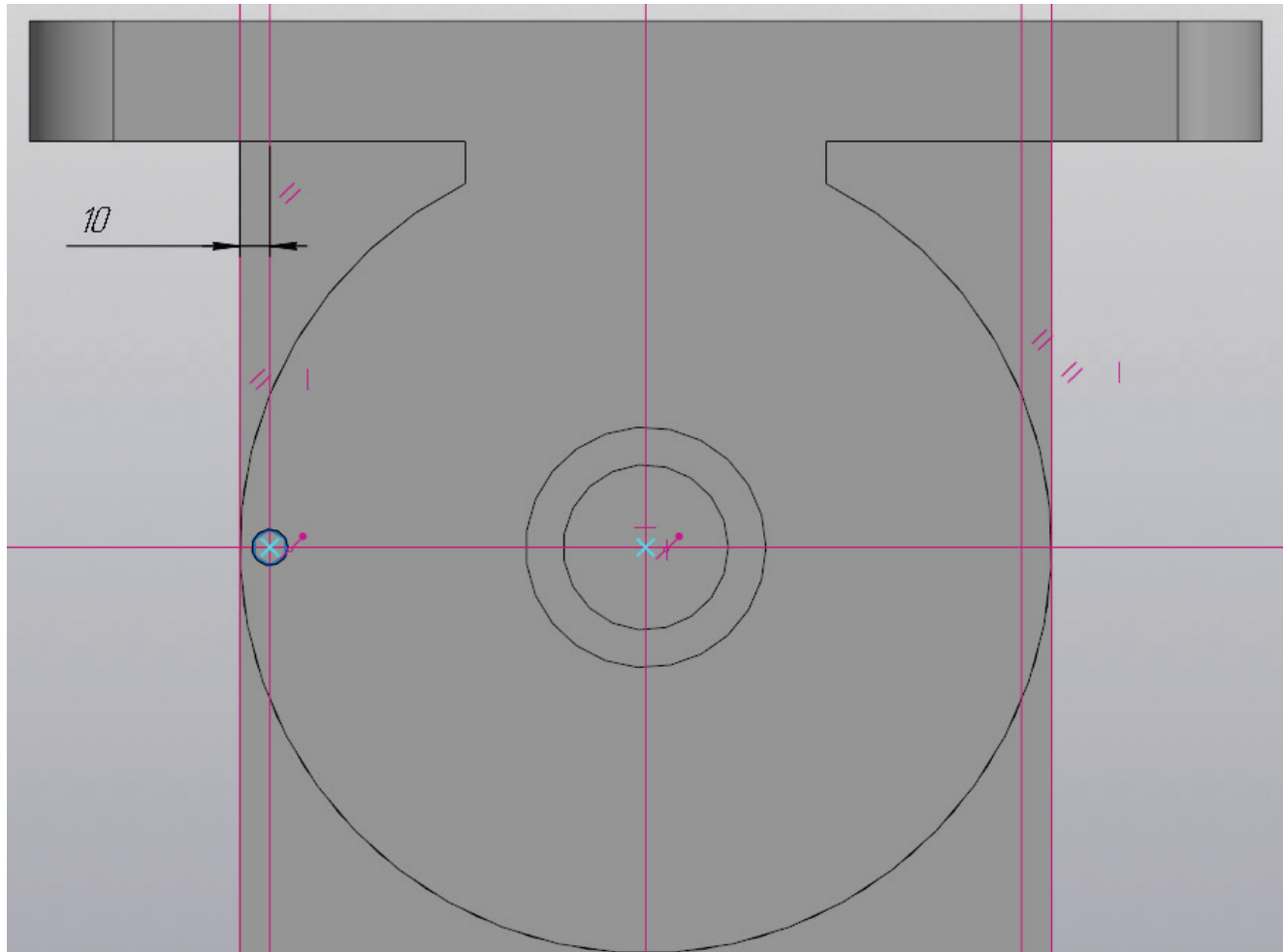


Рисунок 93 – Создание многоугольников

На данной боковой поверхности необходимо создать эскиз (рис. 93). На эскизе располагаются вертикальная и горизонтальная прямые, как на рисунке 90. После чего откладываются вертикальные прямые, совпадающие с боковыми гранями, и от этих прямых откладываются параллельные прямые на расстояние 10 (мм). В точке пересечения построенной прямой и горизонтальной прямой выполняется построение многоугольника, вписанного в окружность. У многоугольника должно быть 6 граней, а диаметр окружности должен составлять 12 (мм).

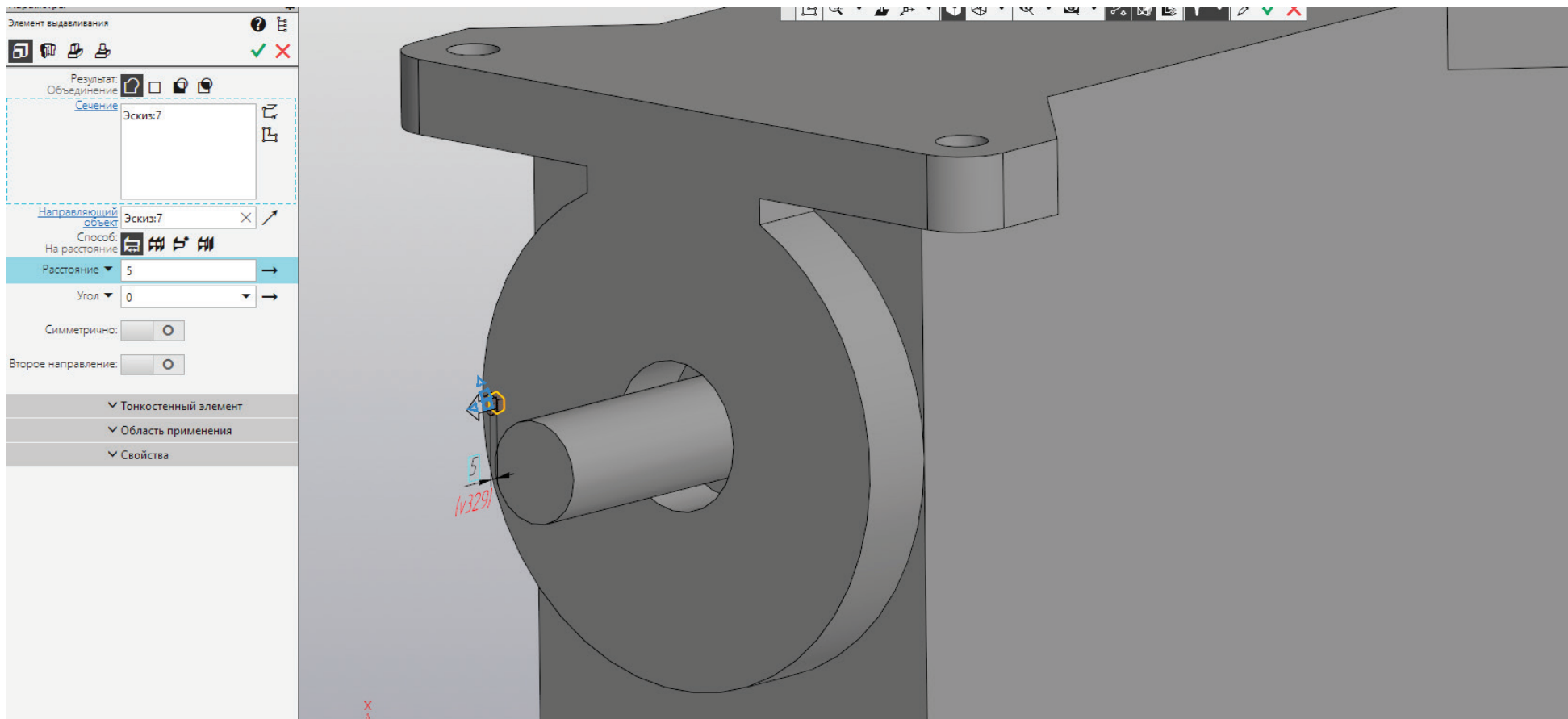


Рисунок 94 – Создание объемного шестигранника

Полученный эскиз предстоит выдавить на расстояние 5 (мм), после чего необходимо выполнить скругление вершин многоугольника радиусом 0,5 (мм) (рис. 94).

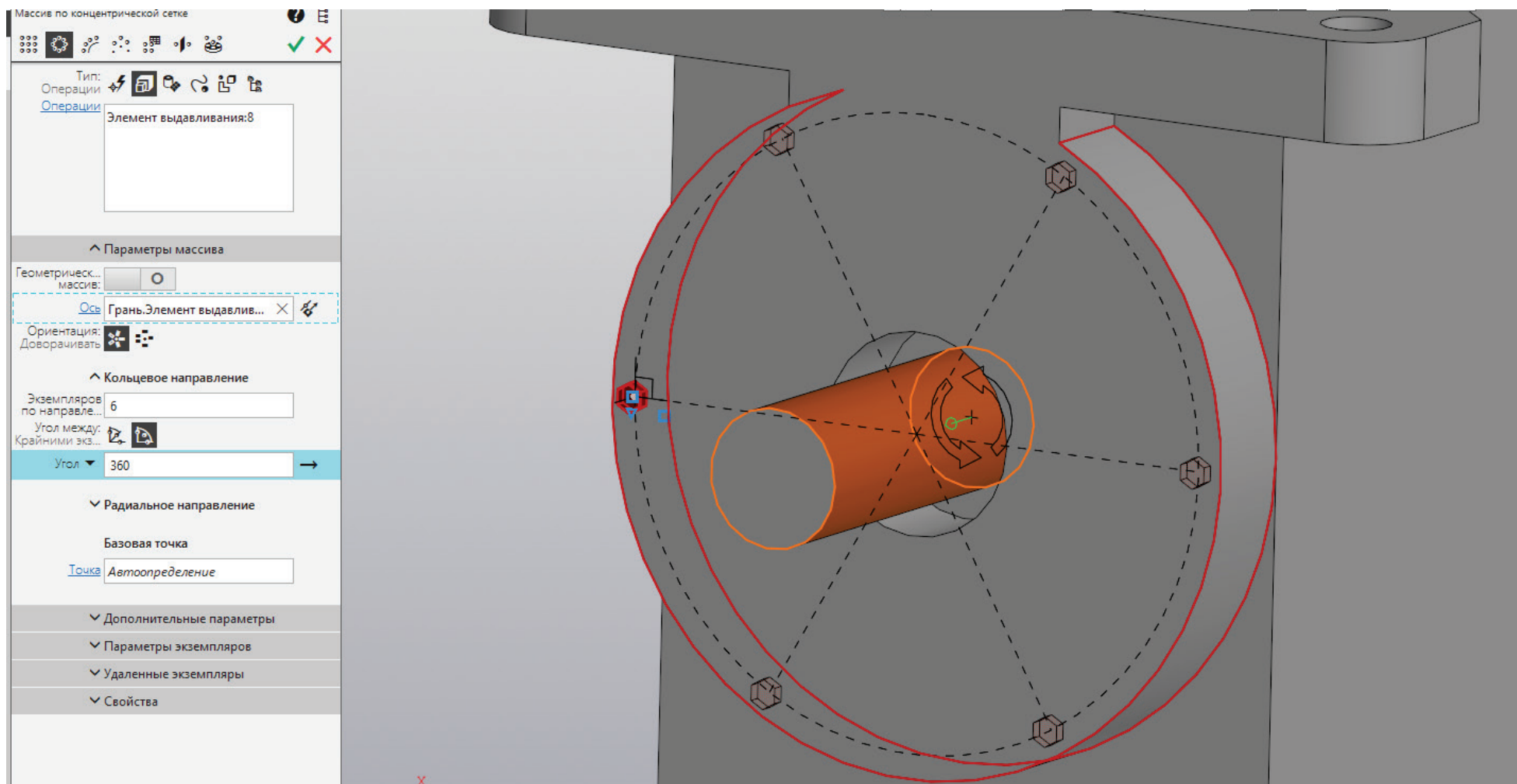


Рисунок 95 – Массив по концентрической сетке

К выполненному шестиграннику (рис. 94) необходимо применить массив по концентрической сетке для того, чтобы не выполнять дополнительное построение шестигранников по контуру. Применяя массив, можно выбрать сразу операции выдавливания и последующую операцию скругления, тогда после выполнения массива не нужно будет дополнительно скруглять построенные шестигранники.

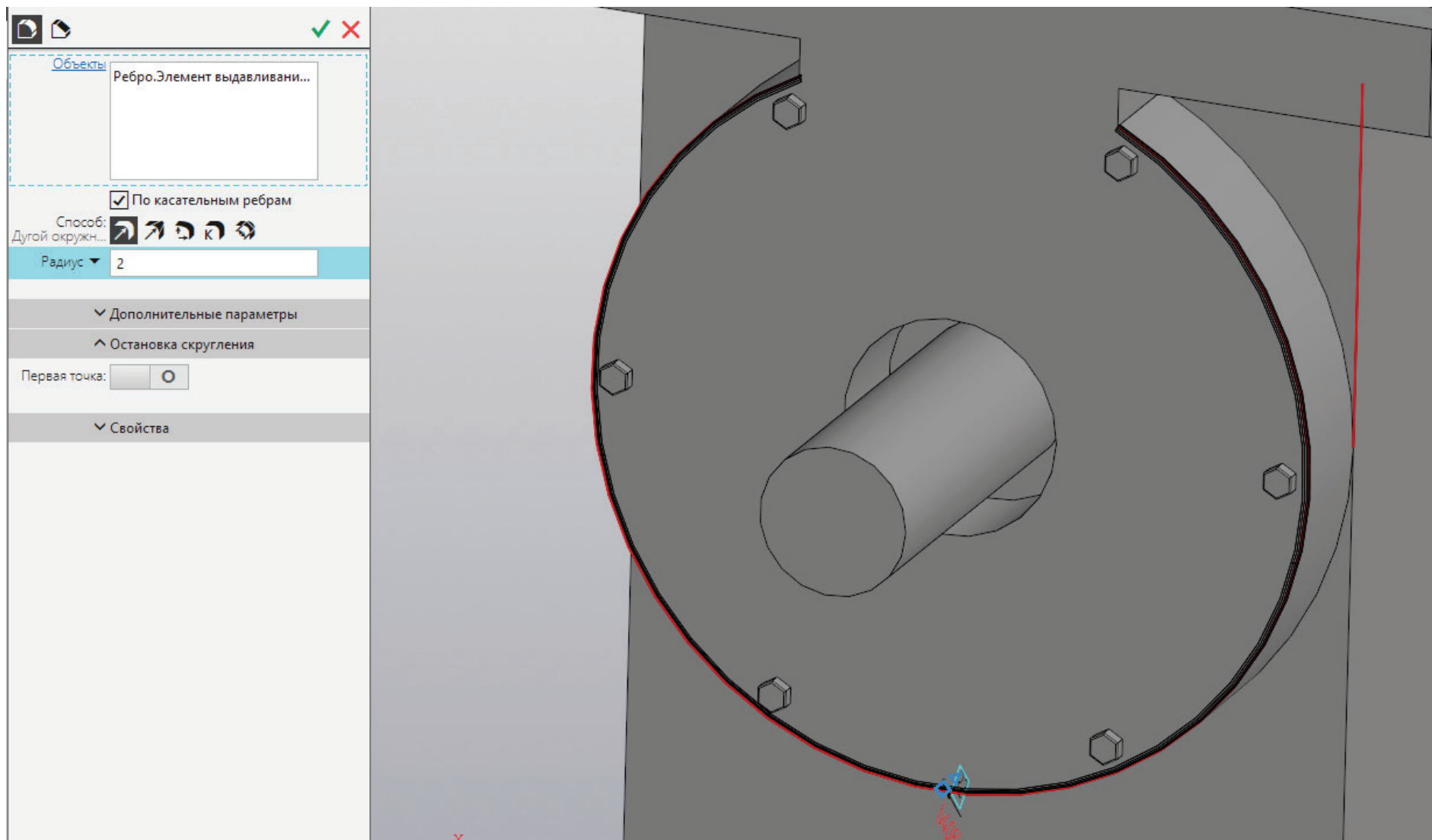


Рисунок 96 – Скругление углов

Плоскость расположения входного вала также предстоит скруглить. Радиус скругления составляет 2 (мм), как показано на рисунке 96.

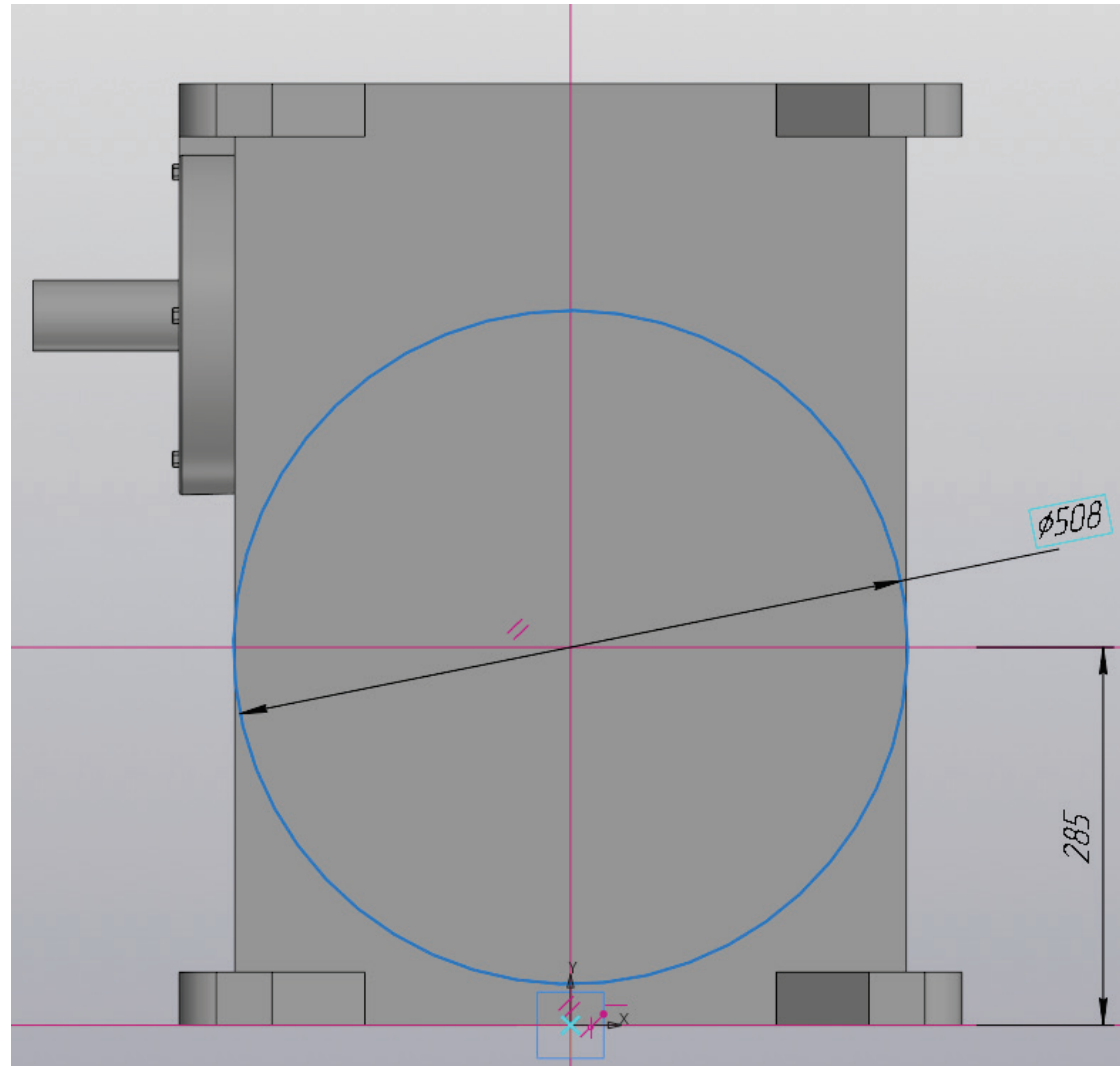


Рисунок 97 –Работа с эскизом, создание окружности

На передней грани редуктора создается эскиз. Посередине проводится вертикальная вспомогательная прямая. От нижней грани откладывается параллельная прямая на расстояние $(H-(H_1+a_w))$ (мм). На пересечении двух вспомогательных прямых выполняется построение окружности таким образом, чтобы диаметр несколько превышал ширину корпуса.

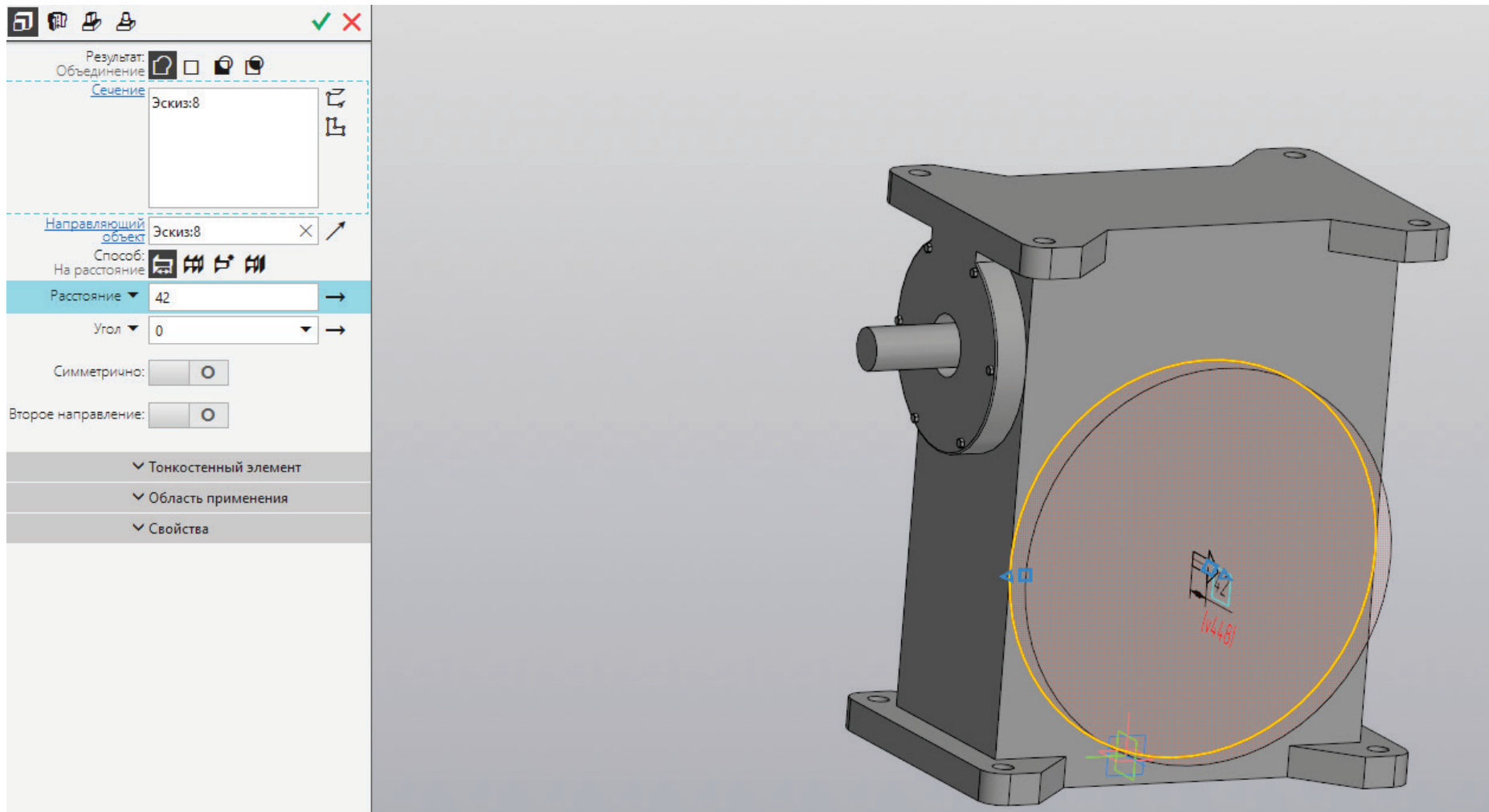


Рисунок 98 – Создание объема по эскизу

Построенный эскиз необходимо выдавить на такое же расстояние, как для входного вала (рис. 98).

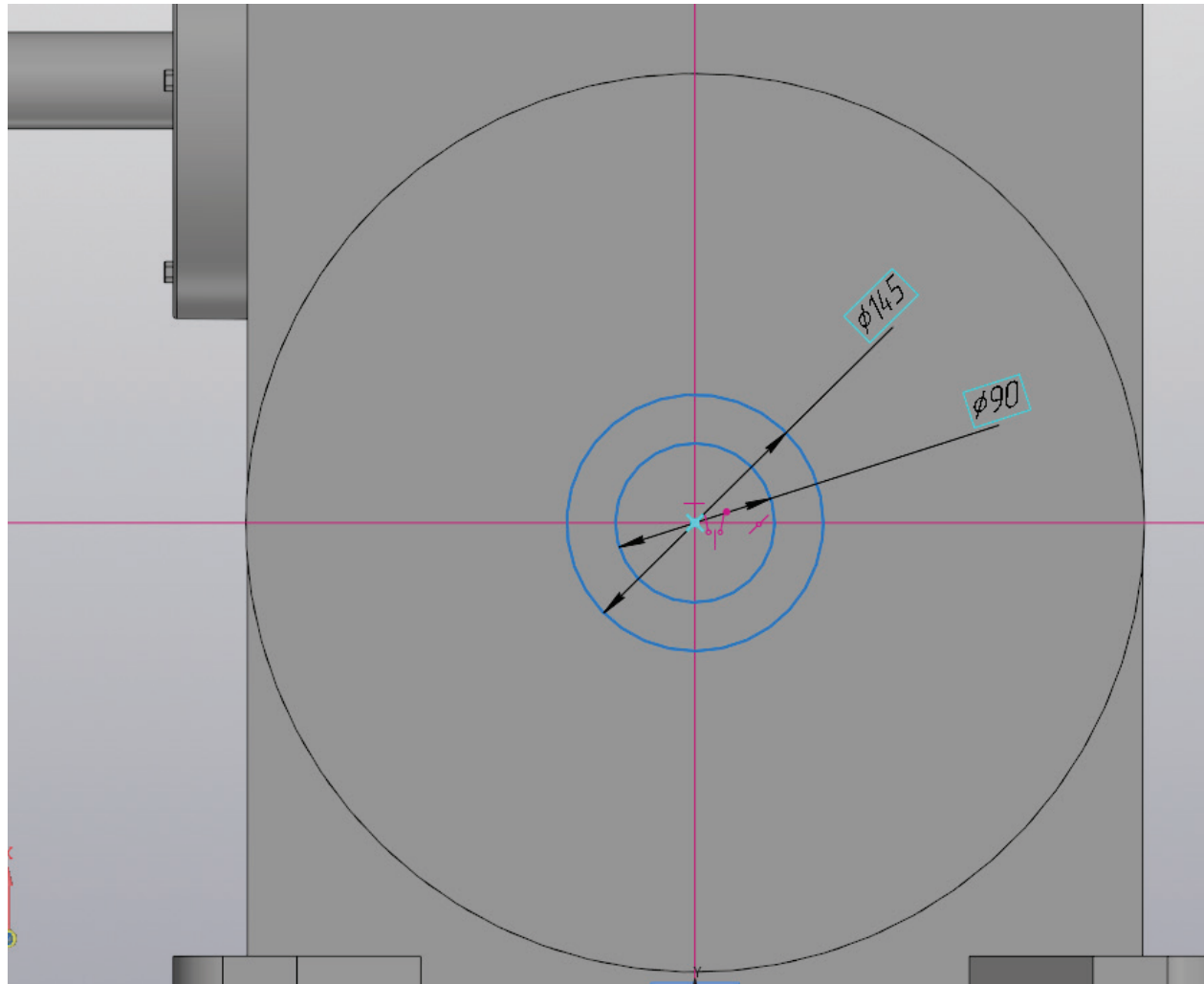


Рисунок 99 – Работа с эскизом, создание окружностей

На выдавленной плоскости необходимо создать эскиз. В центре плоскости располагаются вертикальная и горизонтальная прямые, на пересечении которых необходимо построить две окружности. Диаметр меньшей окружности соответствует значению выходного диаметра участка вала двых, вторая же окружность строится несколько большим диаметром (рис. 99).

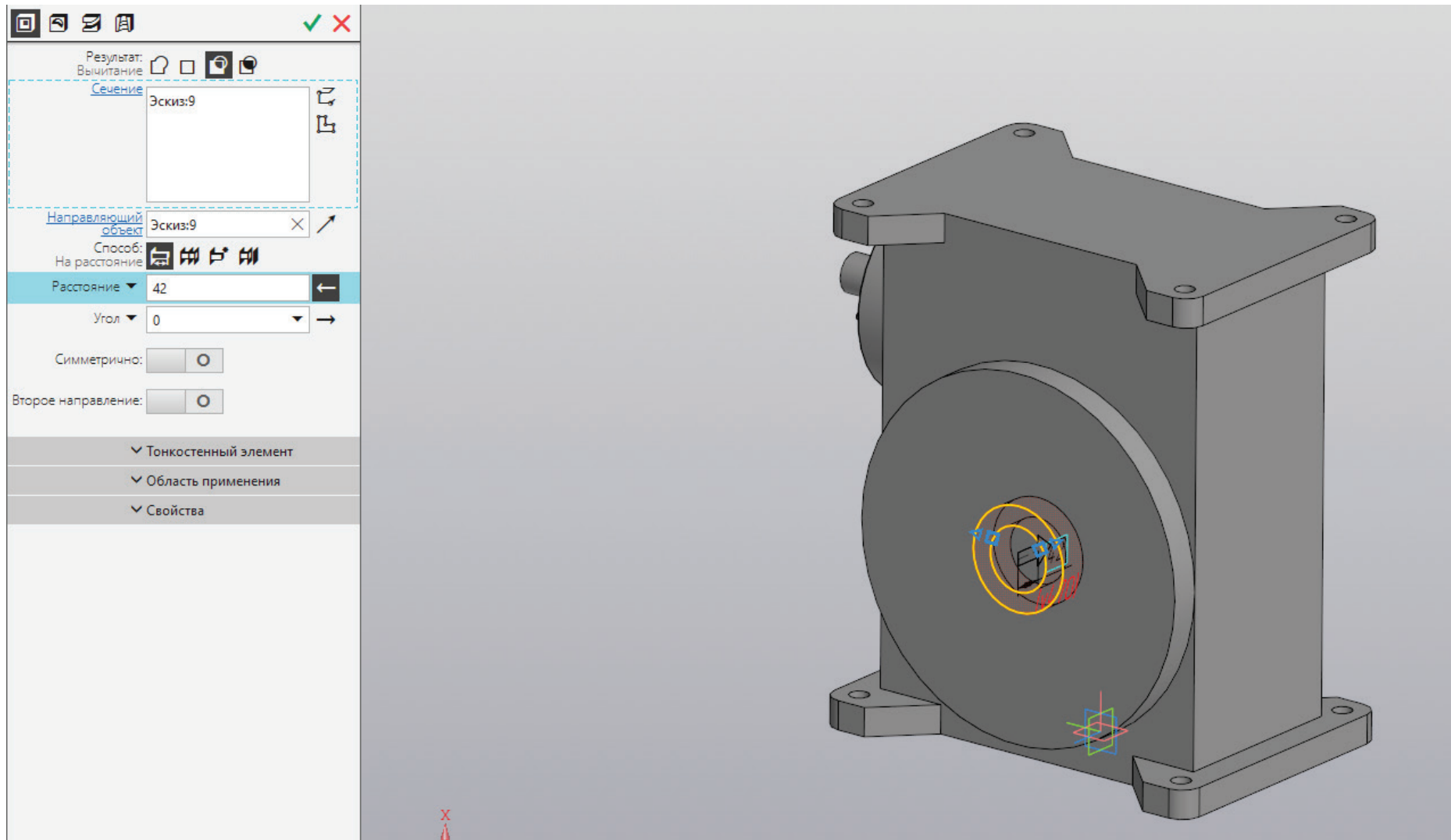


Рисунок 100 – Операция по уменьшению геометрии объекта

К полученному эскизу необходимо применить операцию «Вырезать выдавливанием» на расстояние до корпуса, как показано на рисунке 100.

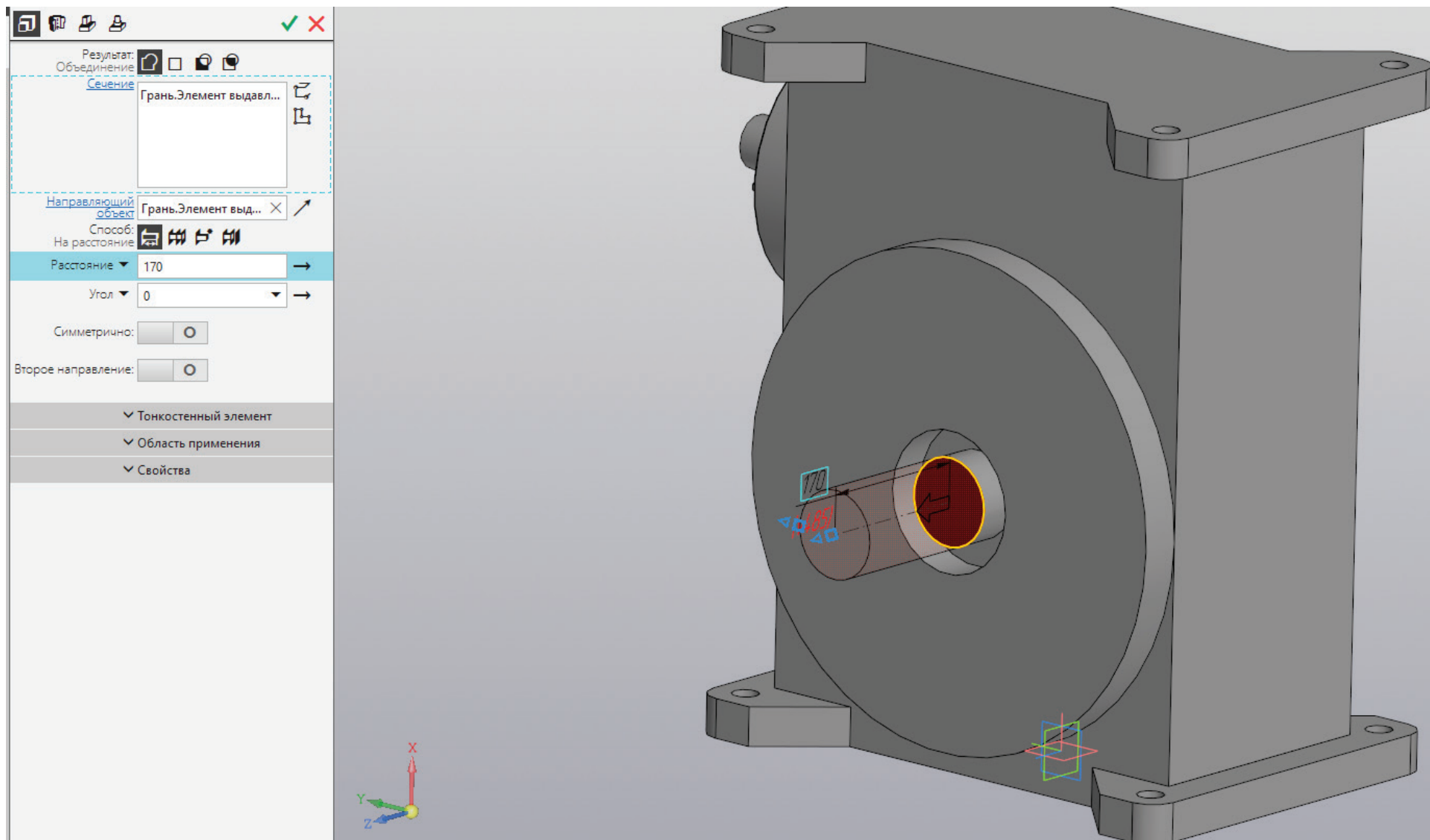


Рисунок 101 – Создание выходного вала редуктора

Выбрав поверхность выходного вала редуктора, ее необходимо выдавить на расстояние L_1 (рис. 101).

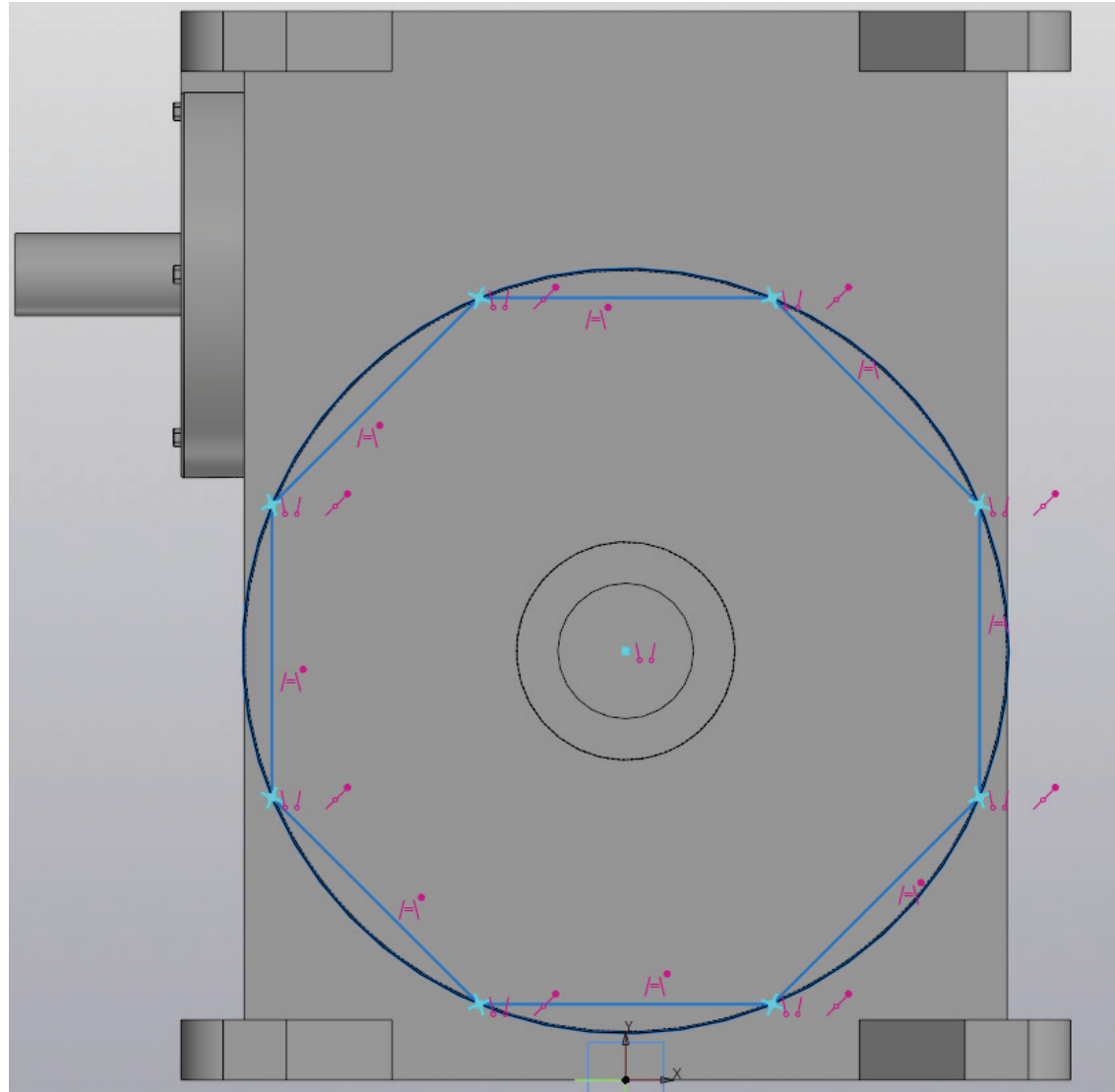


Рисунок 102 – Работа с эскизом, многоугольник

На поверхности под выходной вал редуктора необходимо создать эскиз. Из центра предстоит построить многоугольник с 8 гранями и окружность, совпадающую с контуром, как показано на рисунке 102.

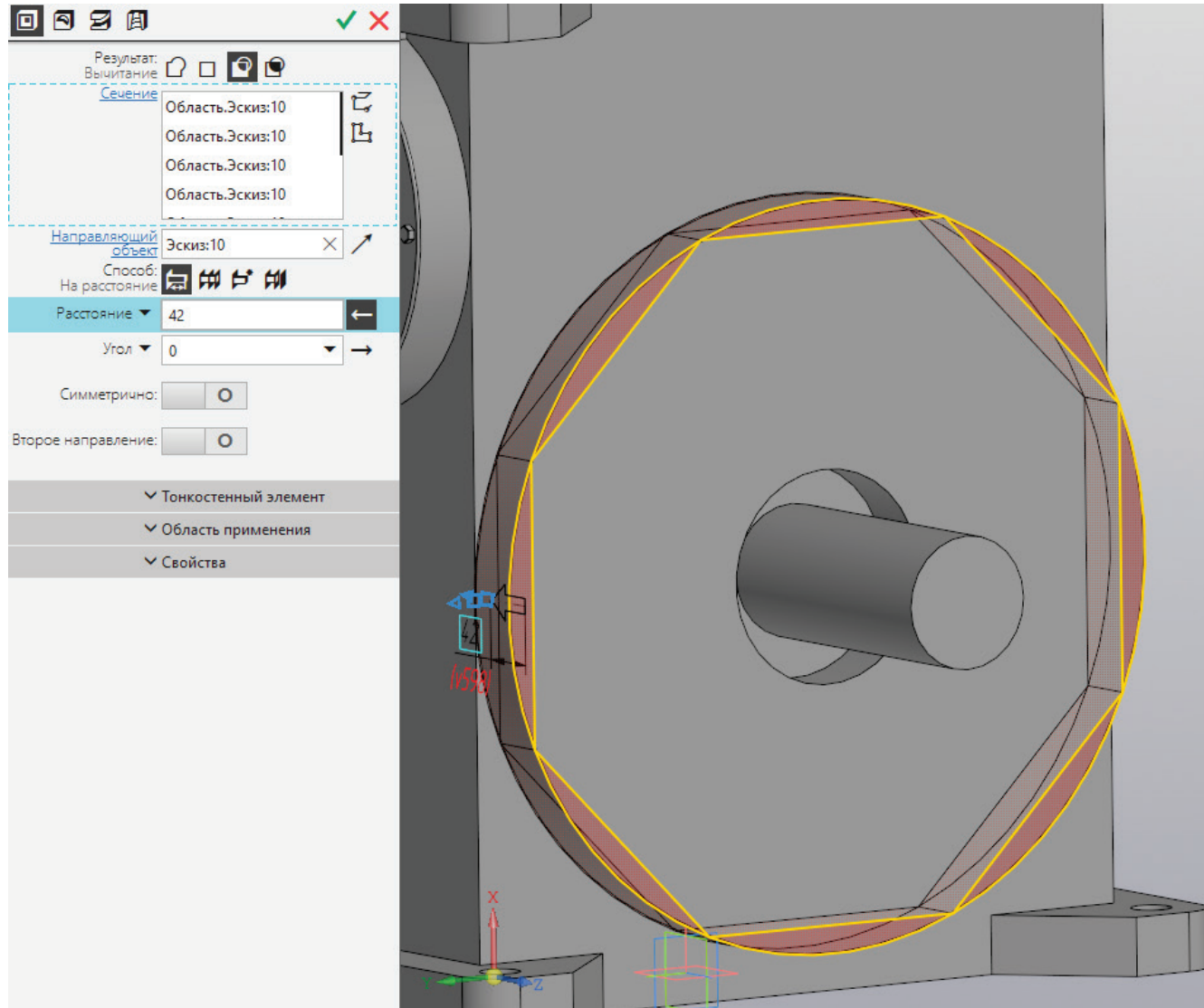


Рисунок 103 – Уменьшение геометрии объекта

К полученному эскизу необходимо применить операцию «Вырезать выдавливанием» на расстояние до поверхности корпуса (рис. 103).

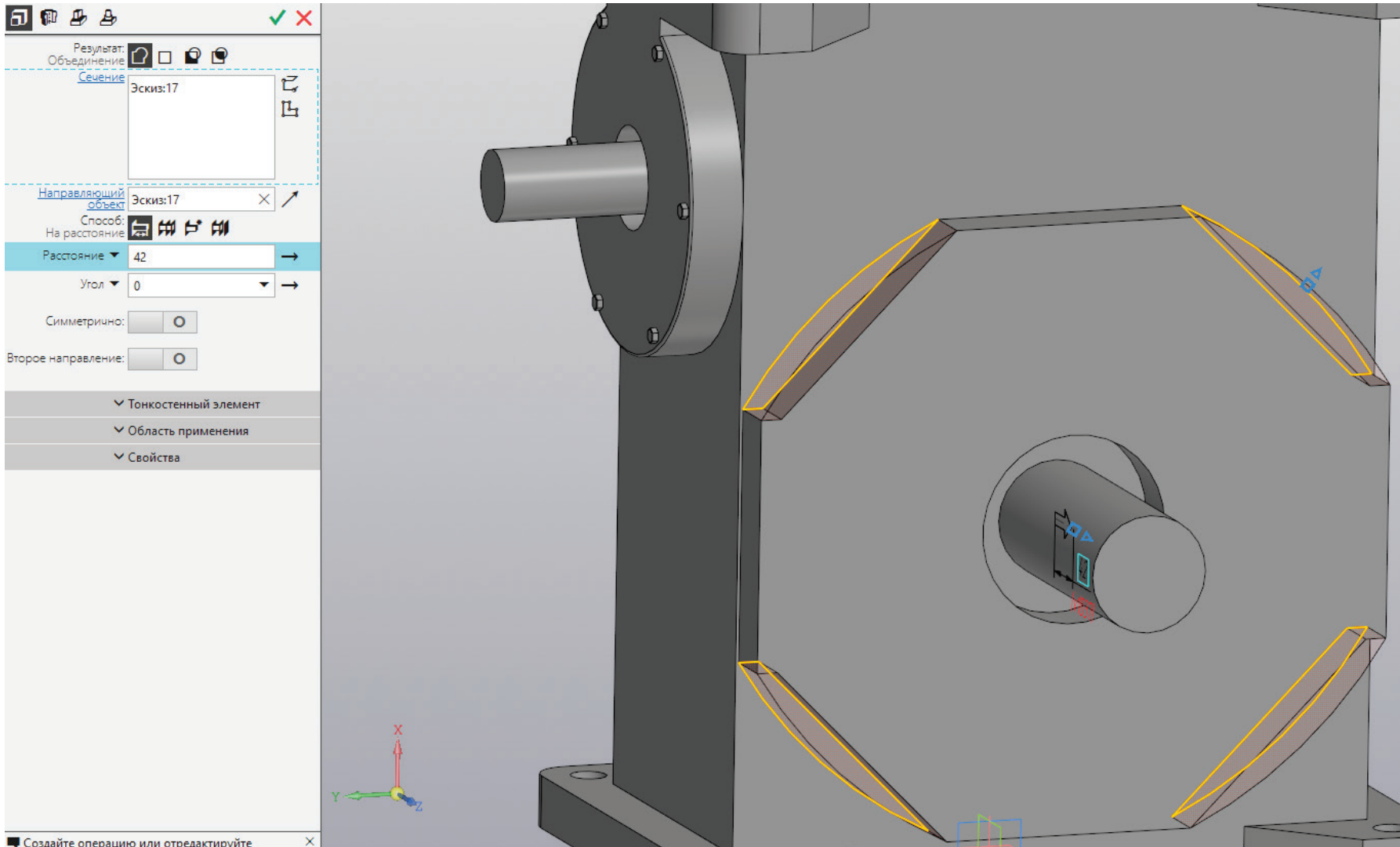


Рисунок 104 – Работа с контуром модели

В предыдущей итерации получается восьмиугольник, для эстетики исполнения можно скруглить все стороны, находящиеся под углом 45 градусов, т.е. оставить прямыми только верхнюю, нижнюю и боковые грани.

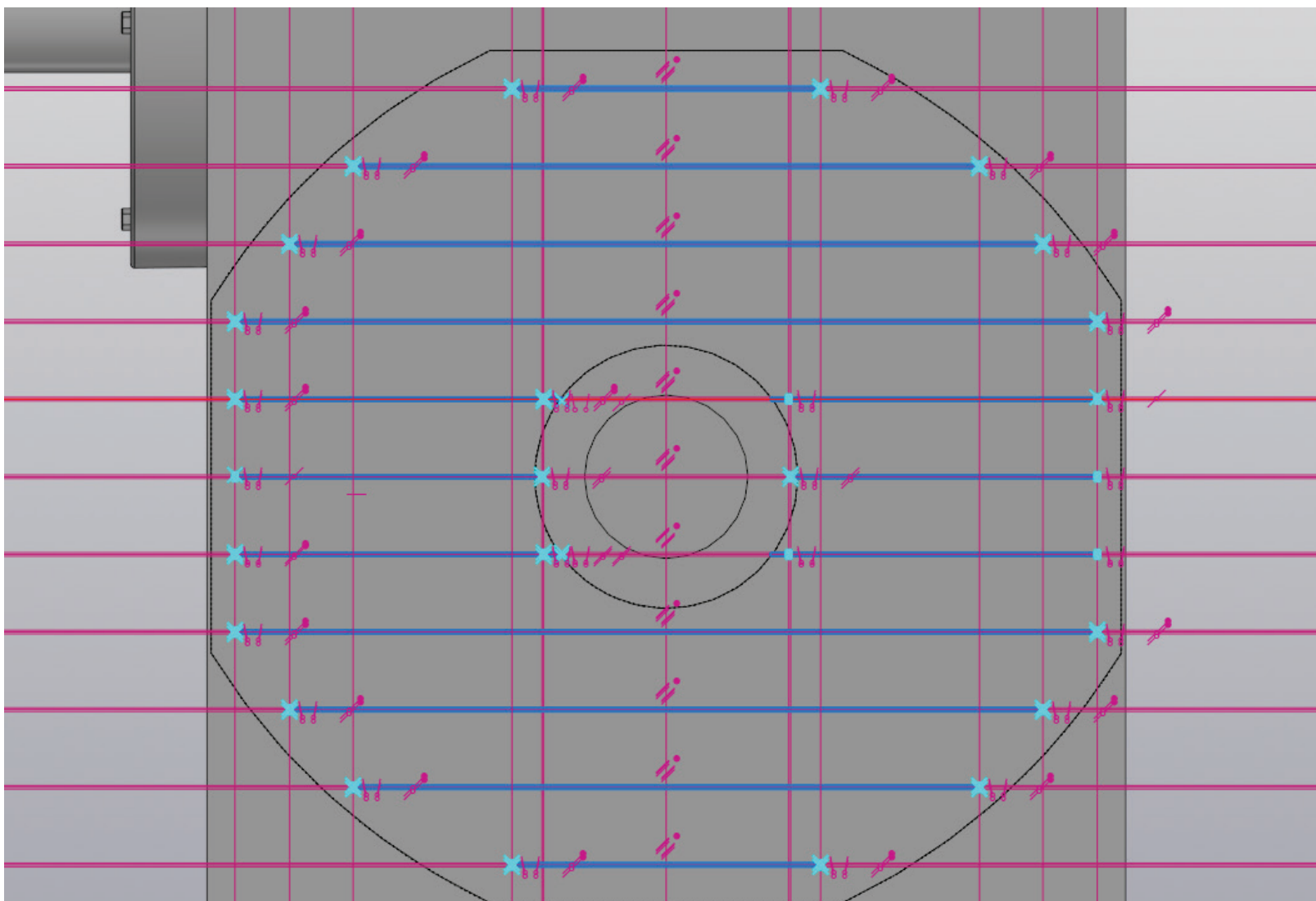


Рисунок 105 – Работа с эскизом, ребра жесткости

На полученной поверхности предстоит создать ребра жесткости (рис. 105). Ребра жесткости располагаются на одинаковом расстоянии, выбранном конструктором. Толщина ребер составляет 2 (мм) (рис. 106).

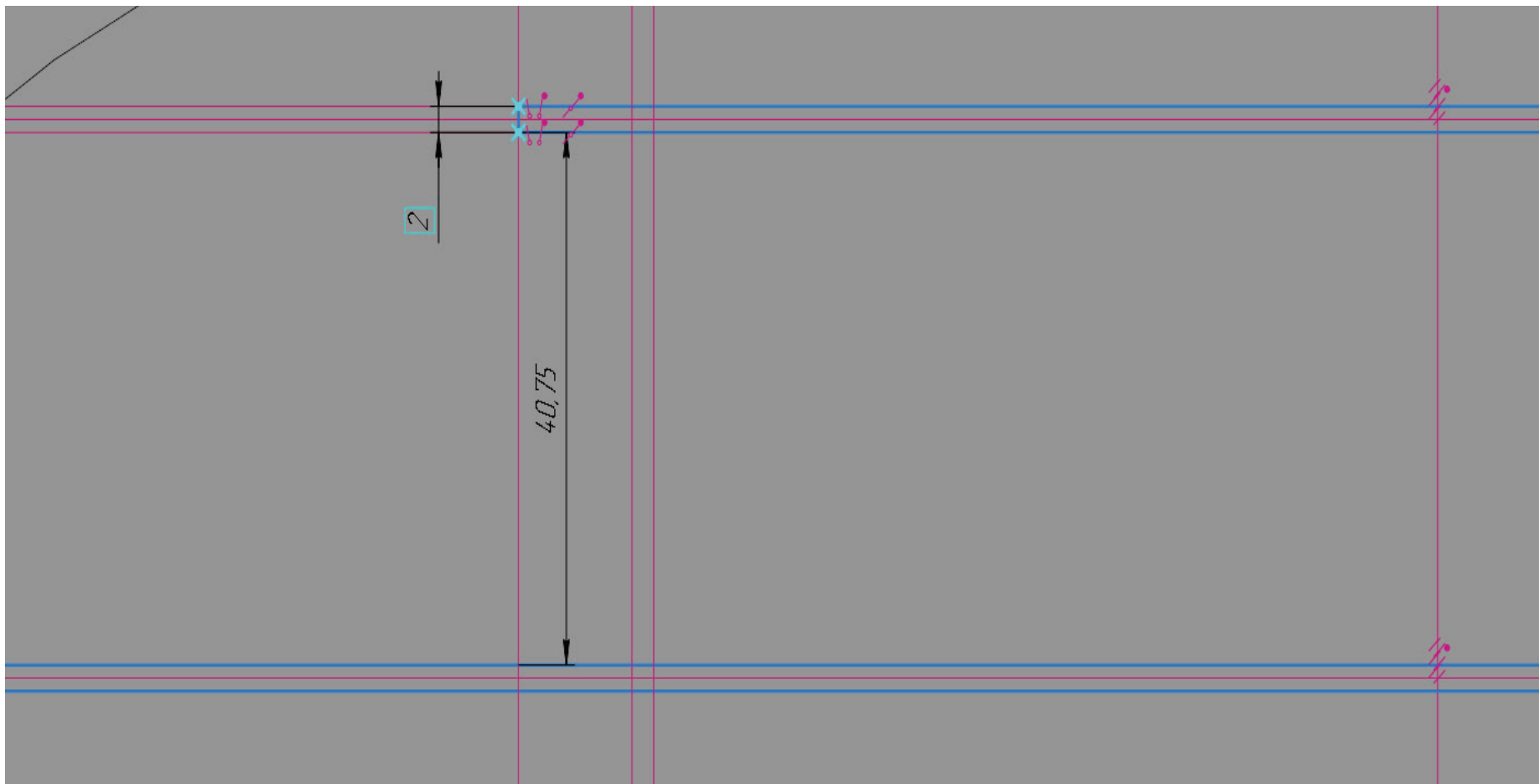


Рисунок 106 – Работа с эскизом, ребра жесткости

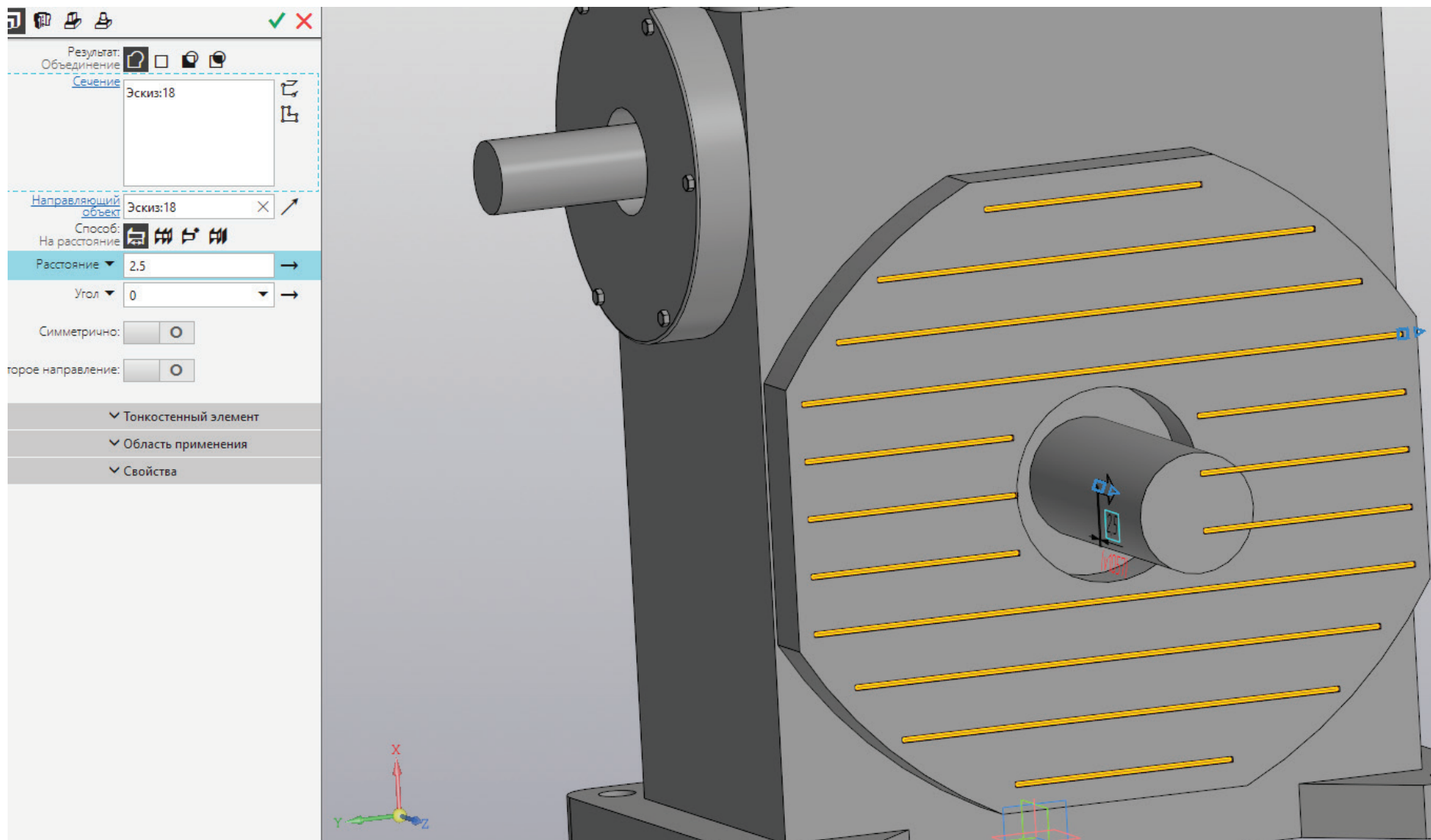


Рисунок 107 – Создание ребер жесткости

Выполненный эскиз необходимо выдавить на 2,5 (мм) (рис. 107).

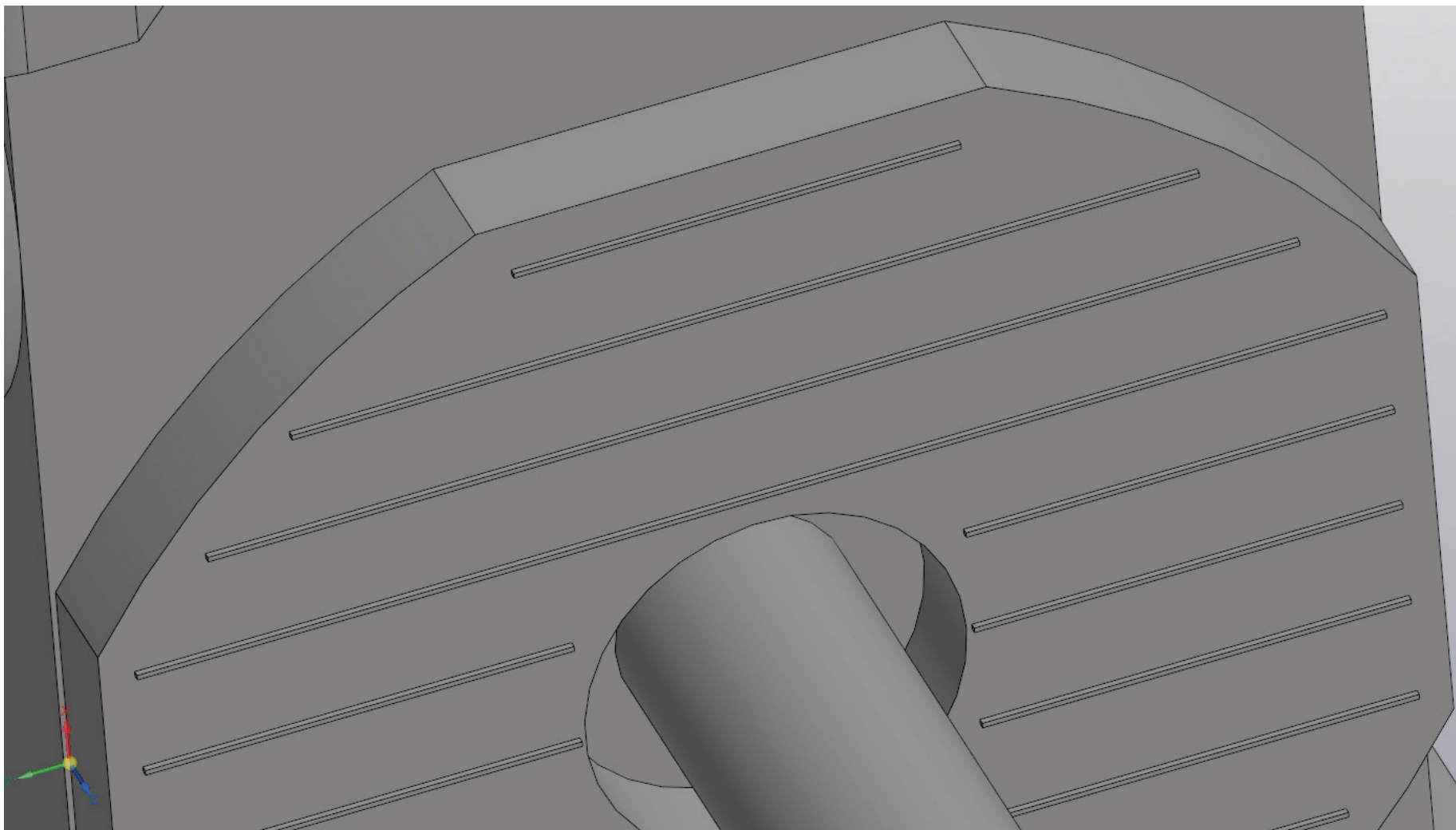


Рисунок 108 – Скругление ребер жесткости

К ребрам жесткости предстоит применить скругление, радиус скругления 1 (мм). Результат скругления представлен на рис. 108.

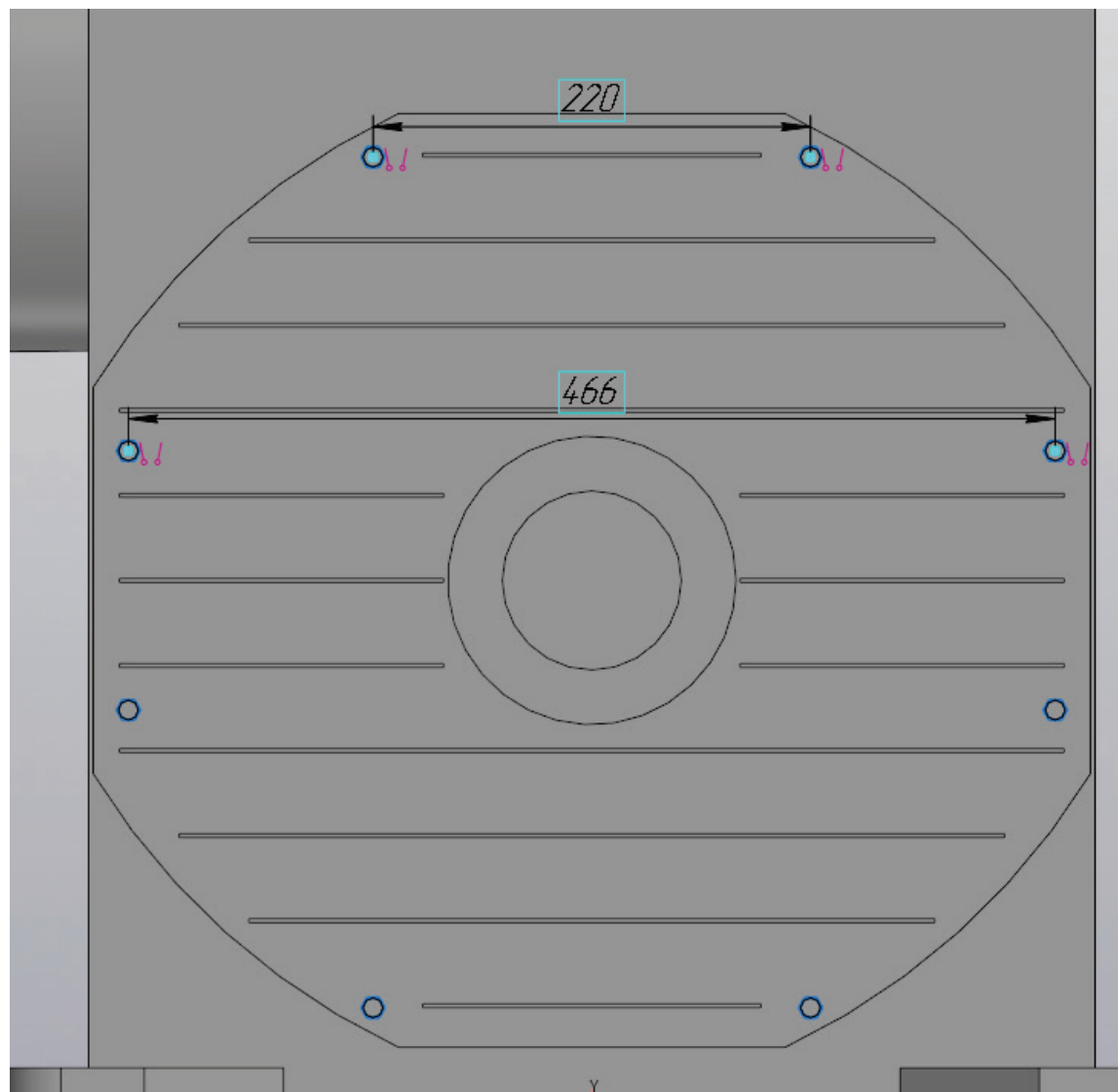


Рисунок 109 – Работа с эскизом, шестигранные болты

На корпусе поверхности под выходной вал редуктора создается эскиз. На эскизе выполняются 8 многоугольников с 6 гранями на одинаковом расстоянии от центра (рис. 109).

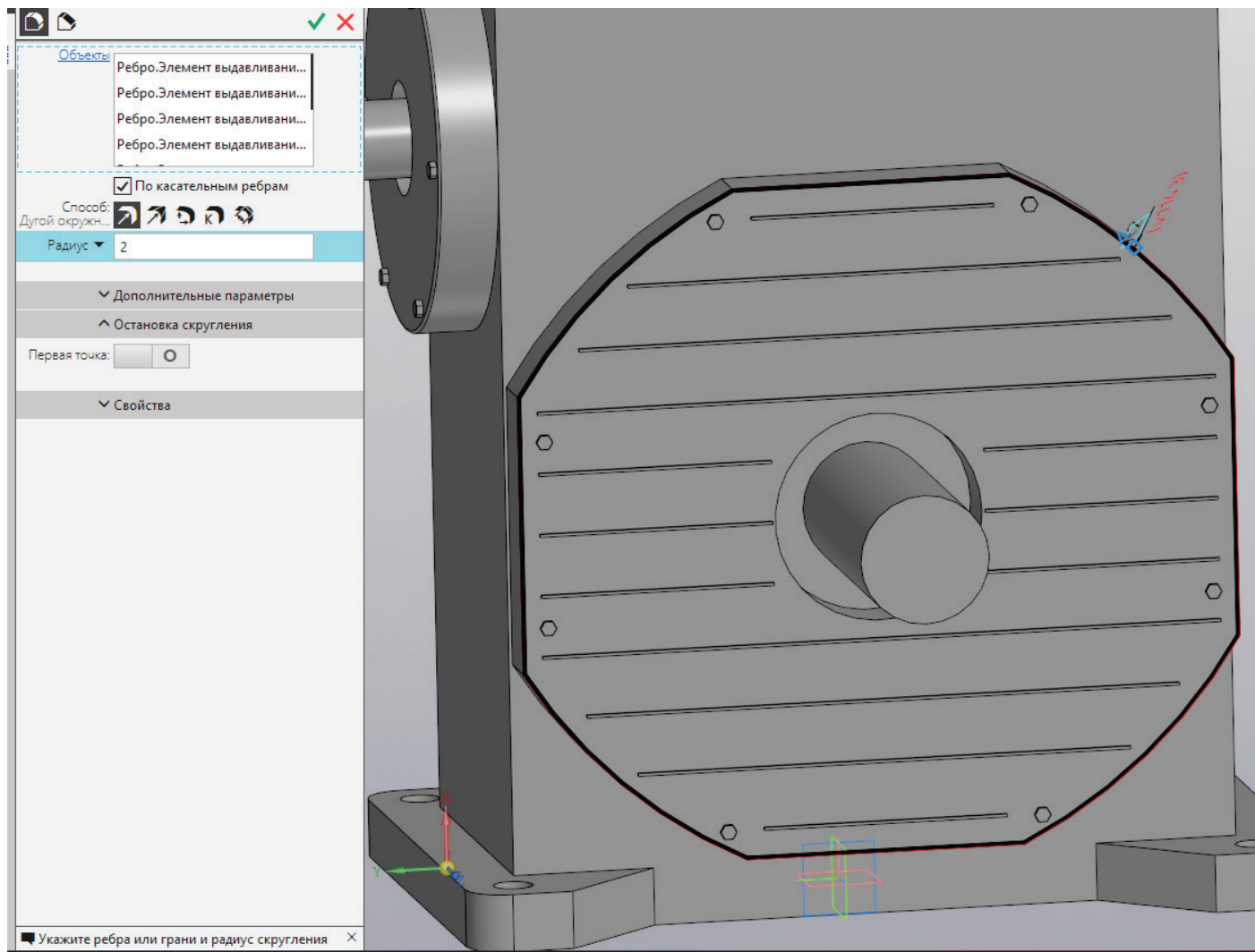


Рисунок 110 – Работа со скруглением геометрии

Полученный эскиз болтов необходимо выдавить на 2,5 (мм). После завершения операции выдавливания к полученным объектам необходимо применить скругление радиусом 0,25 (мм). А ребра скругляются радиусом 2 (мм), как показано на рисунке 110.

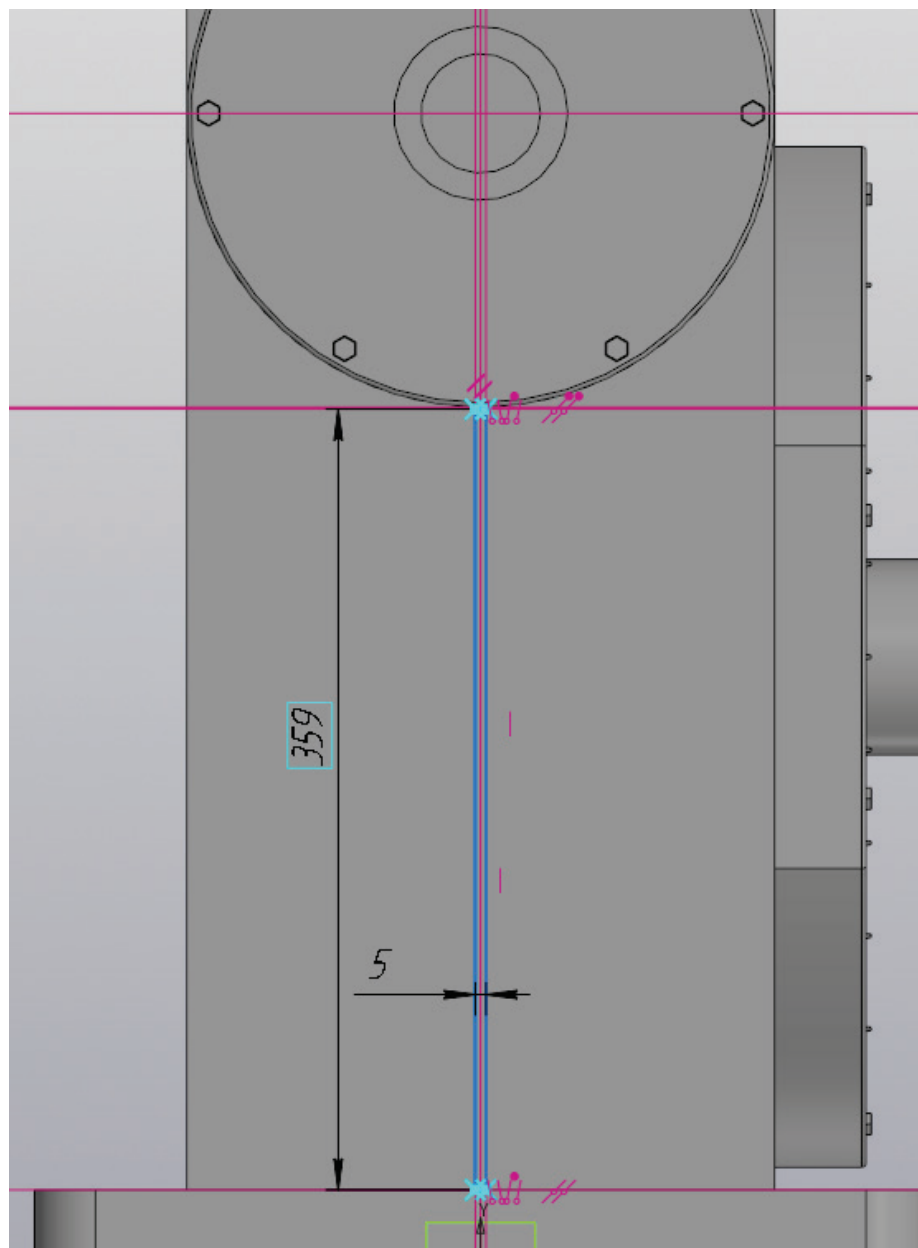


Рисунок 111 – Работа с эскизом, ребра жесткости на боковых гранях

На боковой грани, расположенной под крышкой входного вала редуктора, создается новый эскиз. В центре плоскости создается вертикальная вспомогательная прямая, а от нее на расстояние 2,5 (мм) в каждую сторону выполняется построение параллельных прямых. После этого проводятся две вспомогательные прямые, одна на уровне основания, а другая – касательной к крышке входного вала редуктора (рис. 111). Полученный эскиз необходимо выдавить до ближайшей поверхности, на то же расстояние, что и крышка входного вала редуктора (рис. 112).

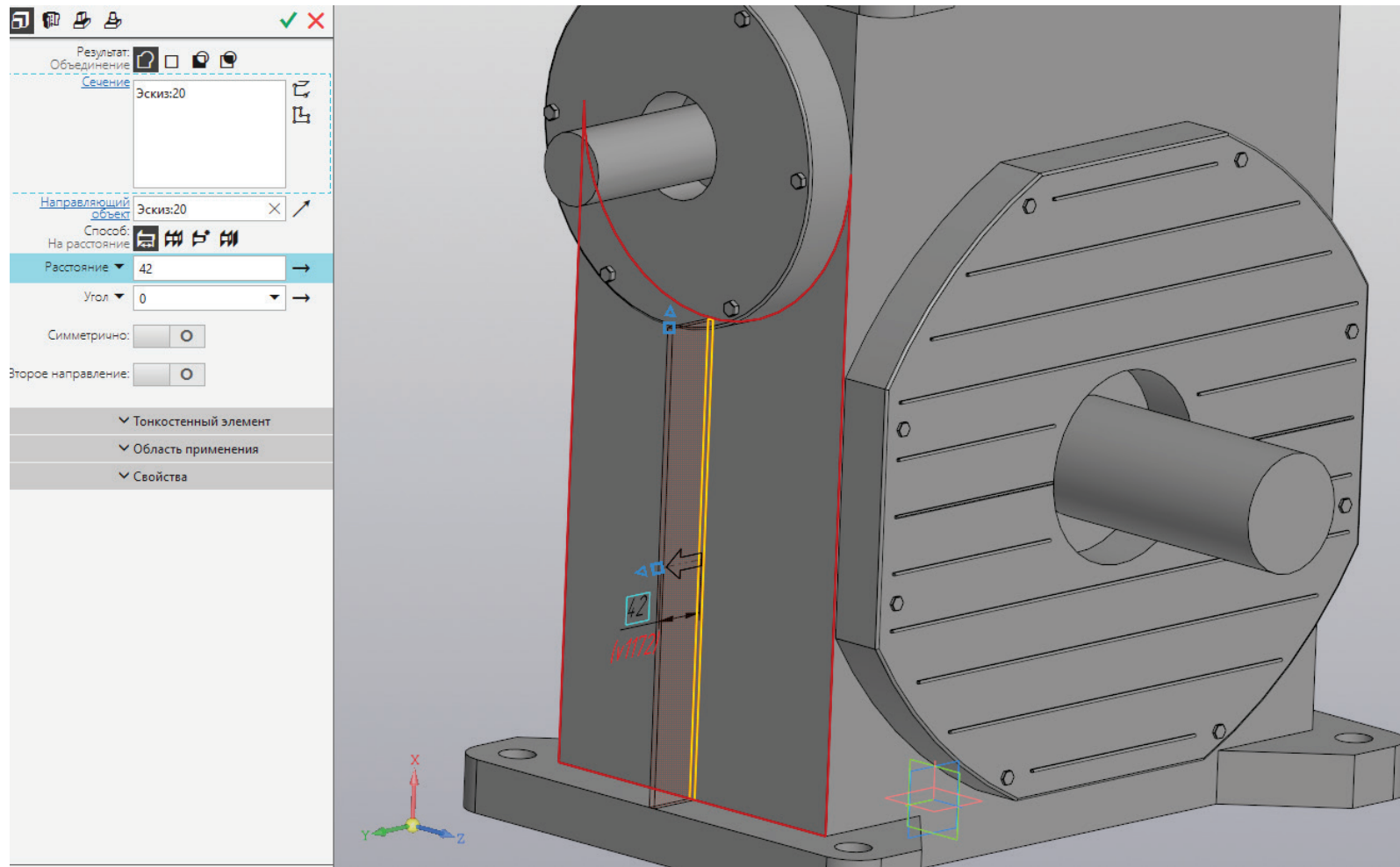


Рисунок 112 – Выдавливание ребра жесткости

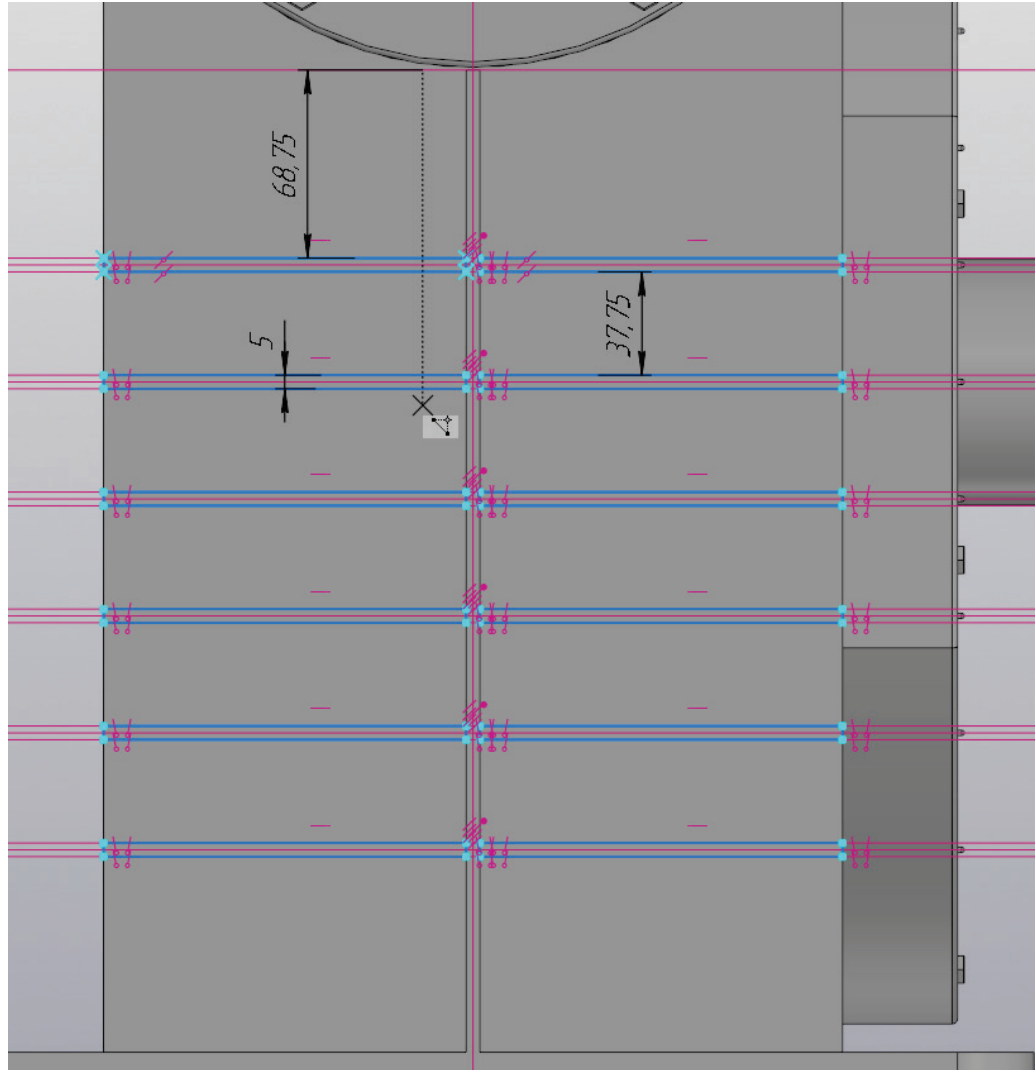


Рисунок 113 – Работа с эскизом, создание горизонтальных ребер жесткости

На боковой плоскости создается новый эскиз, в котором выполняется аналогичное построение горизонтальных ребер жесткости. Толщина одного ребра составляет, как и прежде, 5 (мм), а вот расстояние между ребрами рассчитывается, исходя из индивидуальных размеров каждого редуктора (рис. 113).

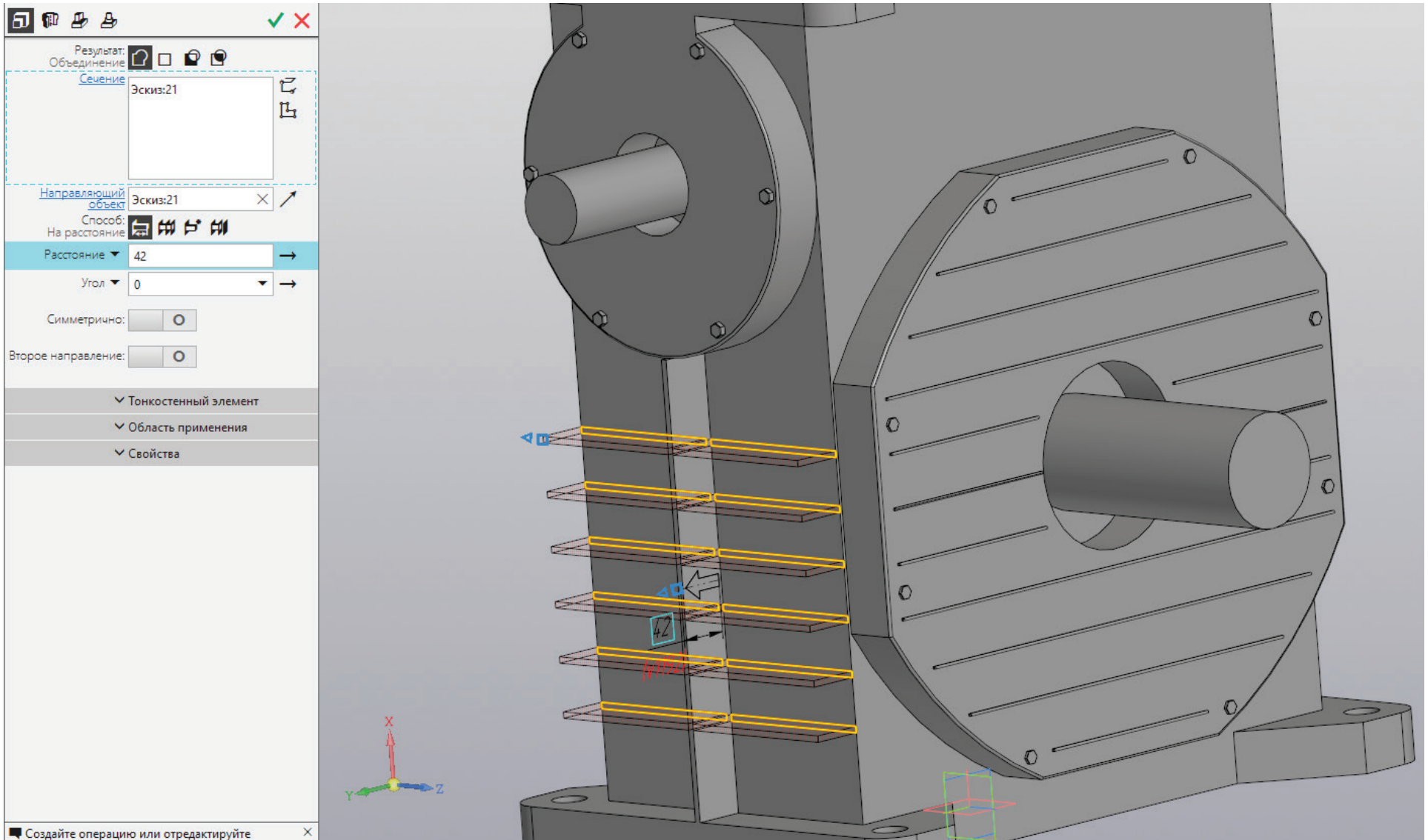


Рисунок 114 – Выдавливание горизонтальных ребер жесткости

Расстояние, на которое выдавливаются горизонтальные ребра жесткости, такое же, как и для вертикального ребра.

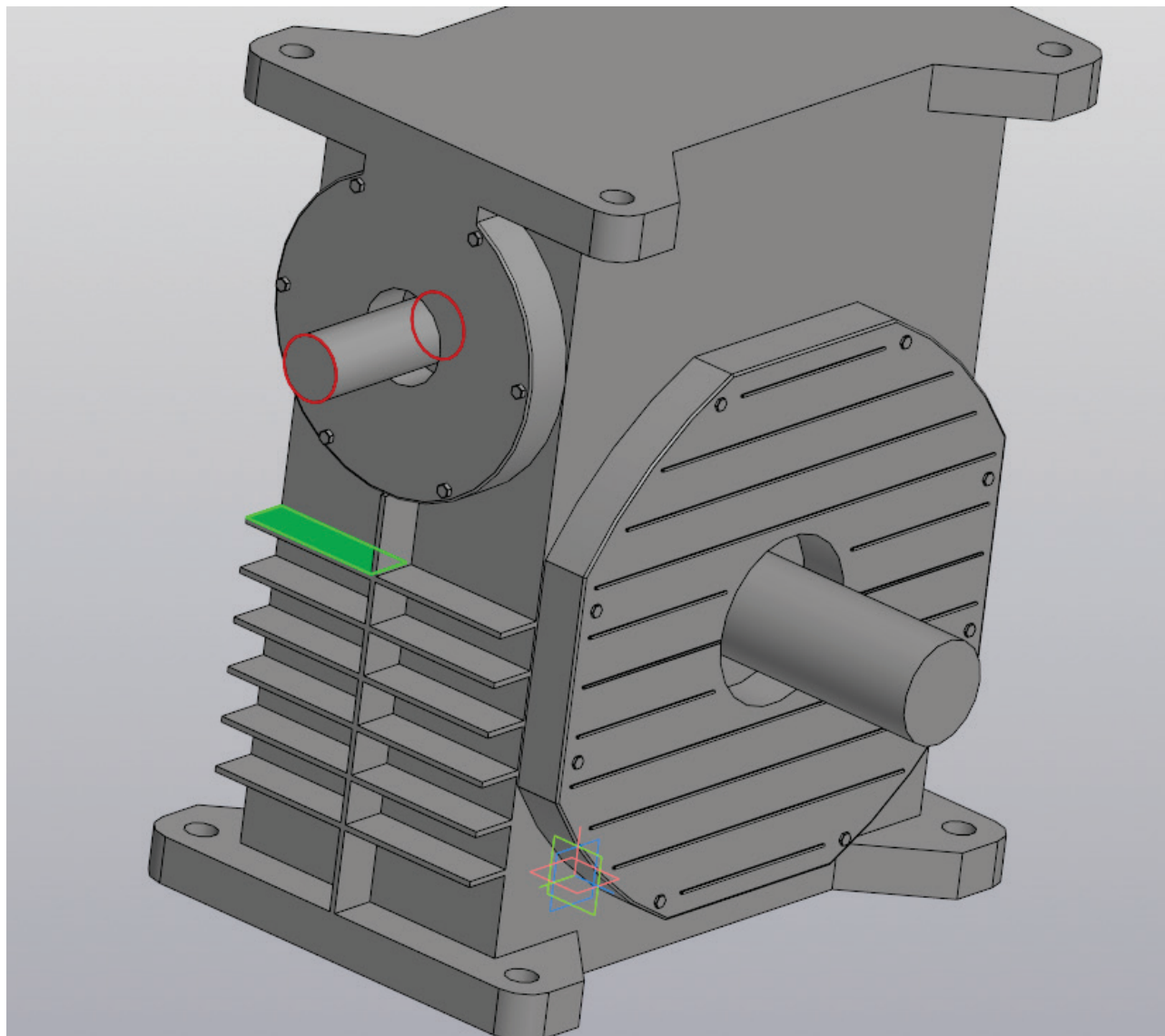


Рисунок 115 – Выбор плоскости эскиза

На верхней плоскости горизонтальных ребер создается эскиз.

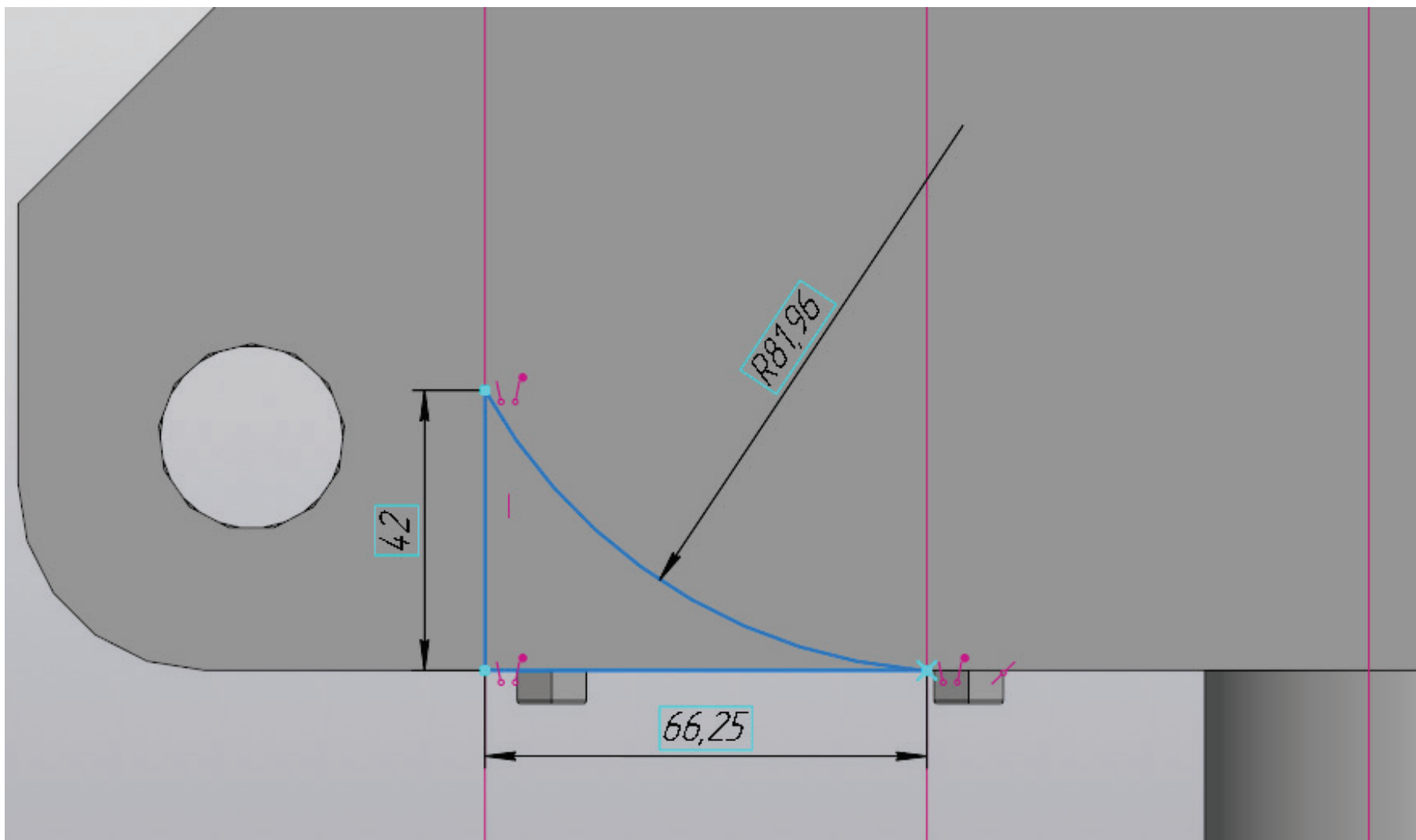


Рисунок 116 – Работа с эскизом, создание скруглений

Ребро жесткости делится на две равные части, на левом краю необходимо создать скругление, подобное тому, что изображено на рисунке 116. Размер окружности является конструктивным решением, как и расстояние по вертикали. Эти параметры влияют на эстетическое состояние модели.

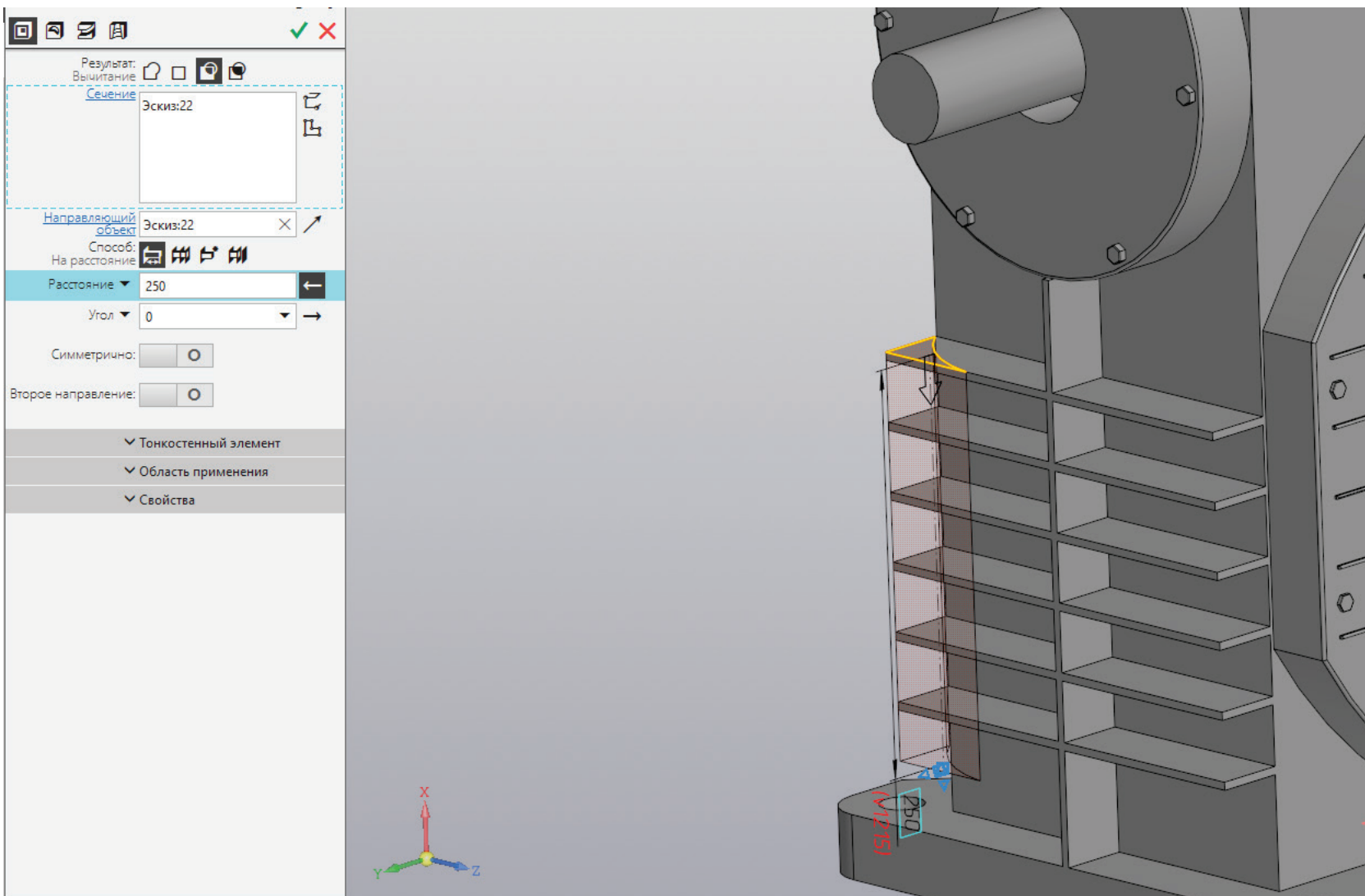


Рисунок 117 – Уменьшение геометрии объекта

К полученному эскизу необходимо применить команду «Вырезать выдавливанием» на расстояние, чтобы все ребра жесткости оказались скруглены.

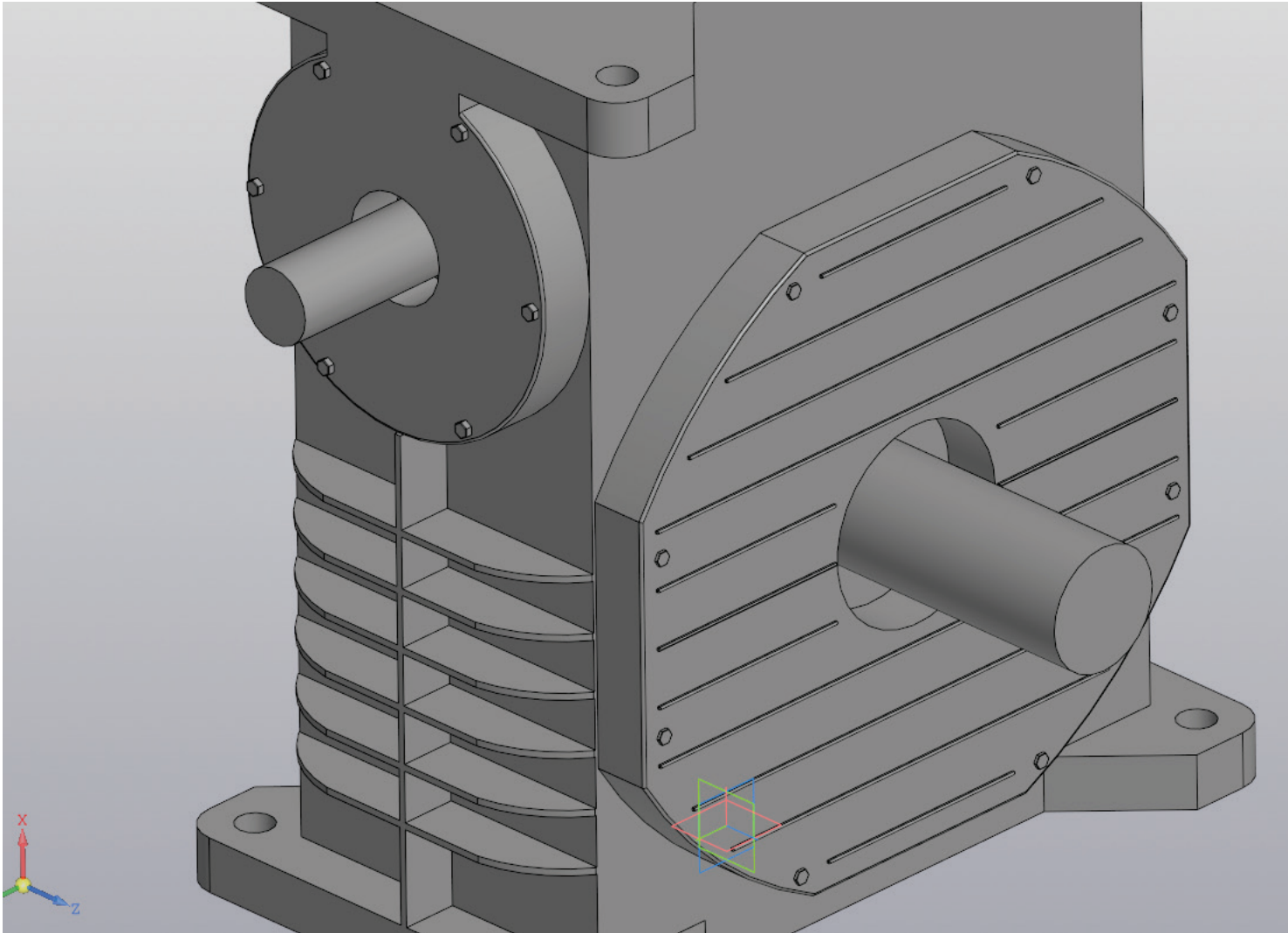


Рисунок 118 – Ребра жесткости

Подобную операцию необходимо проделать для второй части ребер жесткости. Это можно сделать либо созданием нового эскиза, либо редактированием предыдущего, либо с помощью зеркального массива относительно центральной плоскости объекта.

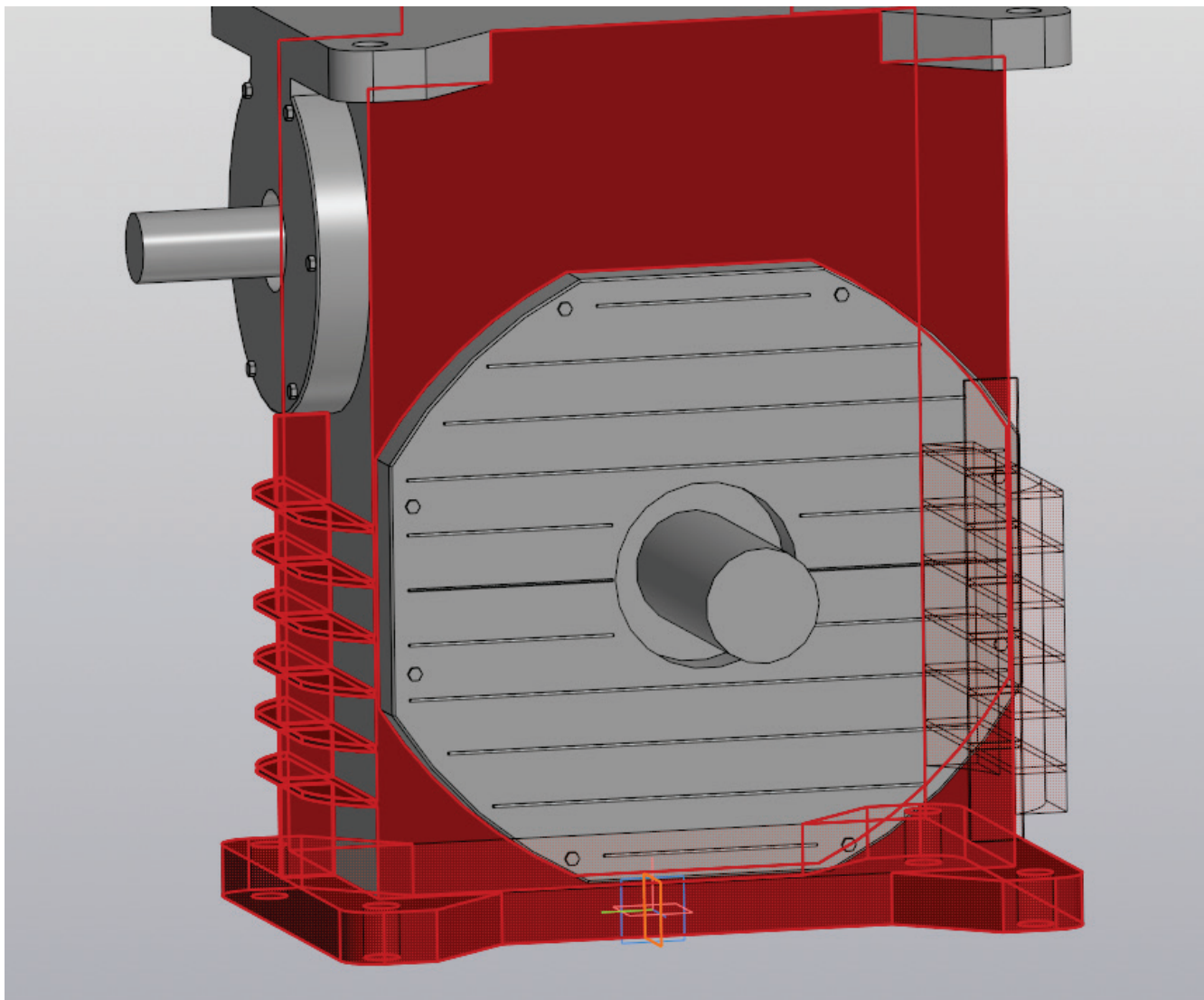


Рисунок 119 – Применение зеркального массива для создания ребер жесткости

Выбрав все предыдущие операции для ребер жесткости, предстоит воспользоваться зеркальным массивом относительно центральной плоскости для создания этих же ребер на другой боковой грани редуктора (рис. 119).

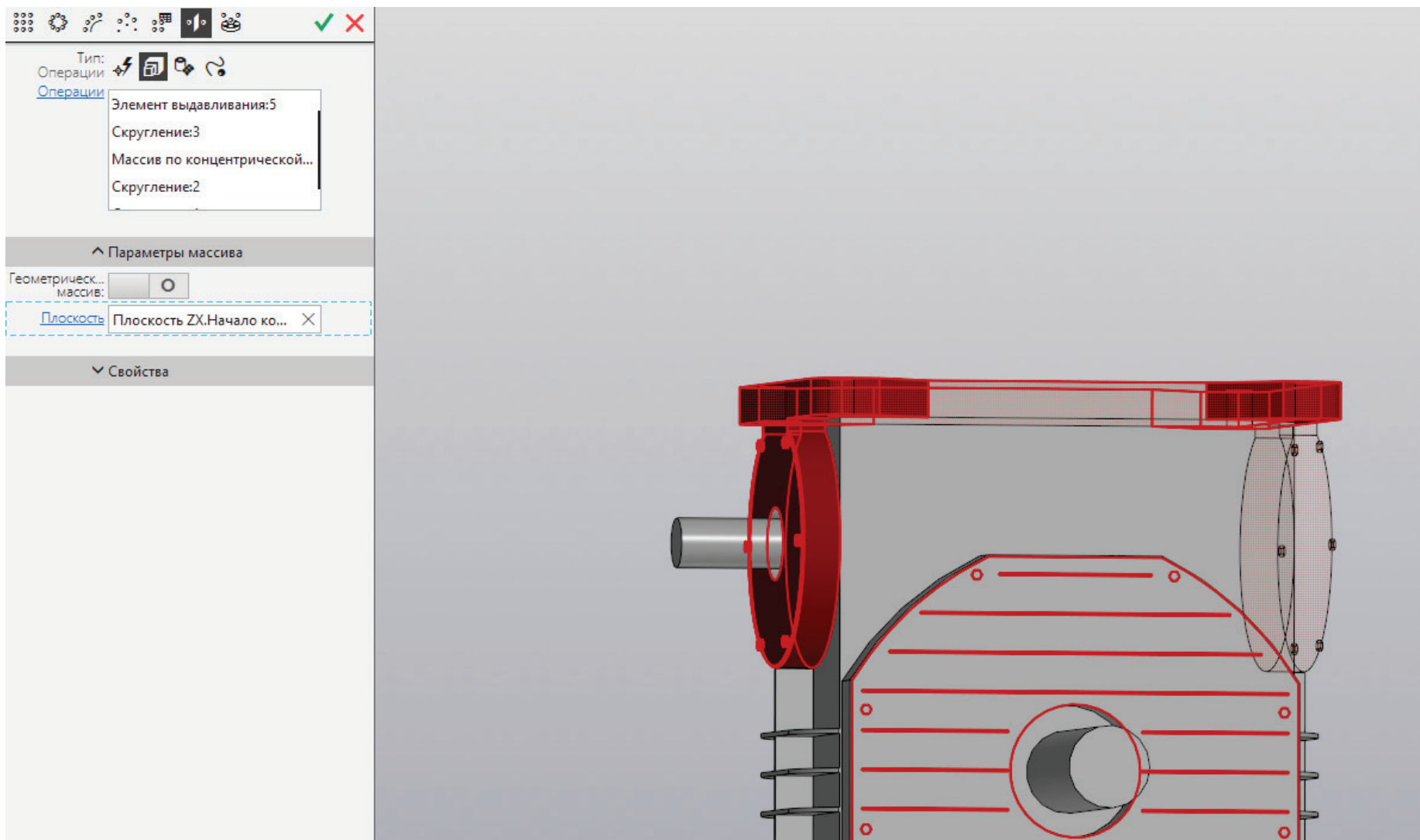


Рисунок 120 – Применение зеркального массива для создания другой крышки входного вала редуктора

Выбрав элементы, относящиеся к крышке входного вала редуктора, снова нужно применить зеркальный массив относительно центральной плоскости (рис. 120).

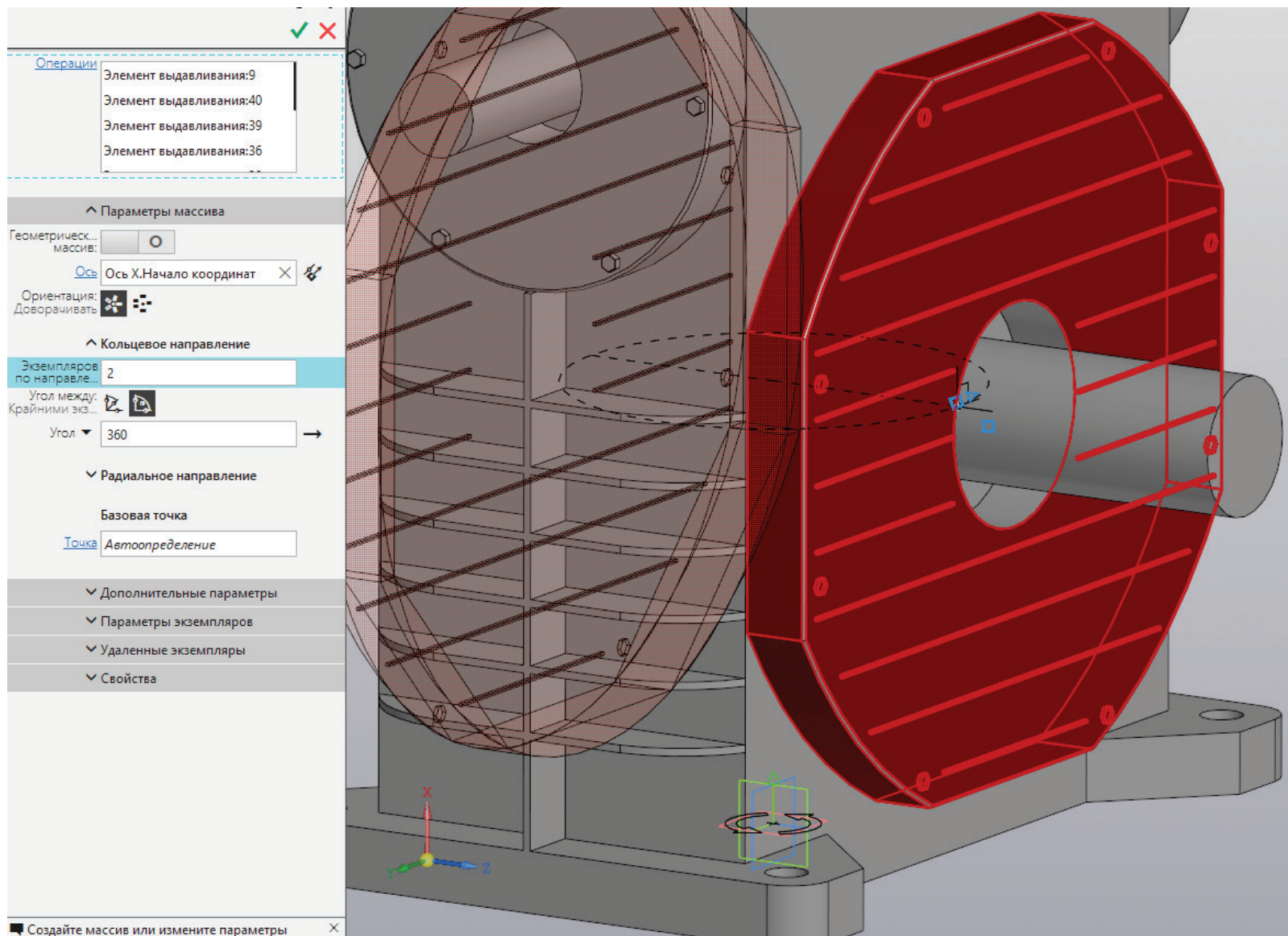


Рисунок 121 – Применение зеркального массива для создания другой крышки выходного вала редуктора

Повторяется предыдущая итерация, но для крышки выходного вала редуктора (рис. 121).

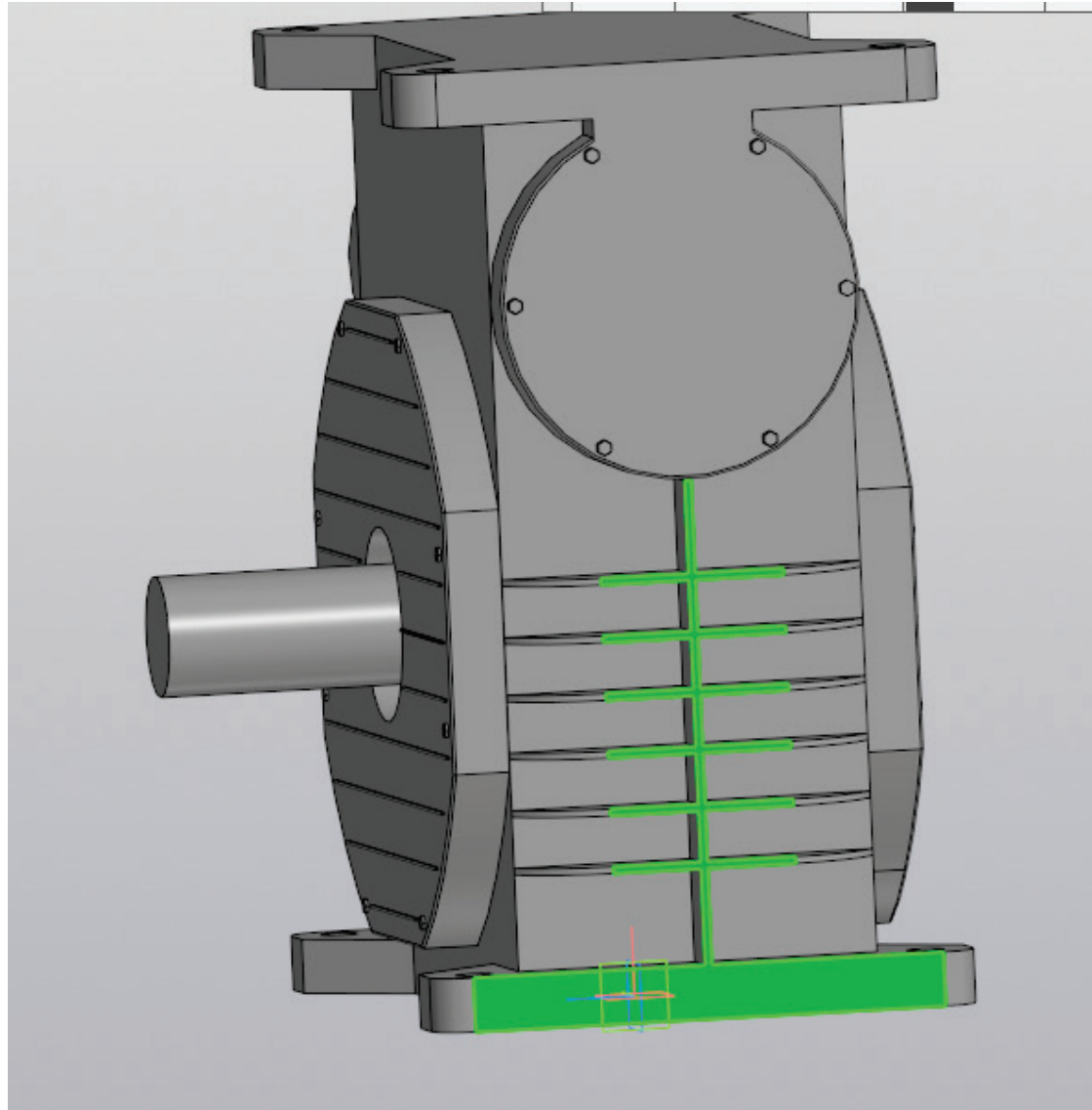


Рисунок 122 – Создание эскиза сливной пробки на плоскости

Эскиз создается на боковой поверхности, как показано на рисунке 122.

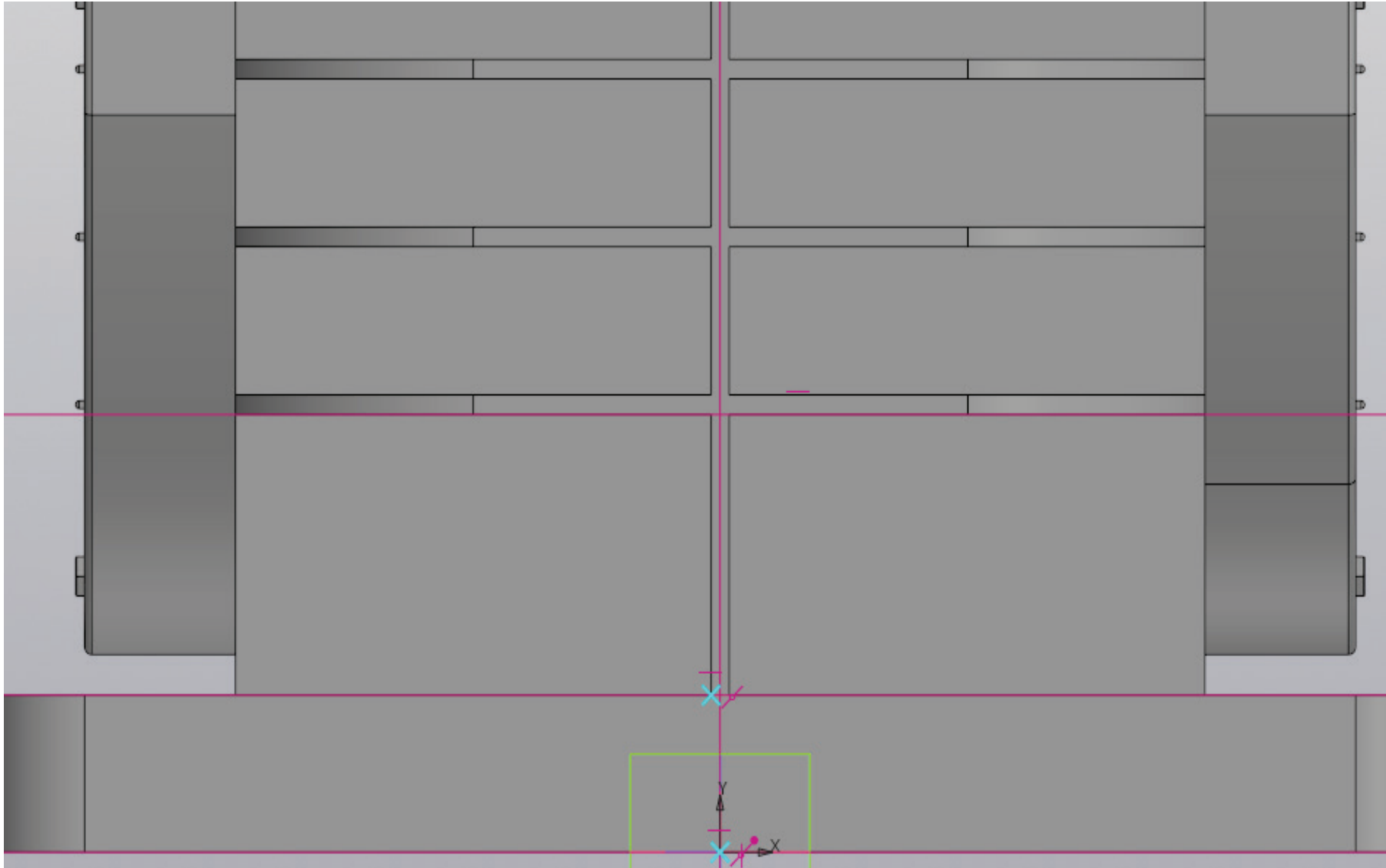


Рисунок 123 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

На выбранной плоскости предстоит разместить несколько вспомогательных прямых, как показано на рисунке 123.

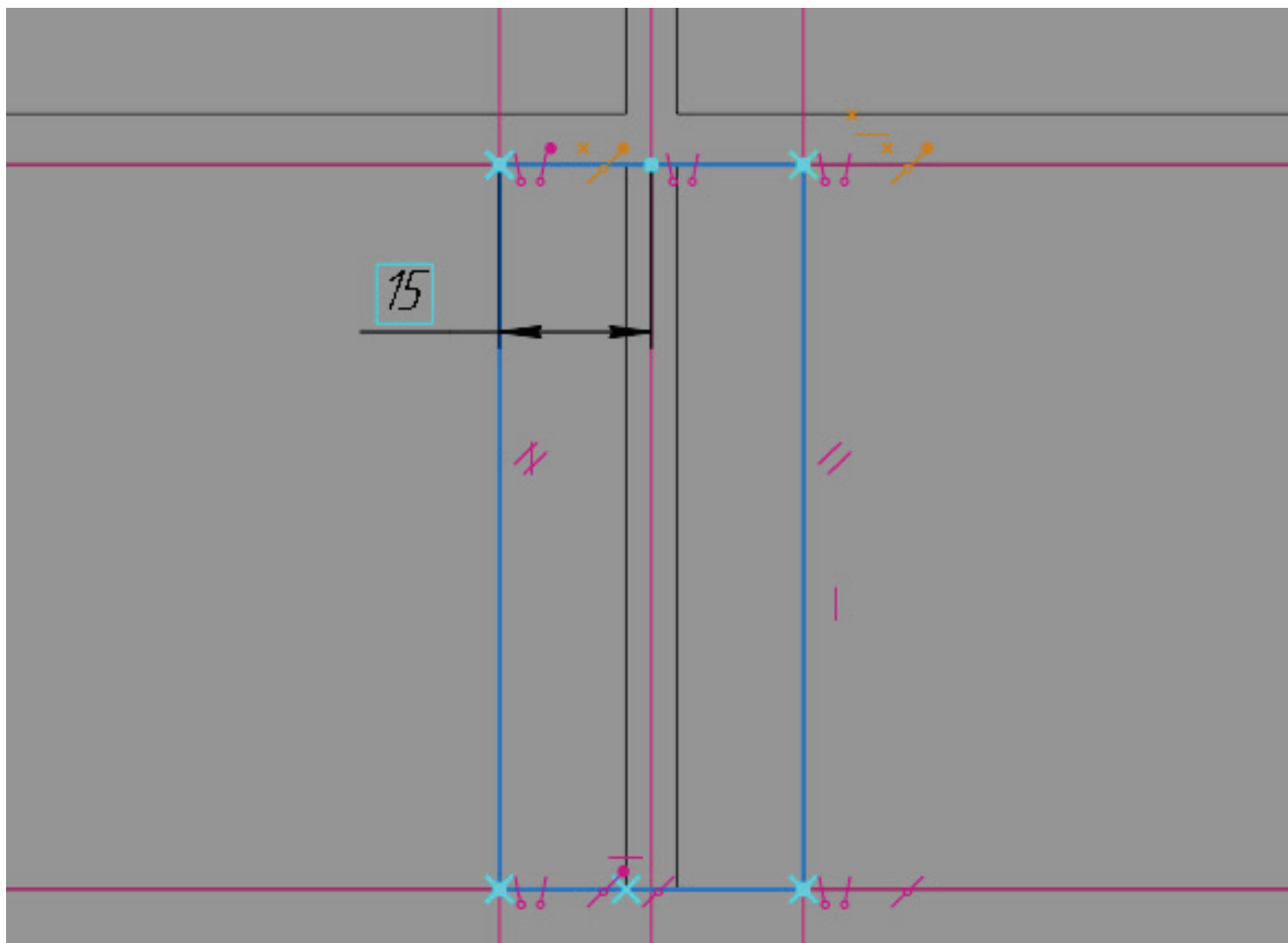


Рисунок 124 – Работа с эскизом, создание контура

От вертикальной прямой необходимо отложить параллельные прямые на с двух сторон на расстояние 15 (мм). После чего контур соединяется, как показано на рисунке 124.

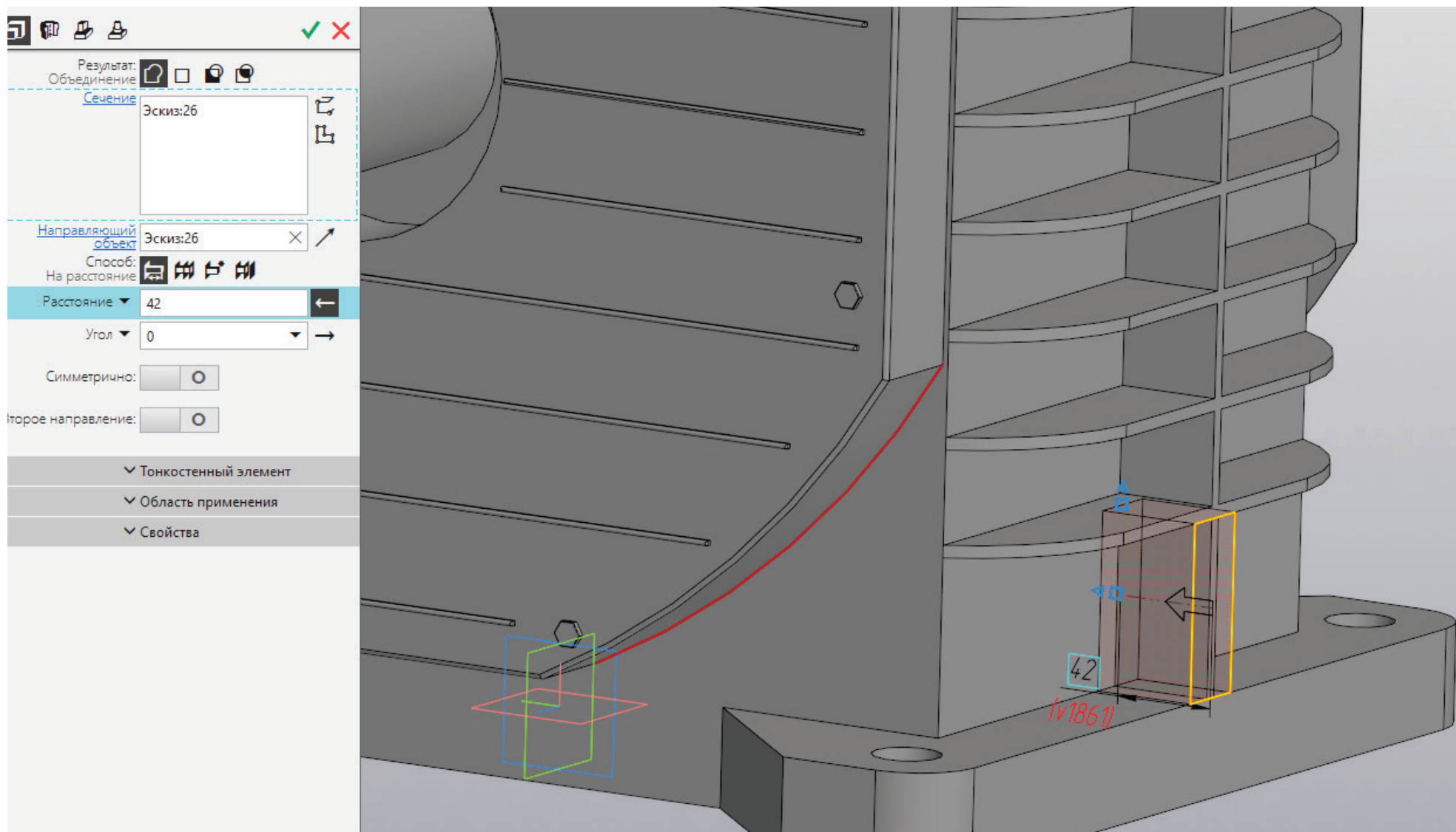


Рисунок 125 – Элемент выдавливания

Построенный эскиз необходимо выдавить на расстояние до ближайшей поверхности (рис. 125).

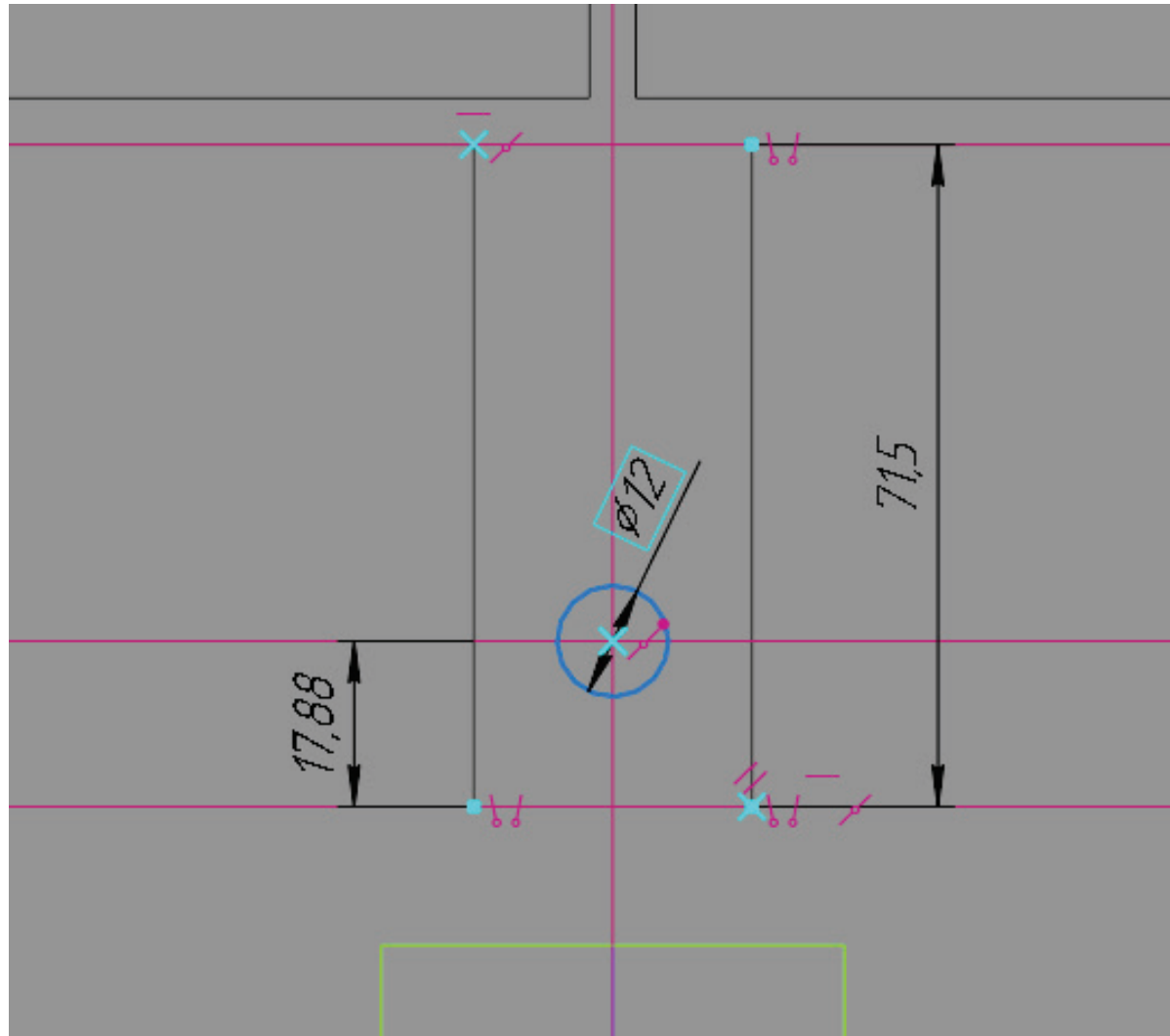


Рисунок 126 – Работа с эскизом, окружность

На полученной плоскости необходимо создать эскиз. От нижней части откладывается параллельная прямая на расстояние $1/4$ от длины участка, а в центре строится вертикальная прямая. На пересечении вспомогательных прямых выполняется окружность диаметром 12 (мм) (рис. 126).

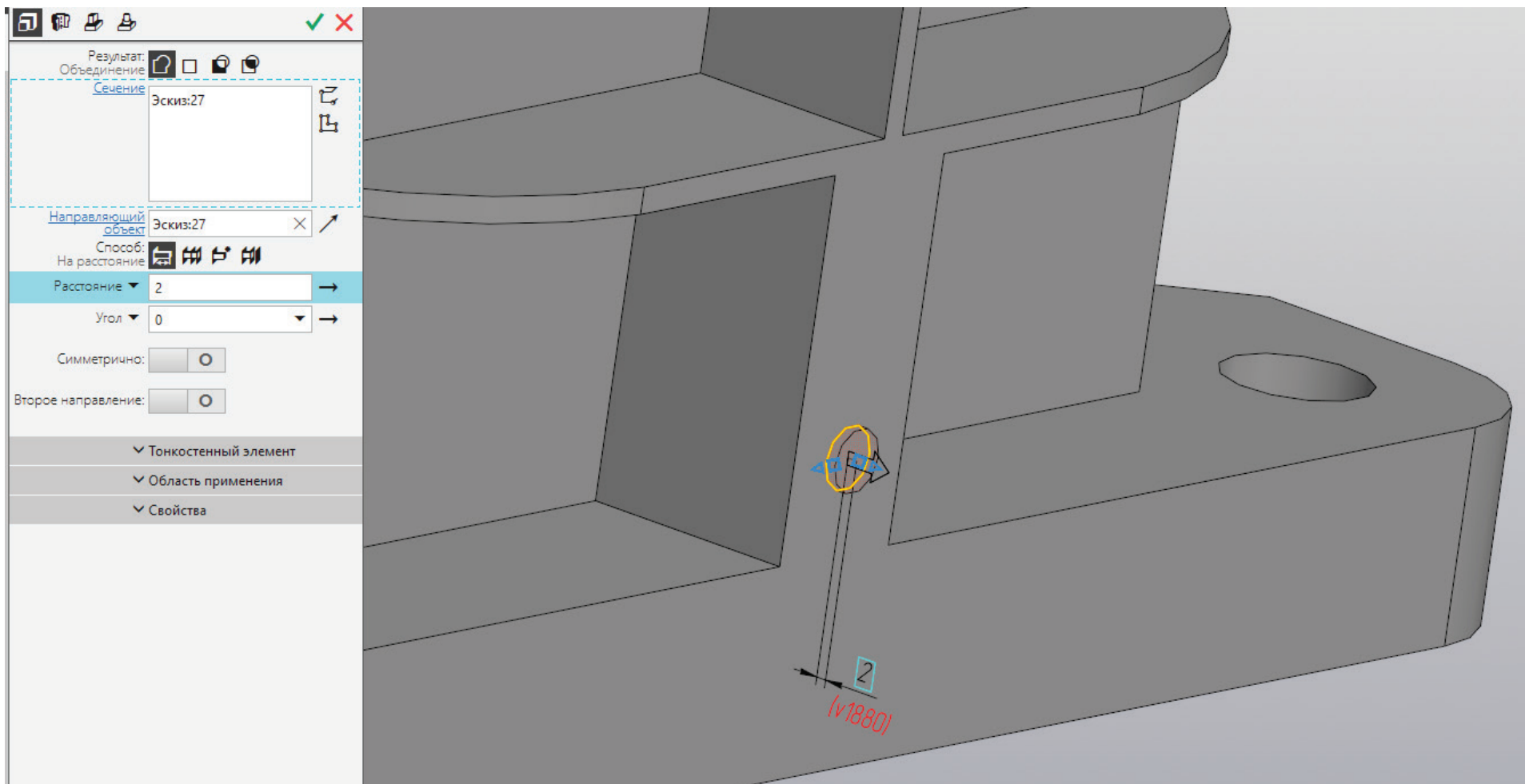


Рисунок 127 – Увеличение геометрии объекта

Полученный эскиз необходимо выдавить на 2 (мм).

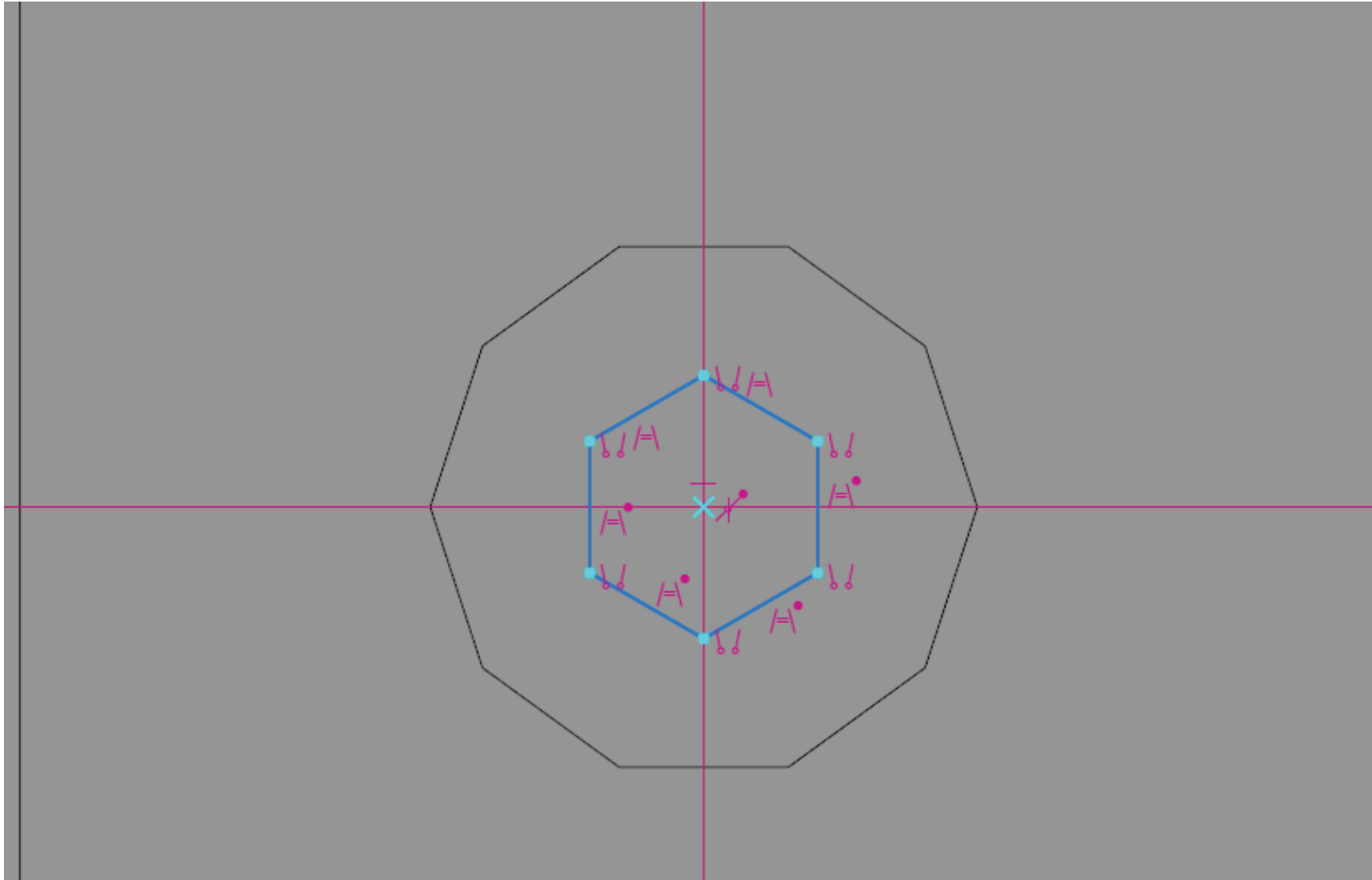


Рисунок 128 – Работа с эскизом, создание многоугольника

На вновь образованной поверхности необходимо построить многоугольник с количеством вершин, равным 6, вписанный в окружность диаметром 5 (мм).

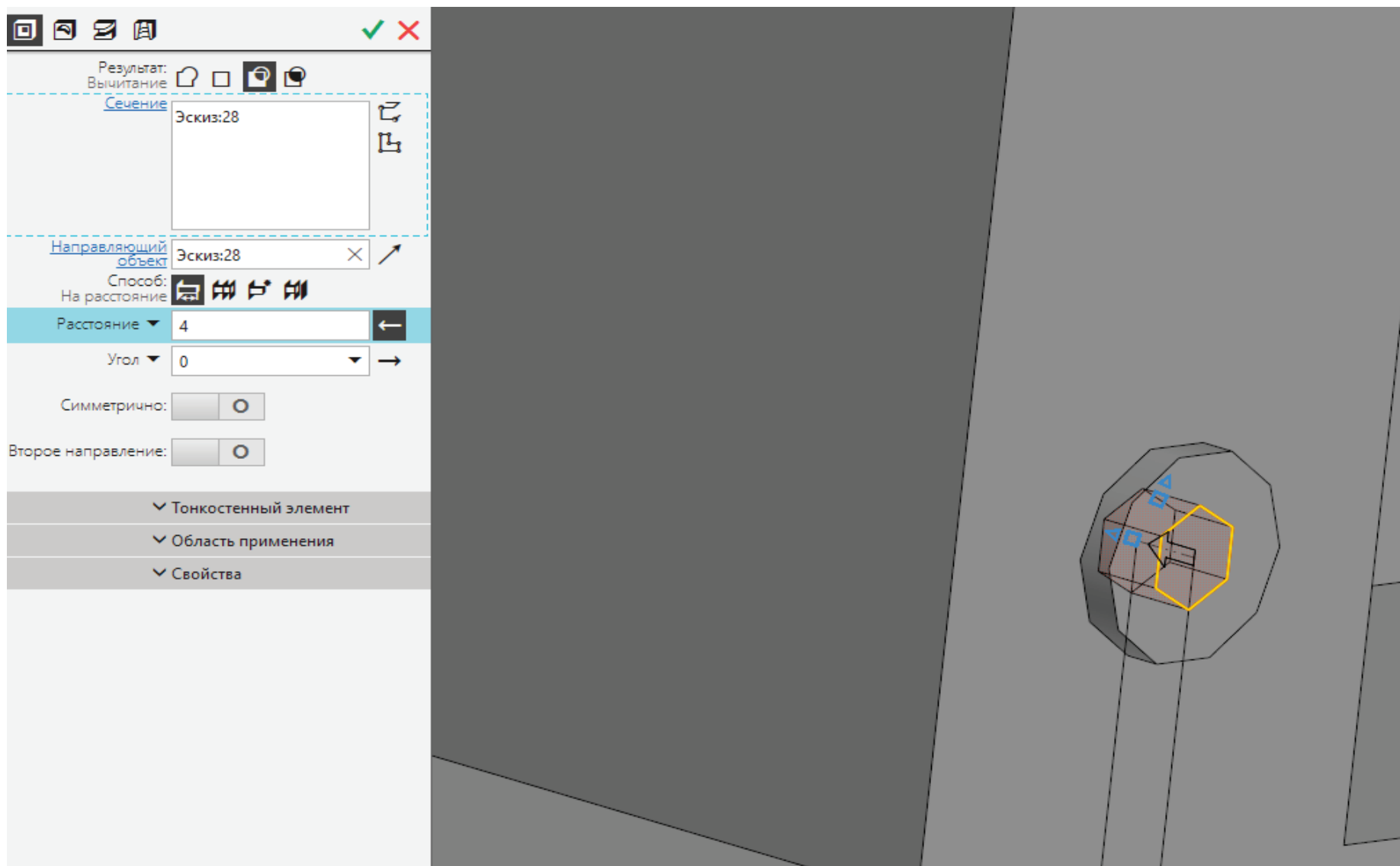


Рисунок 129 – Уменьшение геометрии модели

К построенному эскизу применяется команда «Вырезать выдавливанием» на расстояние 4 (мм).

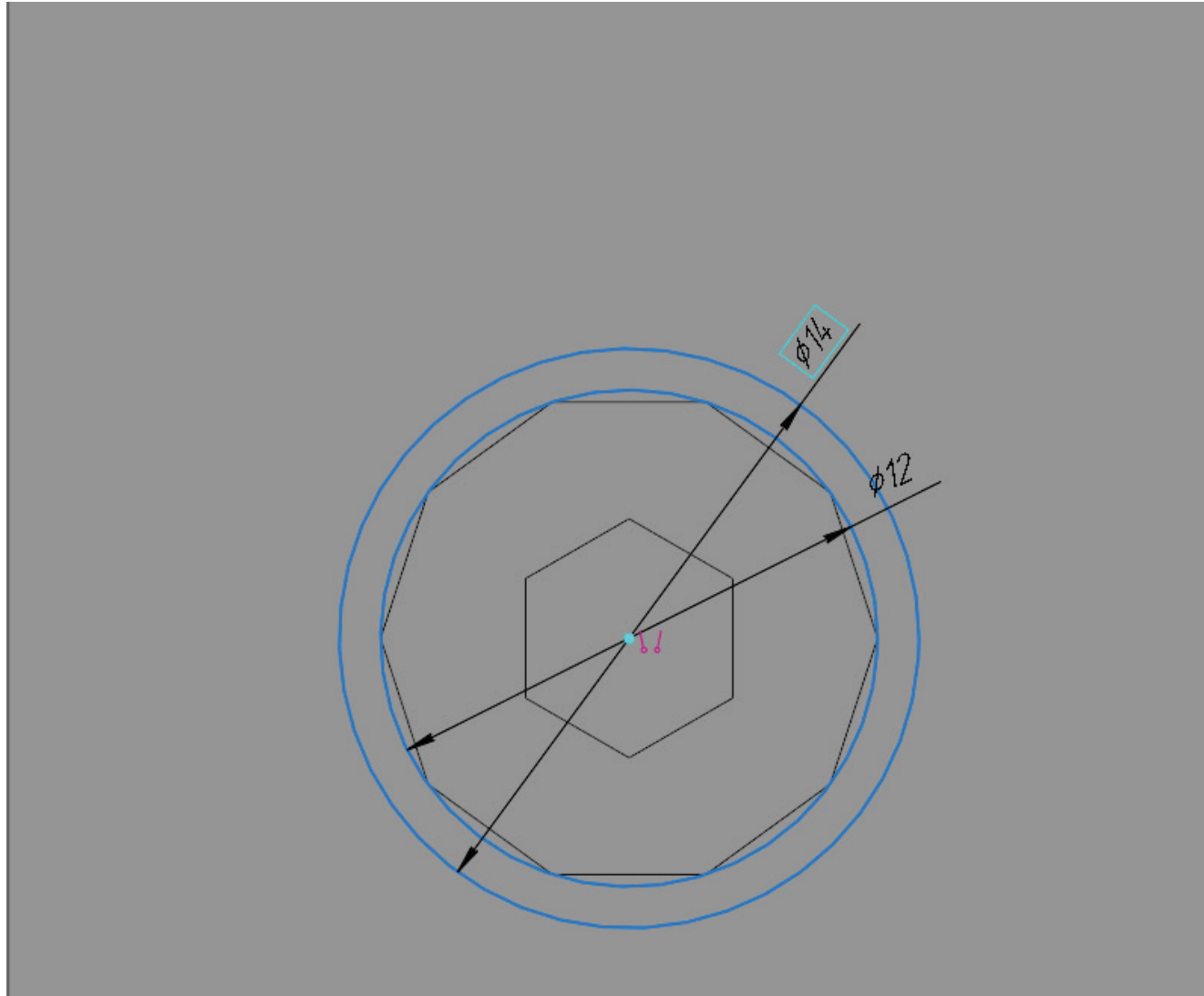


Рисунок 130 – Работа с эскизом, создание окружностей

На плоскости прямоугольника создаются две окружности, одна диаметром, совпадающим с диаметром сливной пробки, а другая несколько больше.

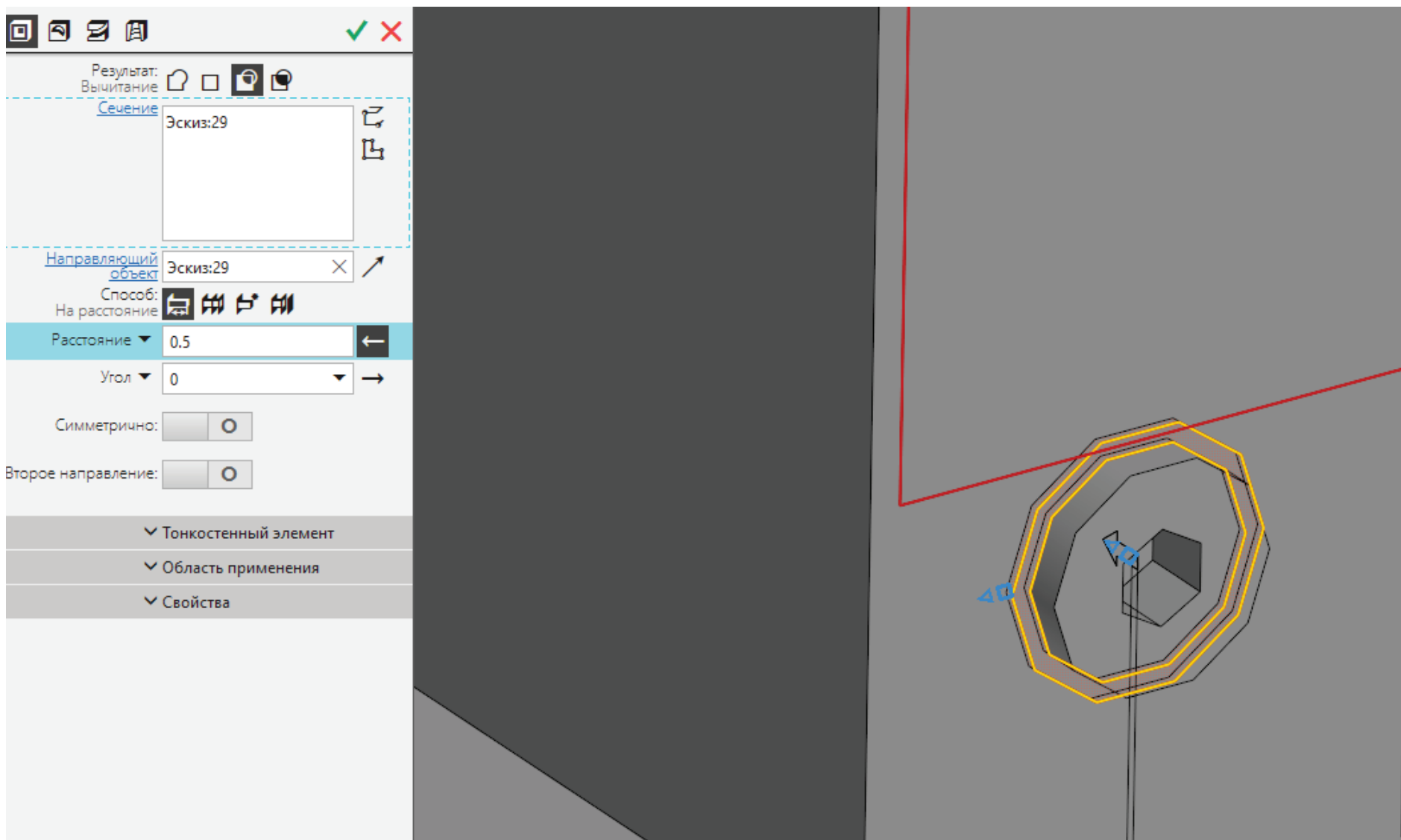


Рисунок 131 – Уменьшение геометрии объекта

К построенному эскизу применяется команда «Вырезать выдавливанием» на расстояние 0,5 (мм).

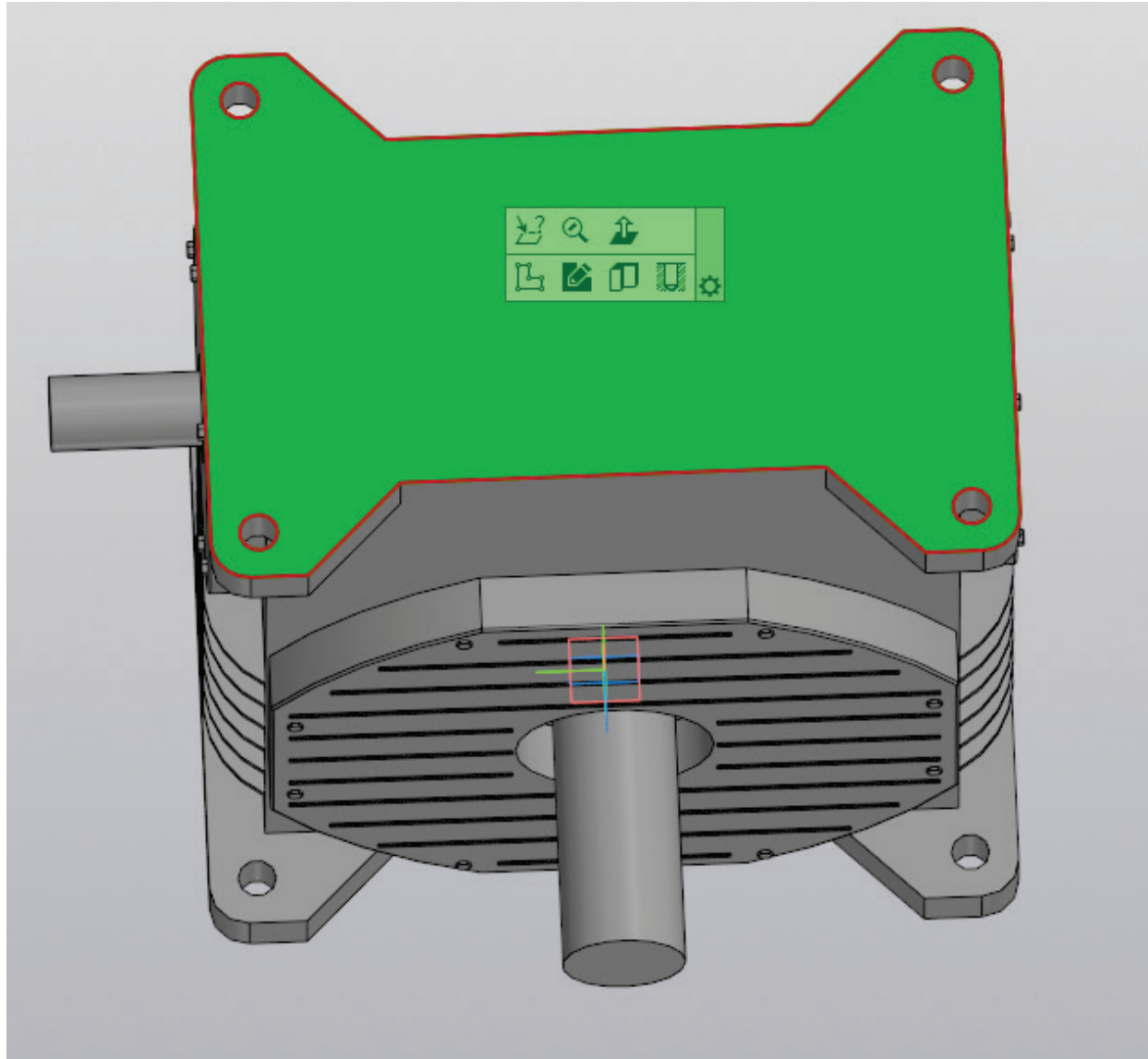


Рисунок 132 – Создание эскиза на плоскости

Создается эскиз на верхней плоскости редуктора.

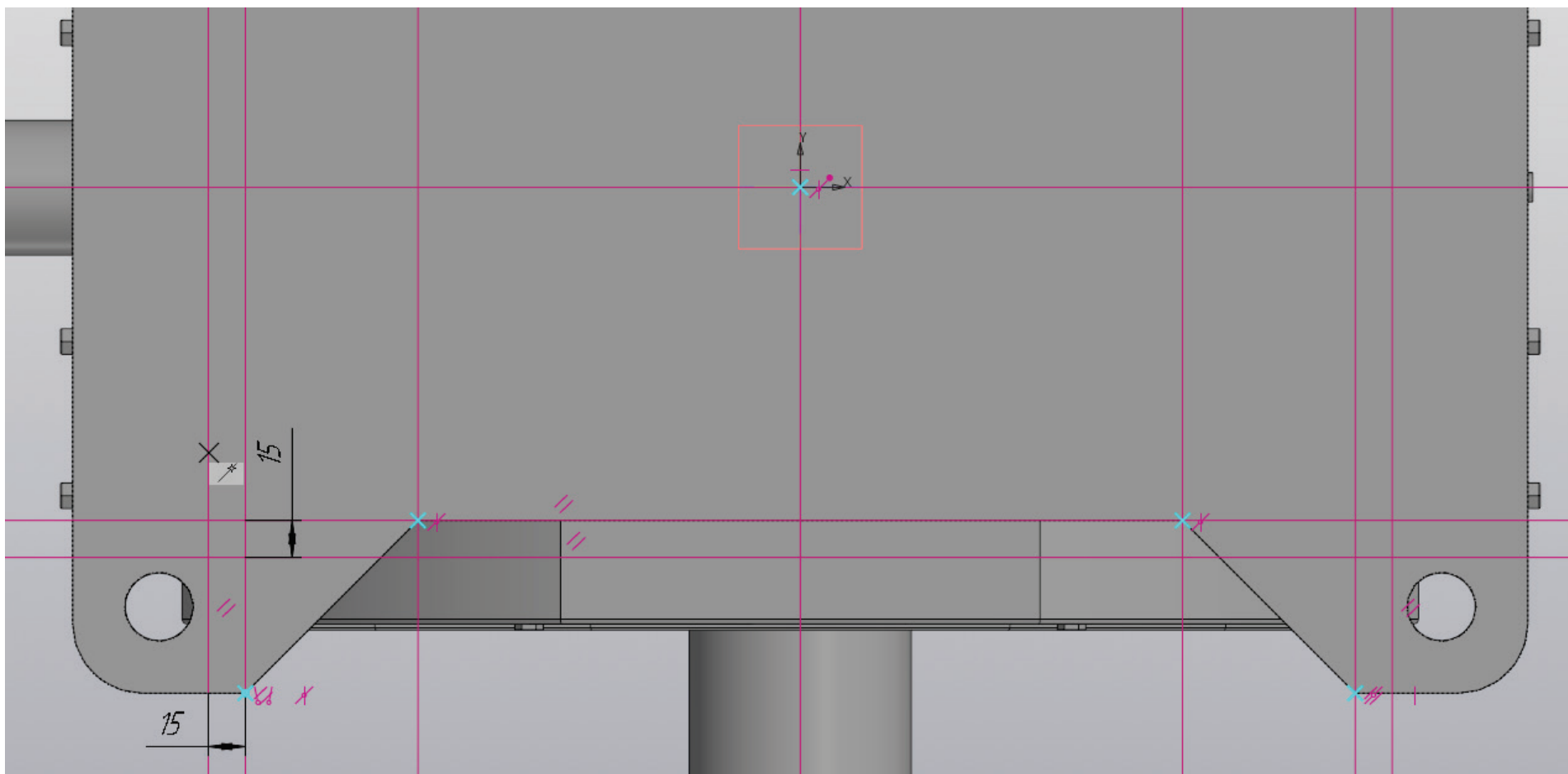


Рисунок 133 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

На эскизе выполняется построение вспомогательных прямых, как показано на рисунке 133. Выполняется построение параллельных прямых относительно края верхней части редуктора на расстоянии 15 (мм).

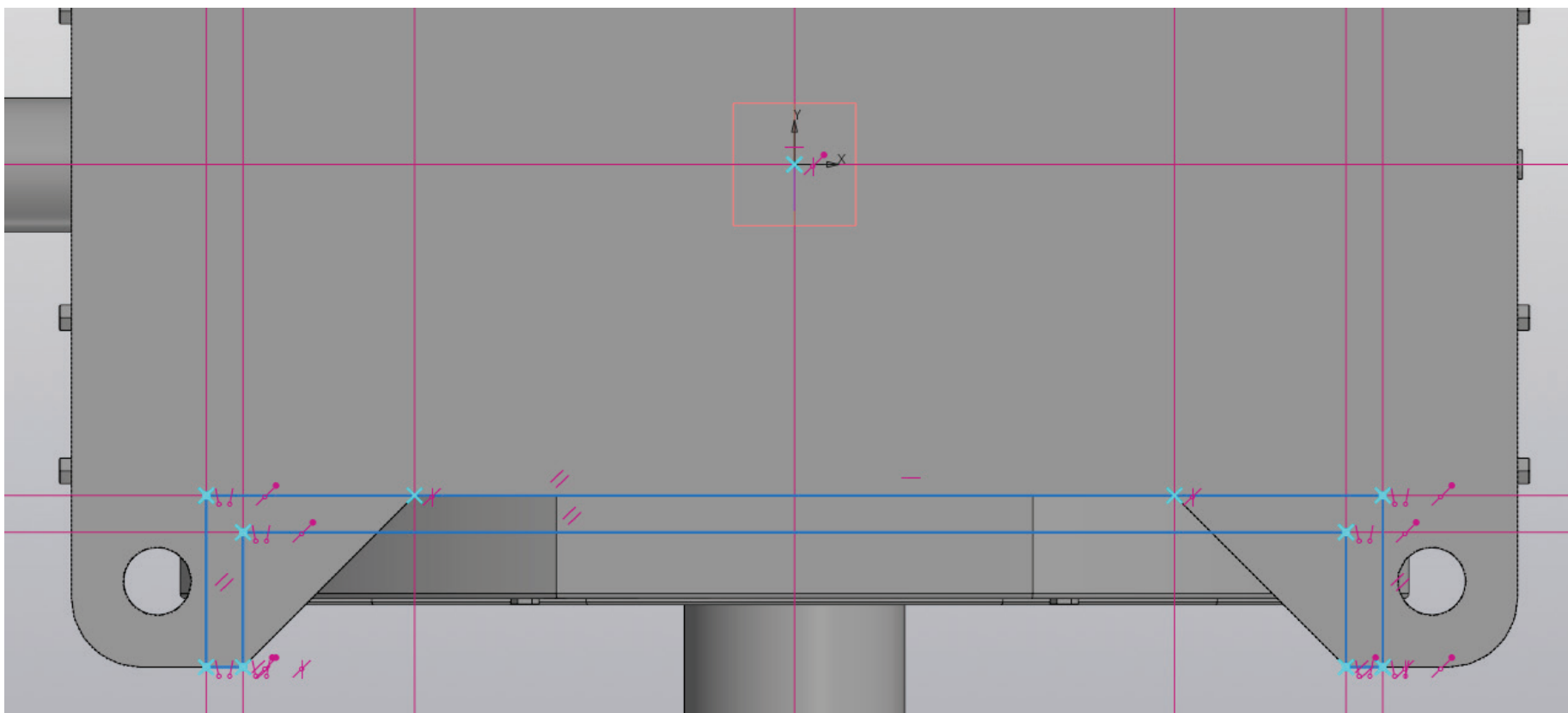


Рисунок 134 – Работа с эскизом, создание контура

Применяя функцию «Отрезок», необходимо выполнить построение контура, как на рисунке 134.

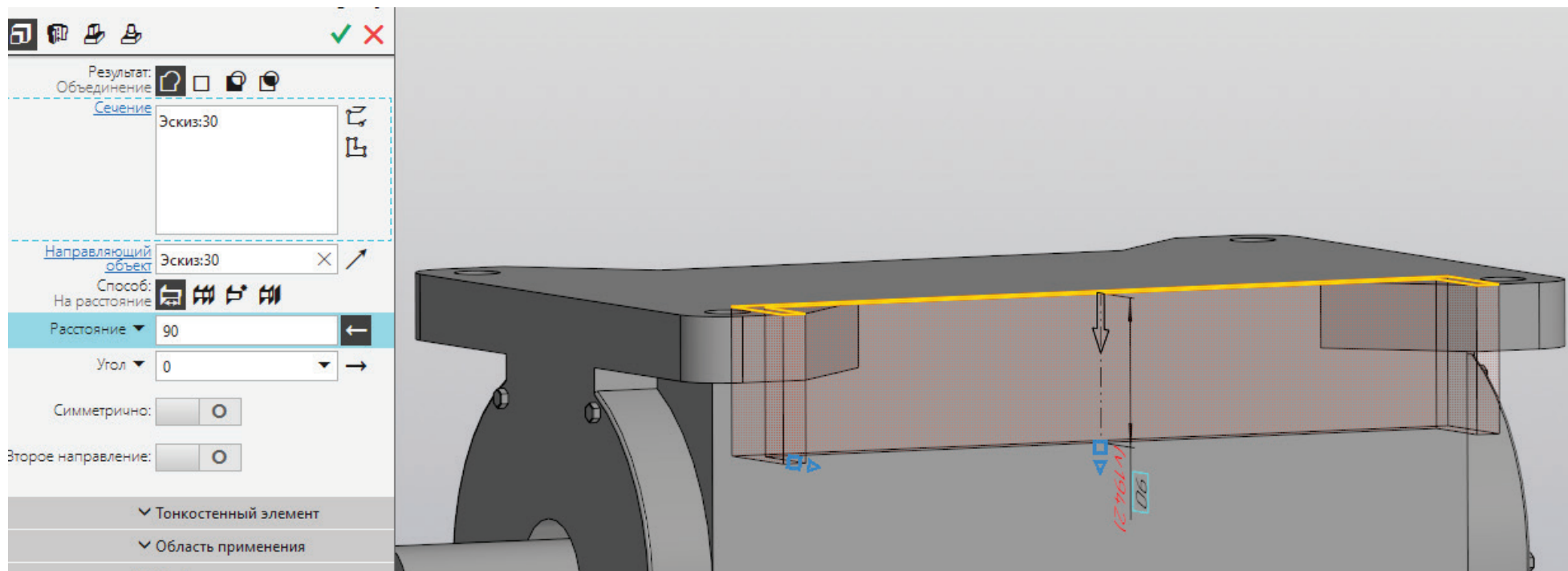


Рисунок 135 – Уменьшение геометрии объекта

К построенному эскизу применяется команда «Вырезать выдавливанием» на расстояние 90 (мм).

На вновь образованной боковой плоскости создается эскиз (рис. 136), на котором необходимо выполнить построение треугольника, предварительно отступив от края на расстояние 15 (мм) (рис. 137).

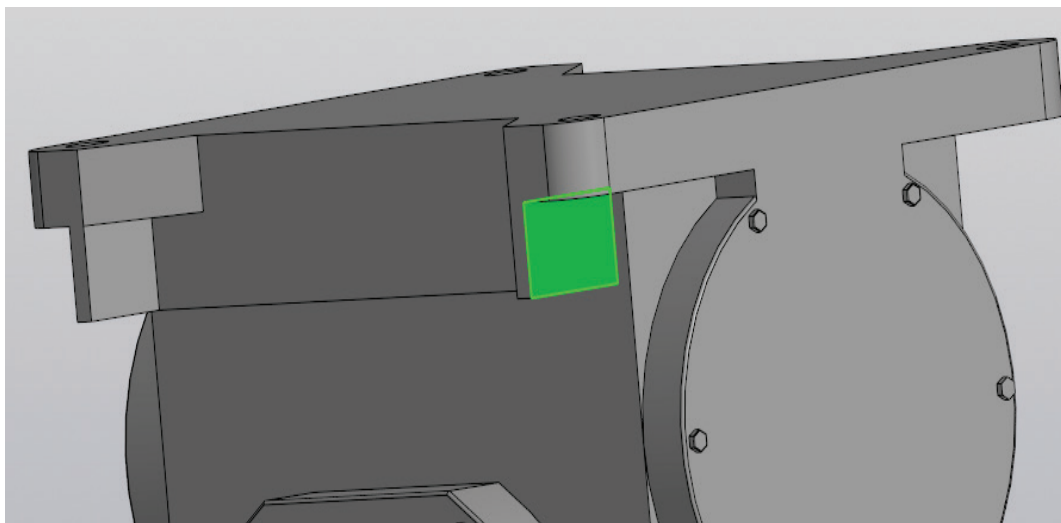


Рисунок 136 – Создание эскиза на плоскости

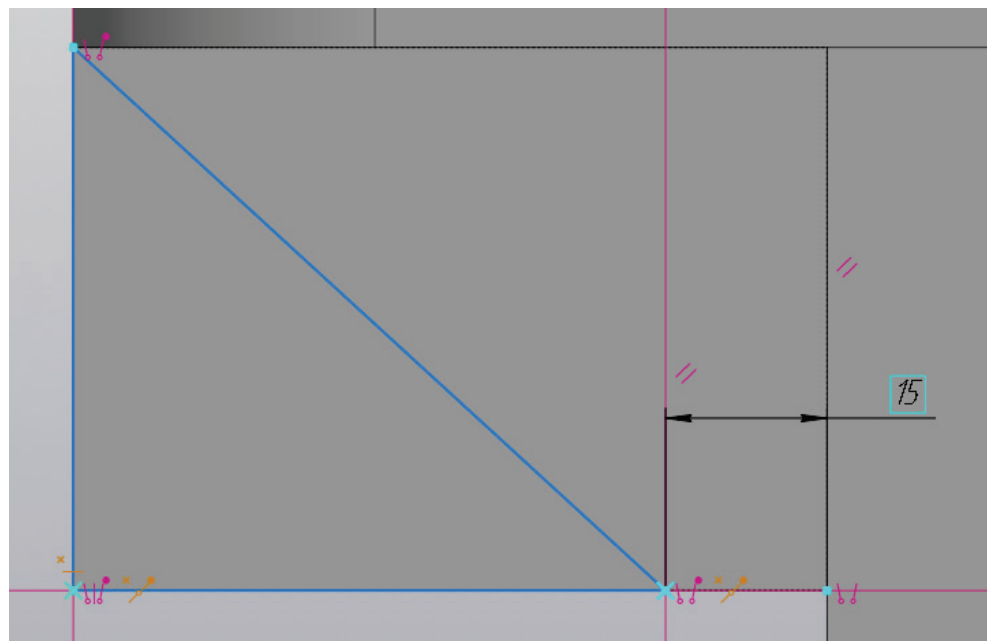


Рисунок 137 – Работа с эскизом, создание контура

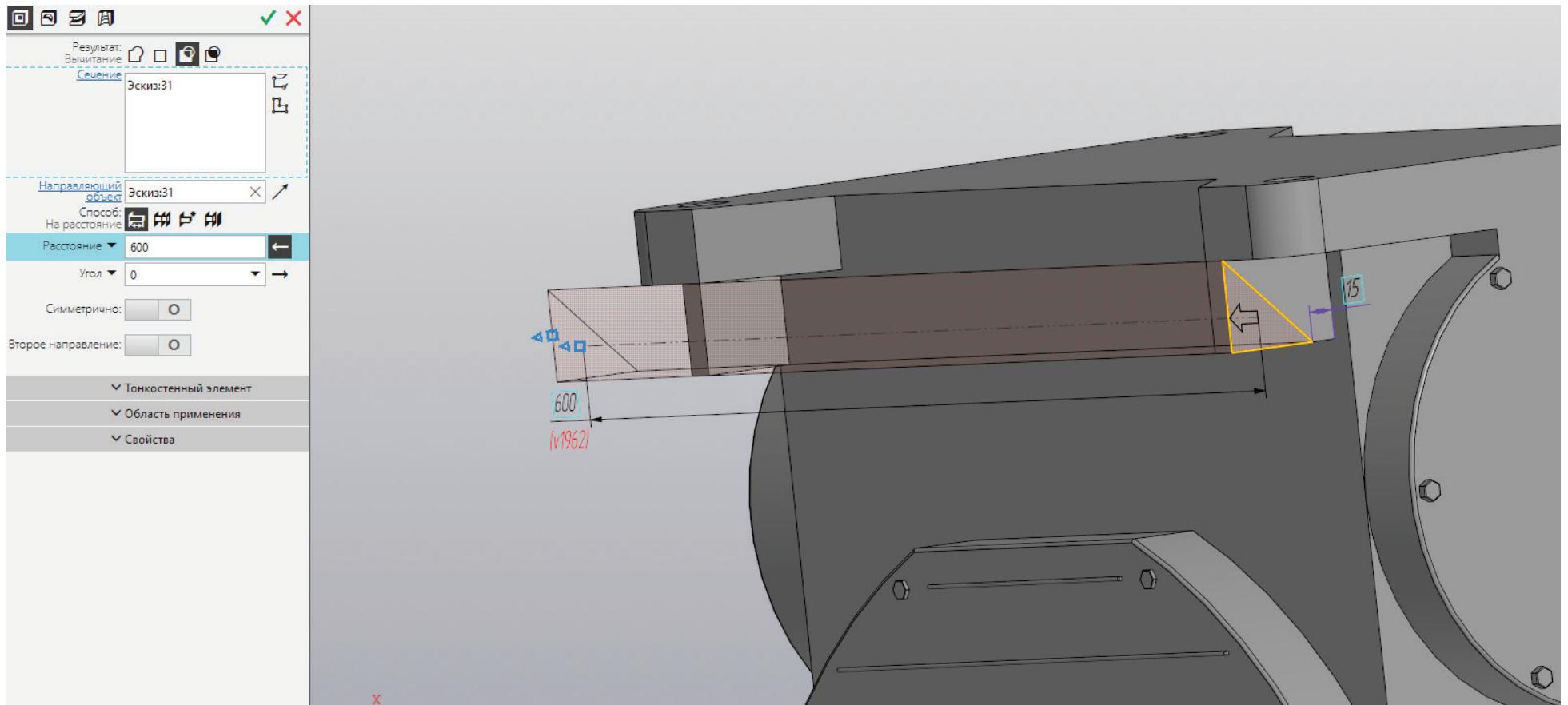


Рисунок 138 – Создание скосов

К полученному эскизу необходимо применить команду «Вырезать выдавливанием», операция выполняется до ближайшей поверхности таким образом, чтобы вырезать оба скоса.

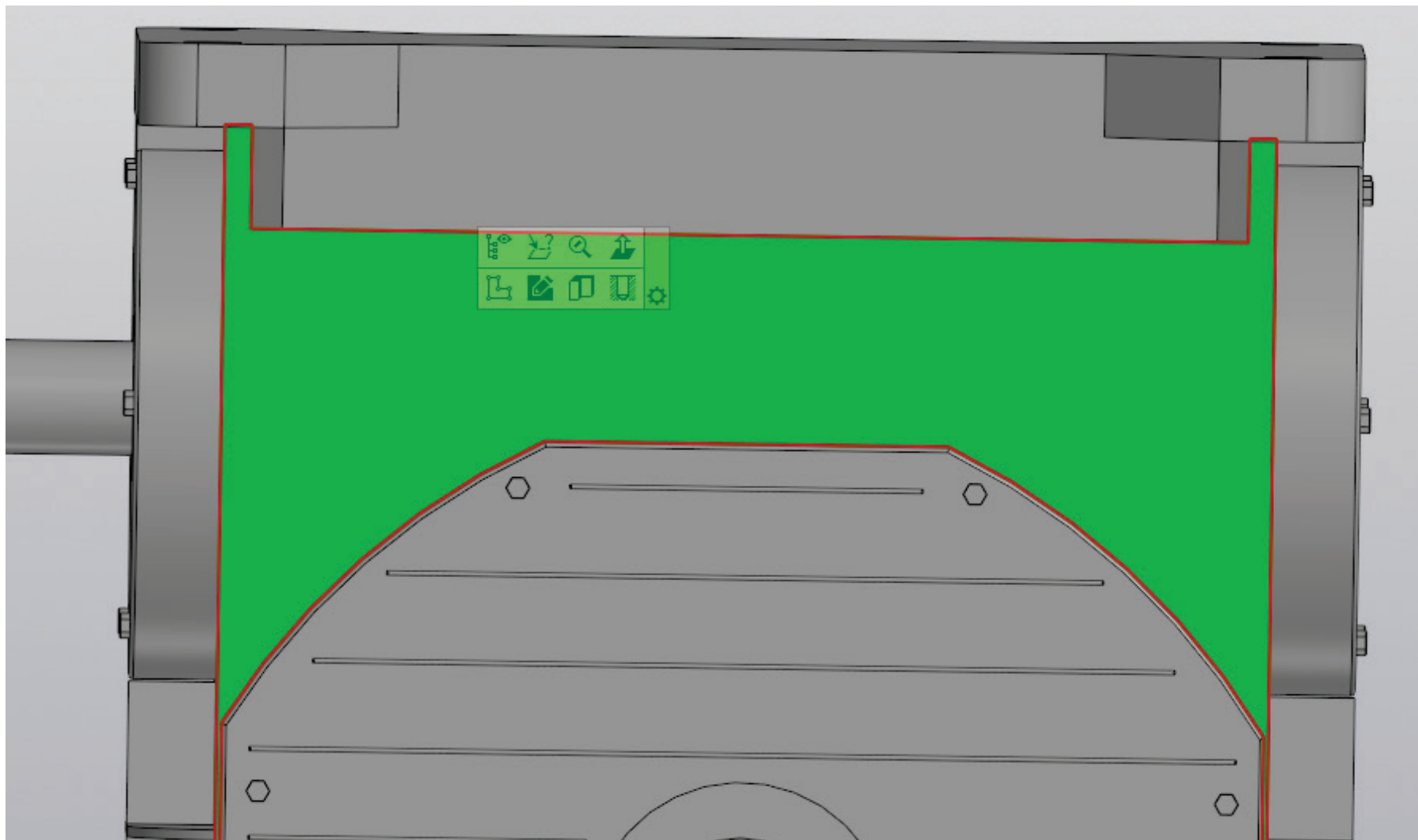


Рисунок 139 – Выбор плоскости создания эскиза

На указанной плоскости создается новый эскиз (рис. 139).

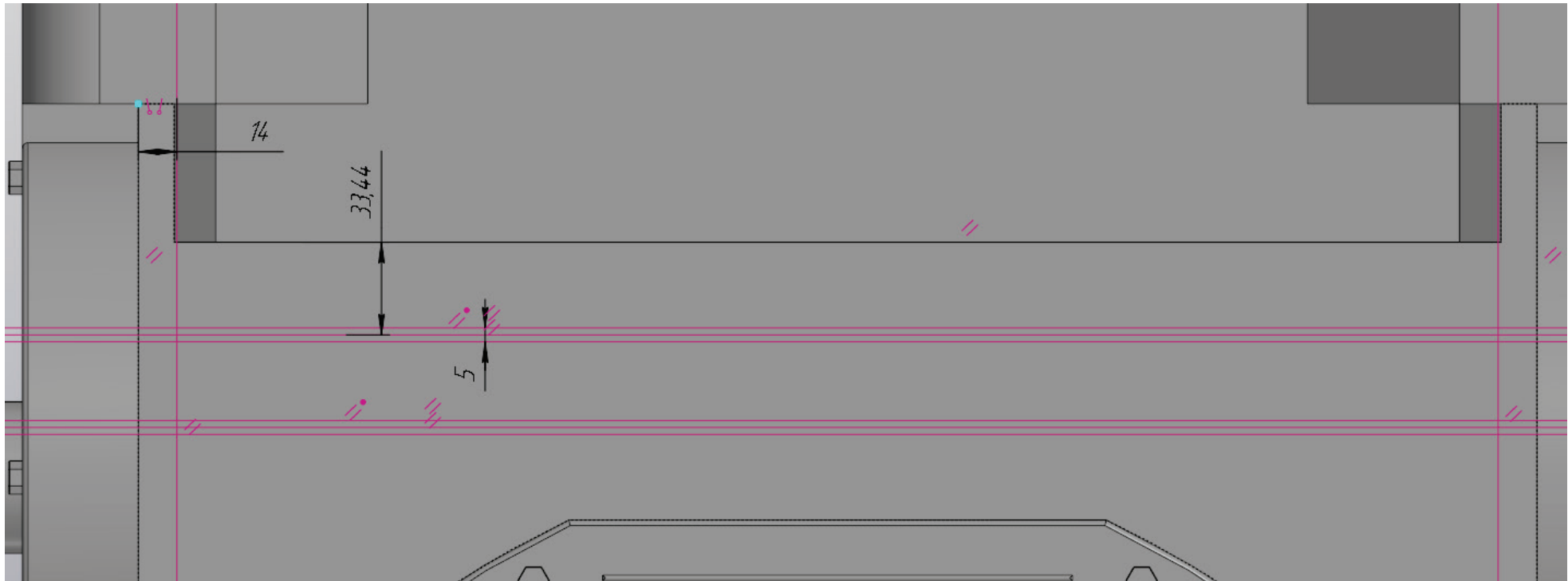


Рисунок 140 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

На выбранной плоскости выполняется построение вертикальных прямых на стыке смены плоскостей и горизонтальных прямых под ребра жесткости, толщина каждого составляет 5 (мм) (рис. 140). После чего обводится контур ребер жесткости и выполняется выдавливание на расстояние до крышки выходного вала редуктора (рис. 141).

На образованной плоскости ребра жесткости создается новый эскиз (рис. 142). На нем выполняется скругление, подобное тому, которое показано на рисунке 143. Затем к полученному эскизу применяется команда «Вырезать выдавливанием», чтобы скруглить оба ребра жесткости (рис. 144).

Выполнив построение ребер жесткости, необходимо тоже самое проделать с другой стороны редуктора, для этого можно воспользоваться зеркальным массивом относительно центральной плоскости (рис. 145).

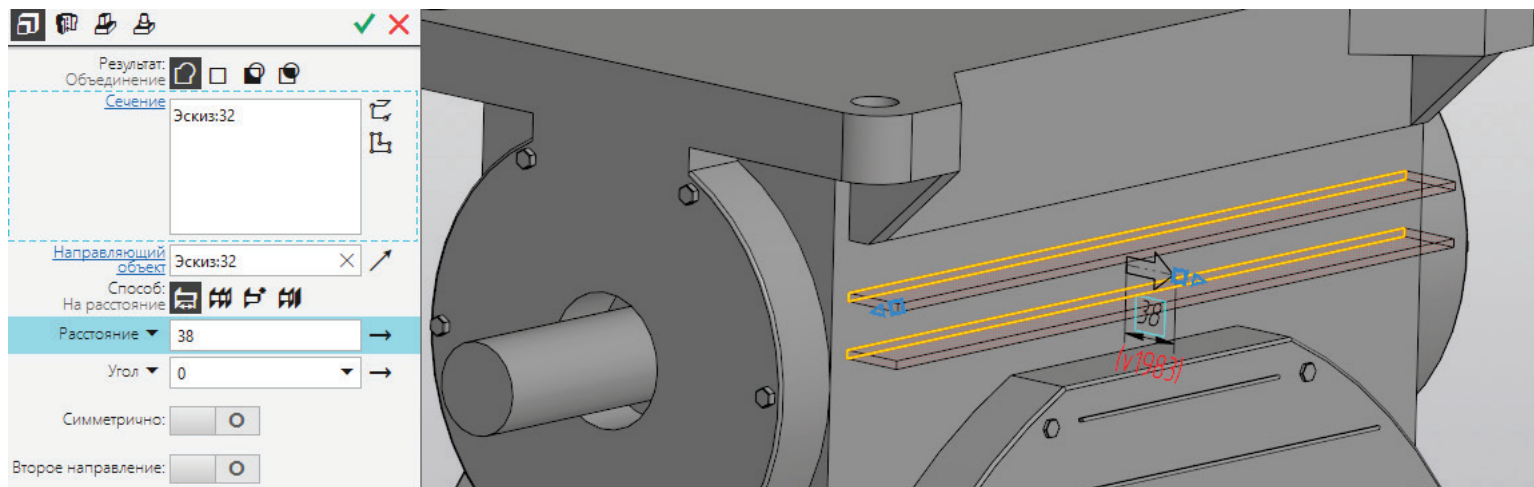


Рисунок 141 – Создание ребер жесткости

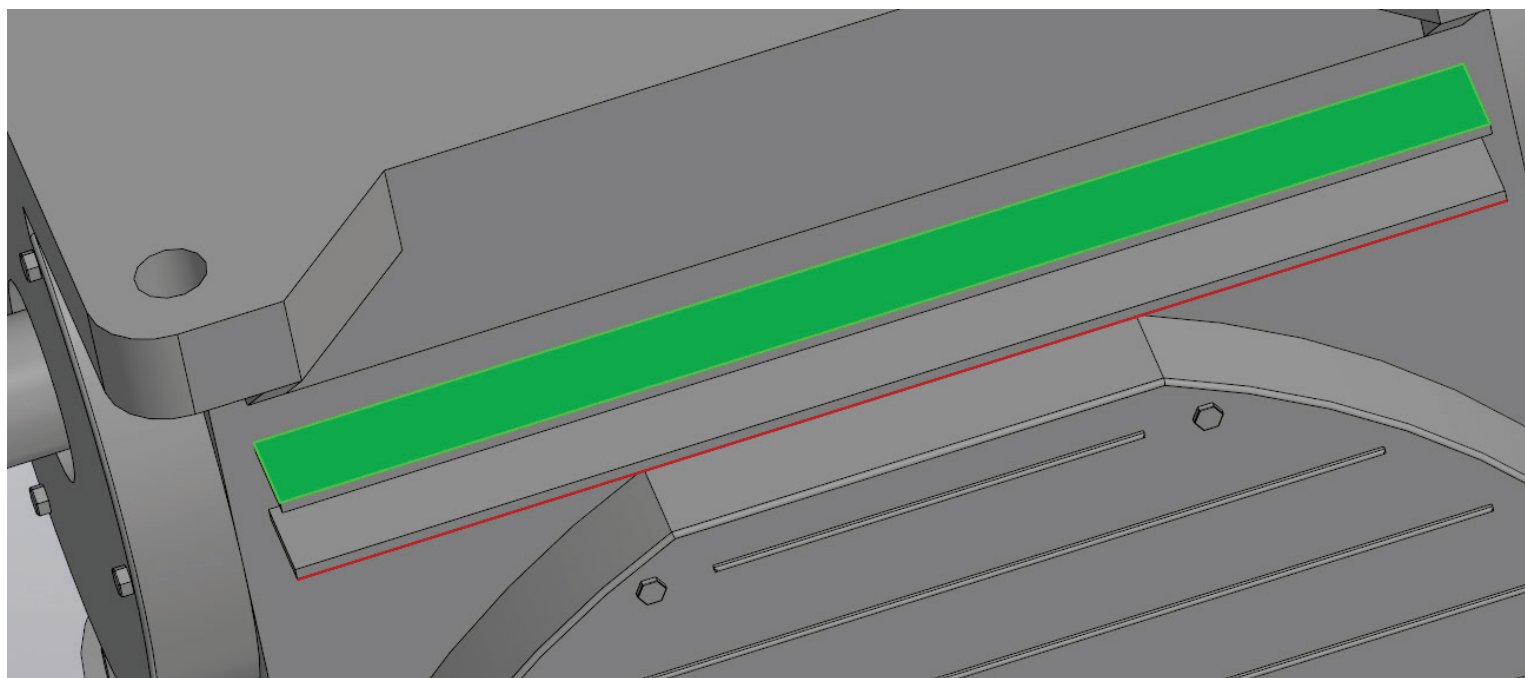


Рисунок 142 – Создание эскиза на плоскости



Рисунок 143 – Работа с эскизом, создание контура скругления

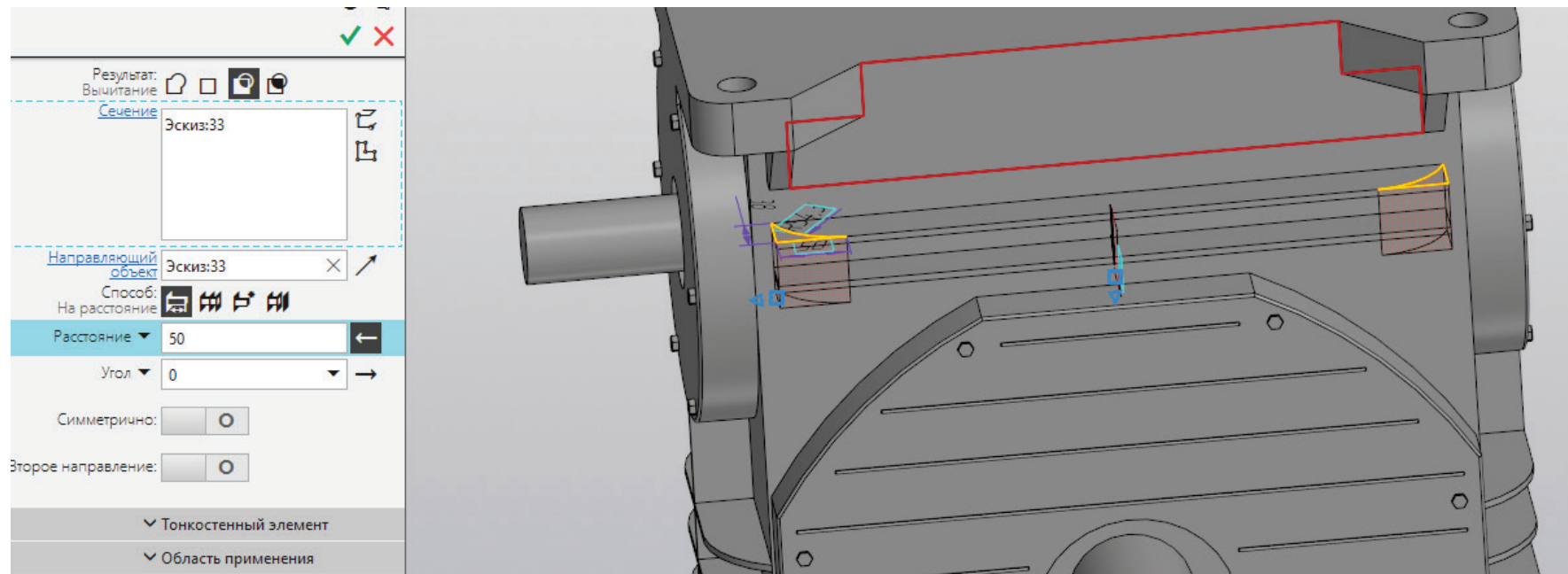


Рисунок 144 – Создание скруглений

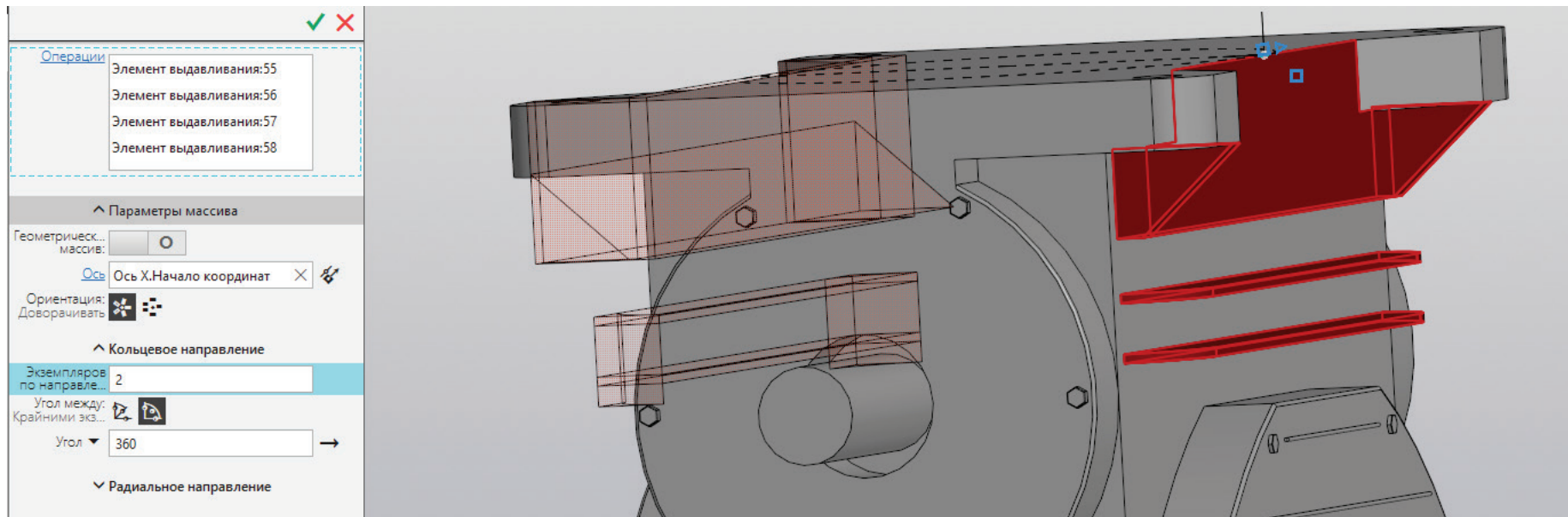


Рисунок 145 – Создание зеркального массива

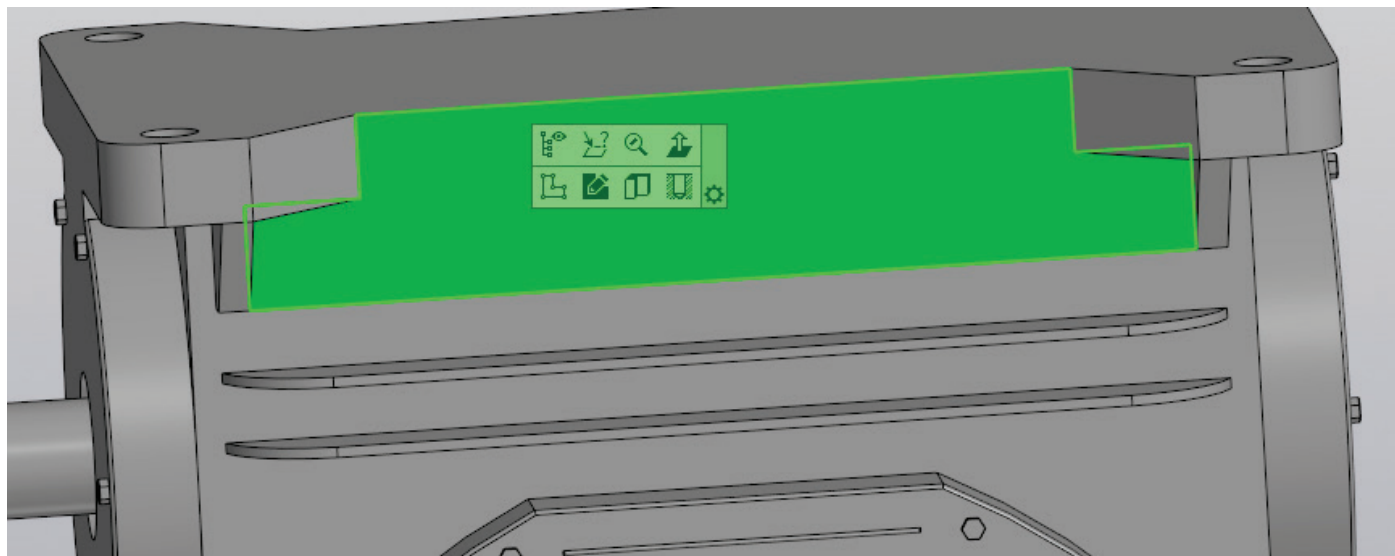


Рисунок 146 – Создание спускного клапана на выбранной плоскости

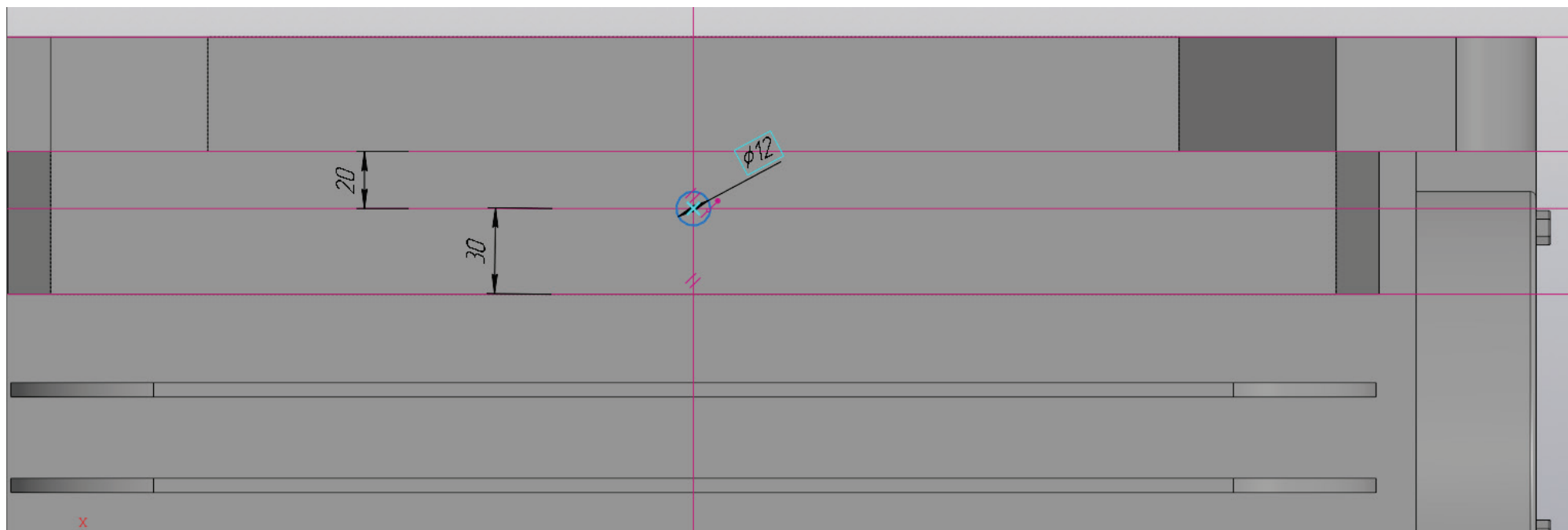


Рисунок 147 – Работа с эскизом, создание спускного клапана

Выбрав плоскость, как показано на рисунке 146, необходимо выполнить построение эскиза спускного клапана. Для этого предстоит построить вертикальную прямую по центру плоскости и горизонтальную прямую касательной к плоскости верхней части редуктора, от которой откладывается параллельная прямая. Расстояние от параллельной прямой до верхней части редуктора и до нижней части скоса выражается отношением 2 к 3. На пересечении вертикальной и горизонтальной прямых выполняется построение окружности диаметром 12 (мм) (рис. 147).

К полученному эскизу применяется операция выдавливания на расстояние 2 (мм). Затем на этой же плоскости создаются две окружности. Диаметр первой повторяет диаметр спускного клапана, а другой будет несколько больше. После чего к полученному эскизу применяется операция «Вырезать выдавливанием» на расстояние 0,5 (мм).

На образованной поверхности спускного клапана выполняется построение многоугольника с 5 гранями вписанного в окружность диаметром 5 (мм). Полученный эскиз вырезается на расстояние 4 (мм).

Проделанные две итерации полностью совпадают с созданием сливной пробки. Результат создания спускового клапана представлен на рисунке 149.

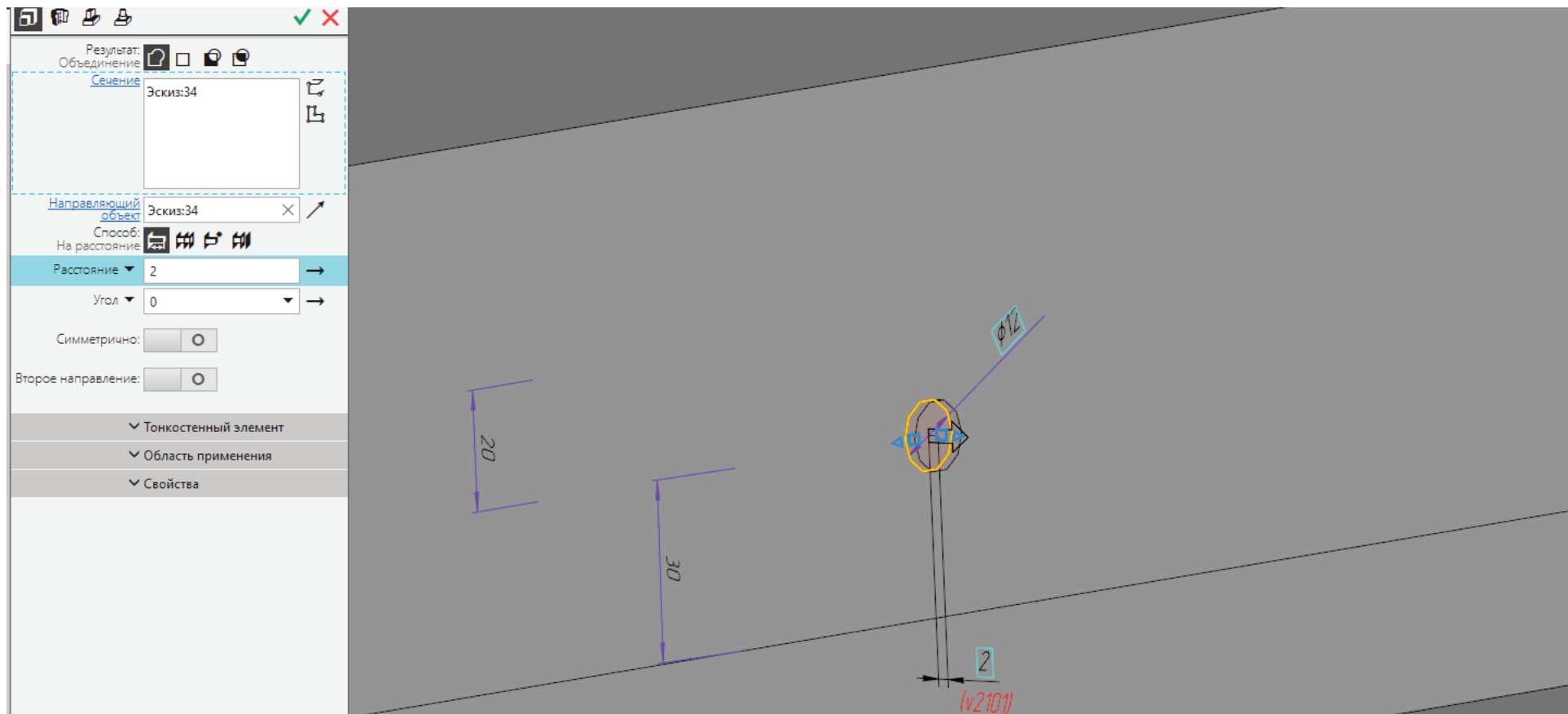


Рисунок 148 – Выдавливание эскиза



Рисунок 149 – Созданный спусковой клапан

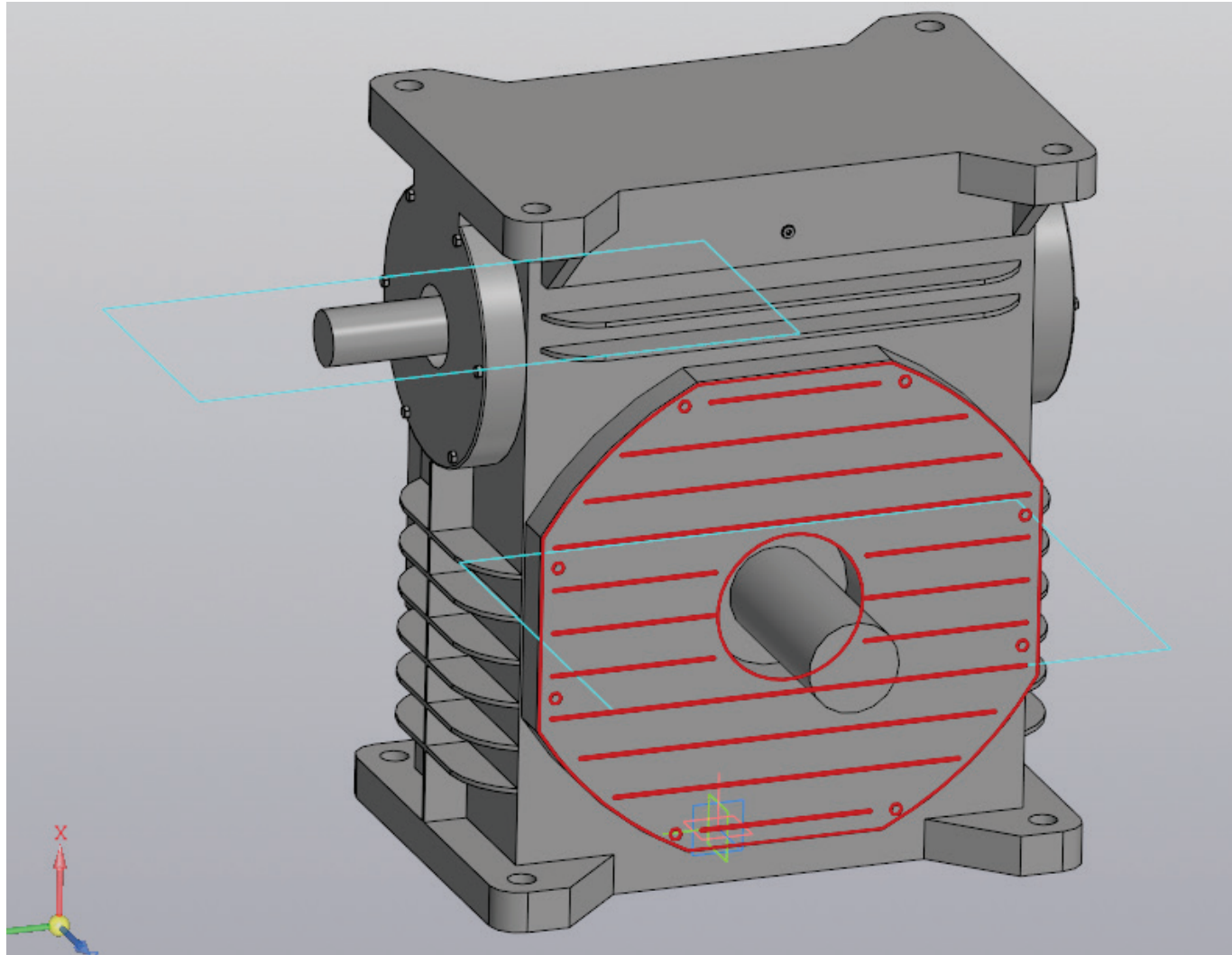


Рисунок 150 – Создание вспомогательных плоскостей

Финальным этапом создания червячного редуктора будет создание шпоночных канавок на волах редуктора. Для этого необходимо воспользоваться смещенными плоскостями относительно центральной плоскости. Первая плоскость строится на расстоянии $H-H_1$ (мм), а другая на расстоянии $H-(H_1-a_w)$ (мм).

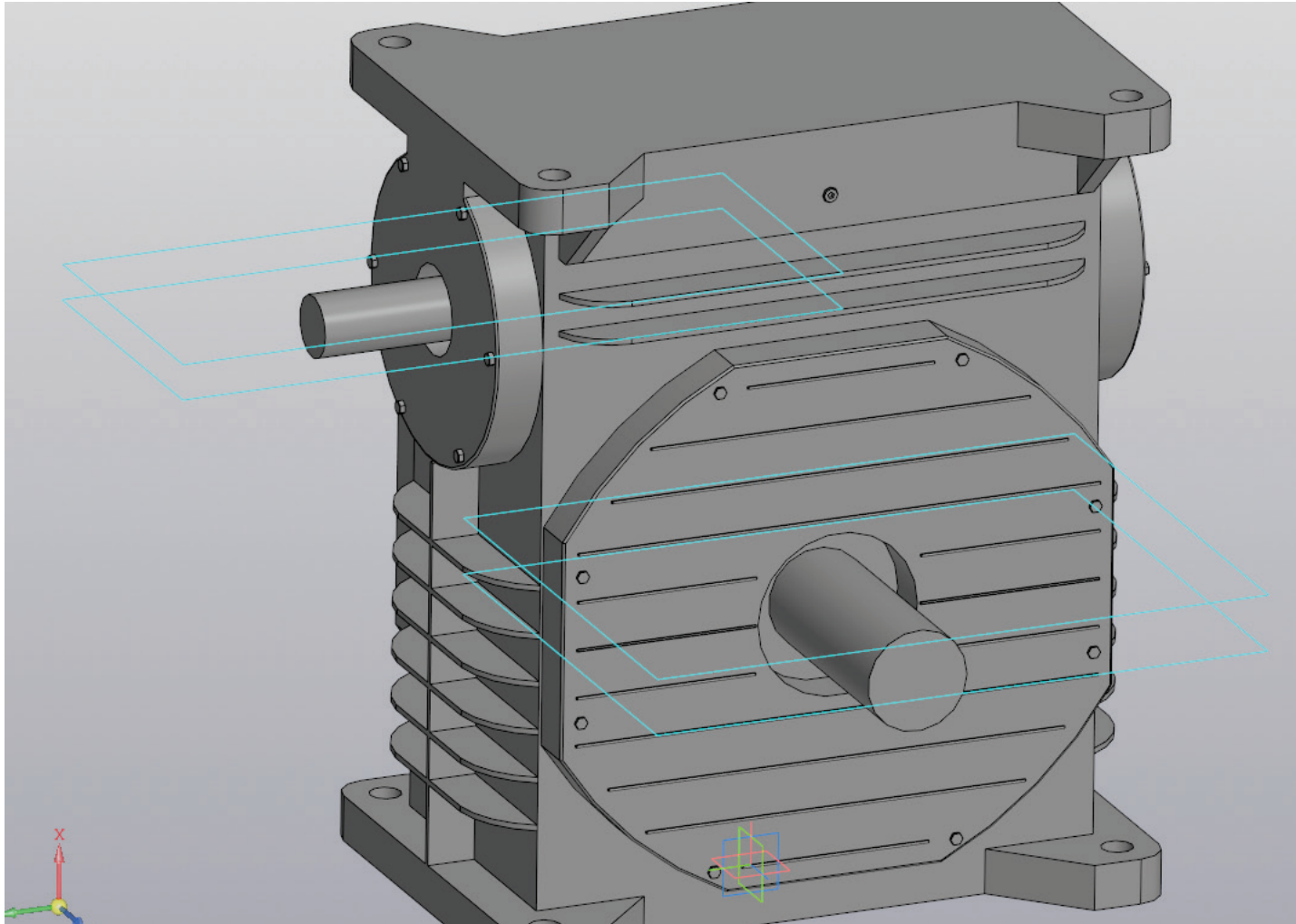
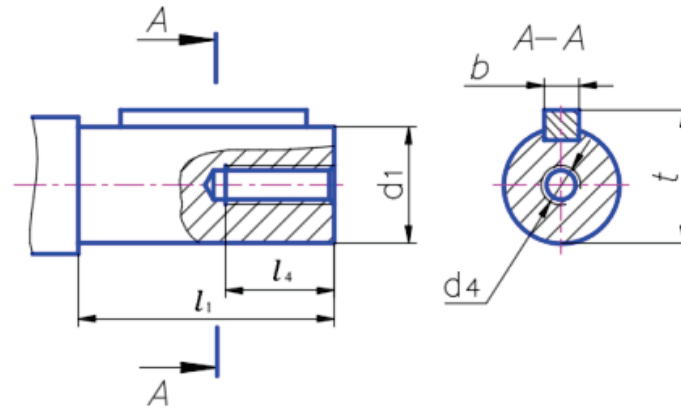


Рисунок 151 – Создание вспомогательных плоскостей

Создаются еще две вспомогательные плоскости. Для входного вала на расстоянии $t-d_{вх}/2$ от плоскости входного вала. А для выходного вала на расстоянии $t-d_{вых}/2$ от плоскости выходного вала редуктора. Значения переменных взяты из источников [1-2]. Для удобства таблица с размерами продублирована на рисунке 152.

ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ВАЛЫ ЧЕРВЯЧНЫХ
ОДНОСТУПЕНЧАТЫХ РЕДУКТОРОВ (ИСПОЛНЕНИЕ – Ц)



РАЗМЕРЫ КОНЦОВ ВАЛОВ

Типоразмер редуктора	Размер входного вала, мм						Размер выходного вала, мм					
	d ₁	d ₄	l ₁	l ₄	t	b	d ₁	d ₄	l ₁	l ₄	t	b
2Ч-80М	25	M8	42	20	28	8	35	M10	58	25	38	10
Ч-100М	32	M10	80	25	35	10	45	M16	110	35	48,5	14
Ч-125М	32	M10	80	25	35	10	55	M20	110	45	59	16
Ч-160М	40	M12	110	30	43	12	70	M24	140	50	74,5	20
Ч-200М	45	M16	110	35	48,5	14	80	M24	170	60	85	22
Ч-250М	55	M20	110	45	59	16	90	M24	170	60	95	25
Ч-320М	70	M24	140	50	74,5	20	120	M30	210	75	127	32
Ч-400М	90	M24	170	60	95	25	160	M36	300	85	169	40
Ч-500М	100	M30	210	75	106	28	180	M36	300	85	190	45

Рисунок 152 – Таблица размеров концов вала редукторов

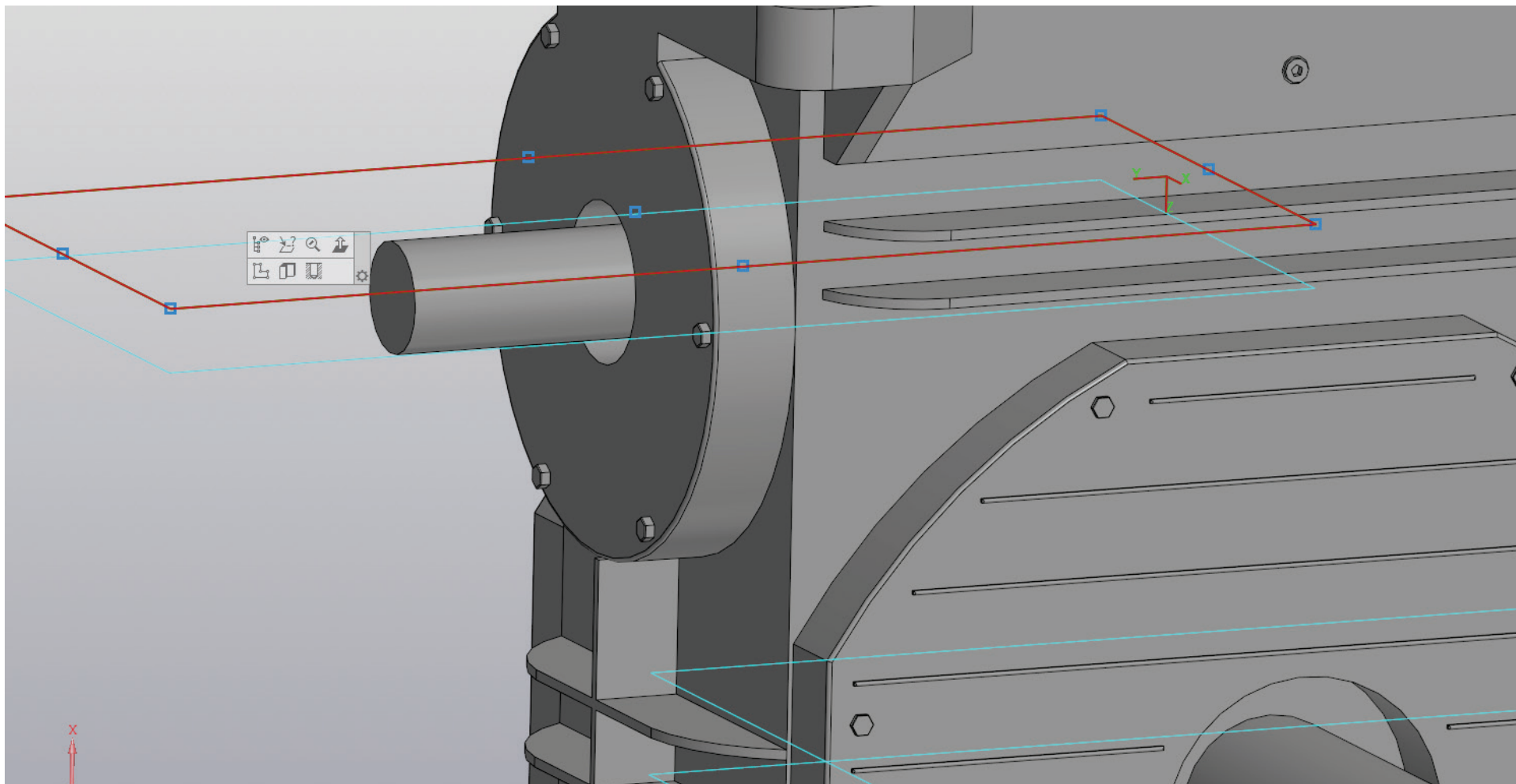


Рисунок 153 – Создание эскиза на вспомогательной плоскости

Выбрав вторую вспомогательную плоскость, относящуюся к входному валу редуктора, необходимо создать эскиз.

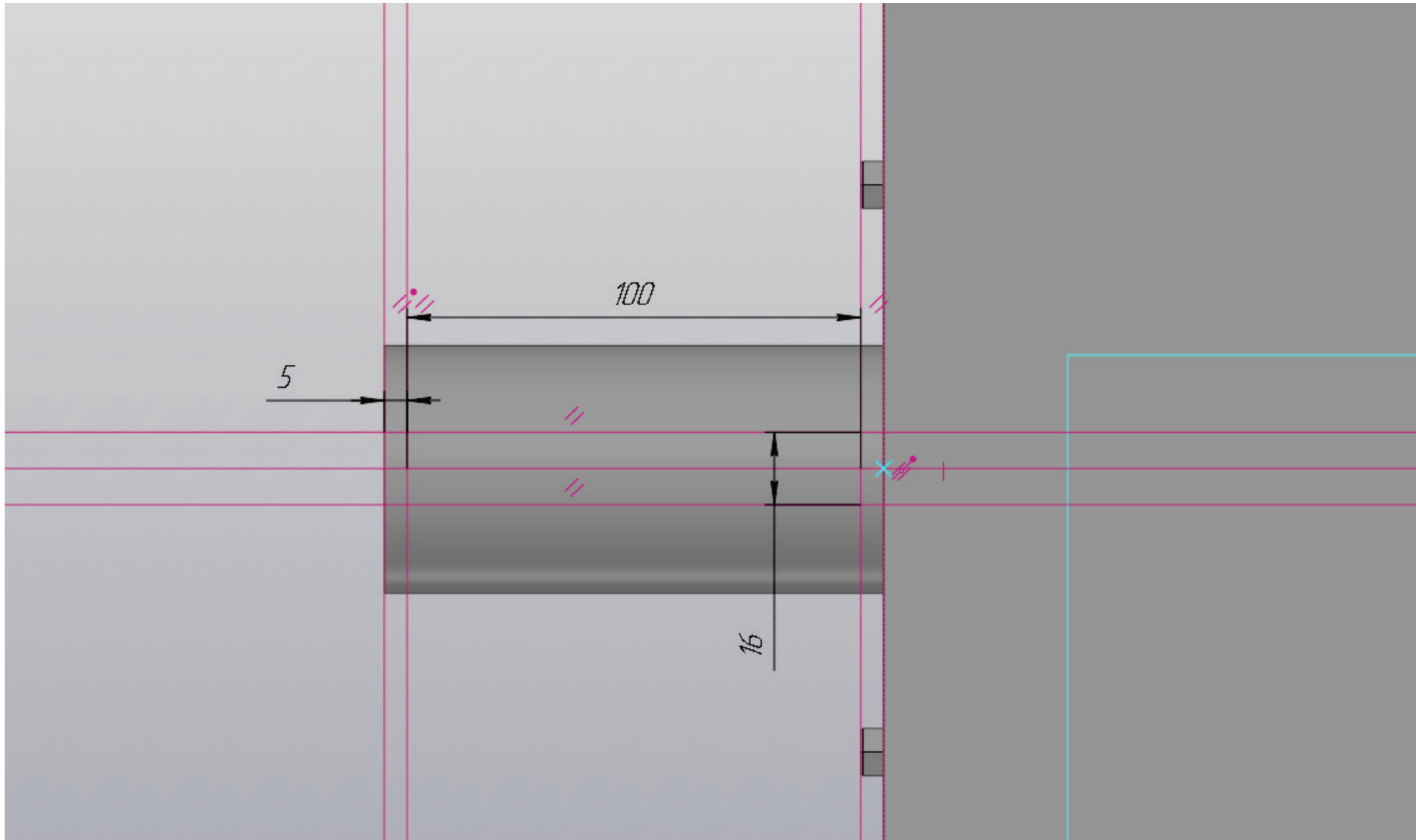


Рисунок 154 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

Отступив от крайних поверхностей по 5 (мм) от центральной прямой, нужно выполнить построение параллельных прямых, равных половине ширины шпонки, согласно типу червячного редуктора.

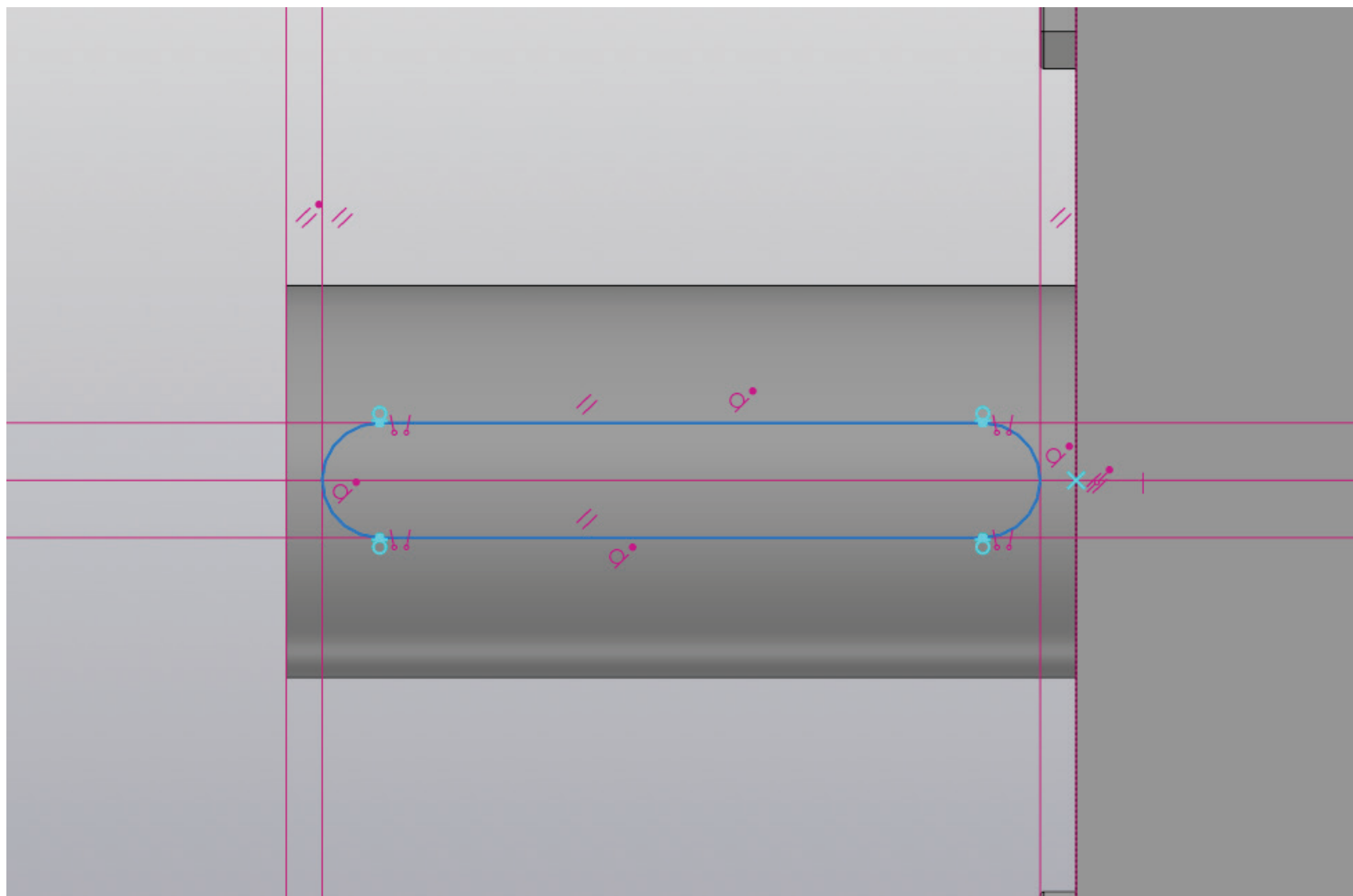


Рисунок 155 – Работа с эскизом, создание контура шпоночной канавки

Выполняется построение контура шпоночной канавки согласно ГОСТ 23360-78 (рис. 155).

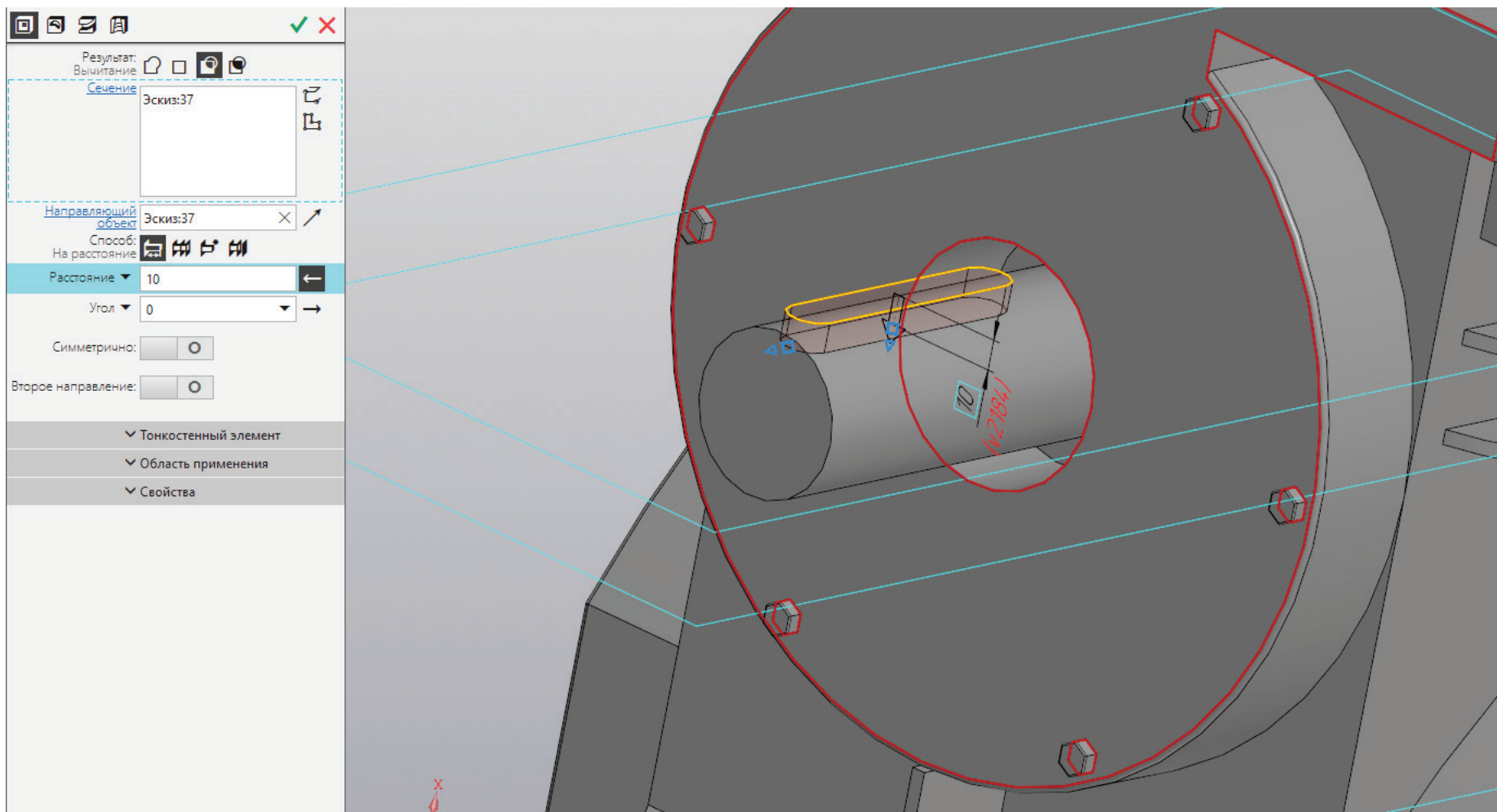


Рисунок 156 – Создание шпоночной канавки

Полученный эскиз необходимо выдавить на расстояние, равное высоте шпонки. Грани полученной шпоночной канавки впоследствии скругляются согласно ГОСТ 23360-78.

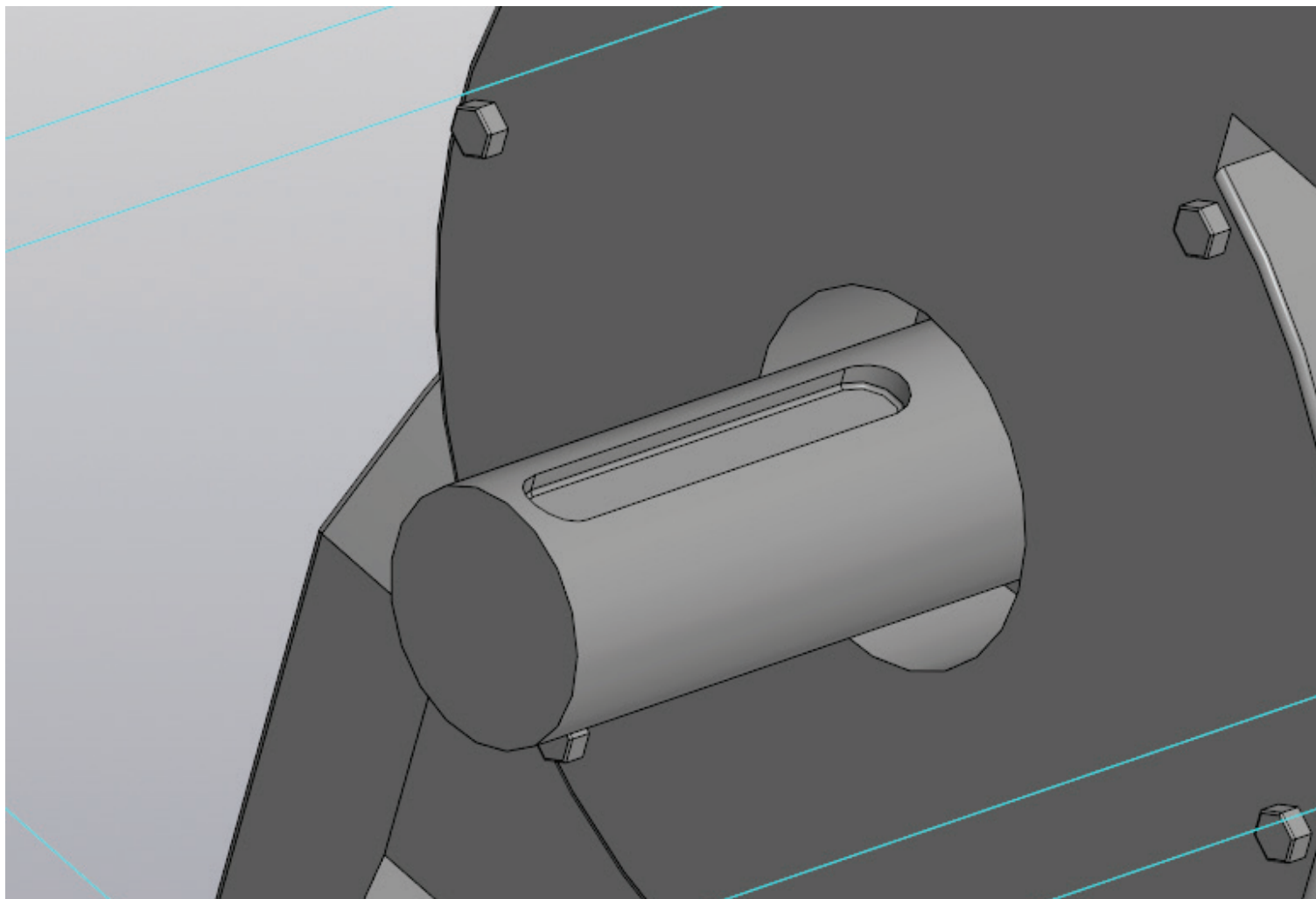


Рисунок 157 – Шпоночная канавка на входном валу редуктора

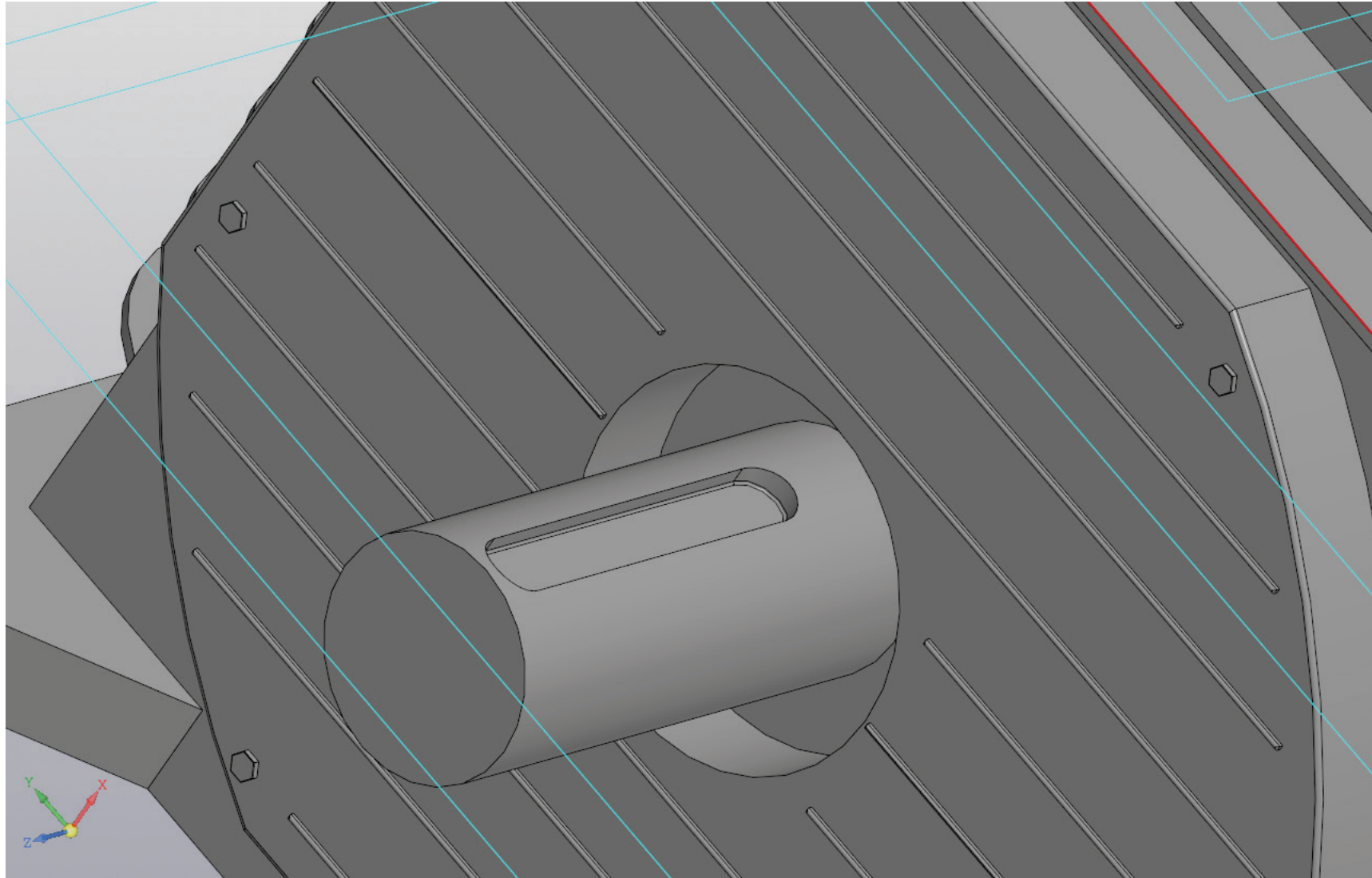


Рисунок 158 – Шпоночная канавка на выходном валу редуктора

Проделав те же итерации, что и для построения шпоночной канавки входного вала редуктора, необходимо выполнить построение шпоночной канавки выходного вала редуктора согласно значениям ГОСТ 23360-78.

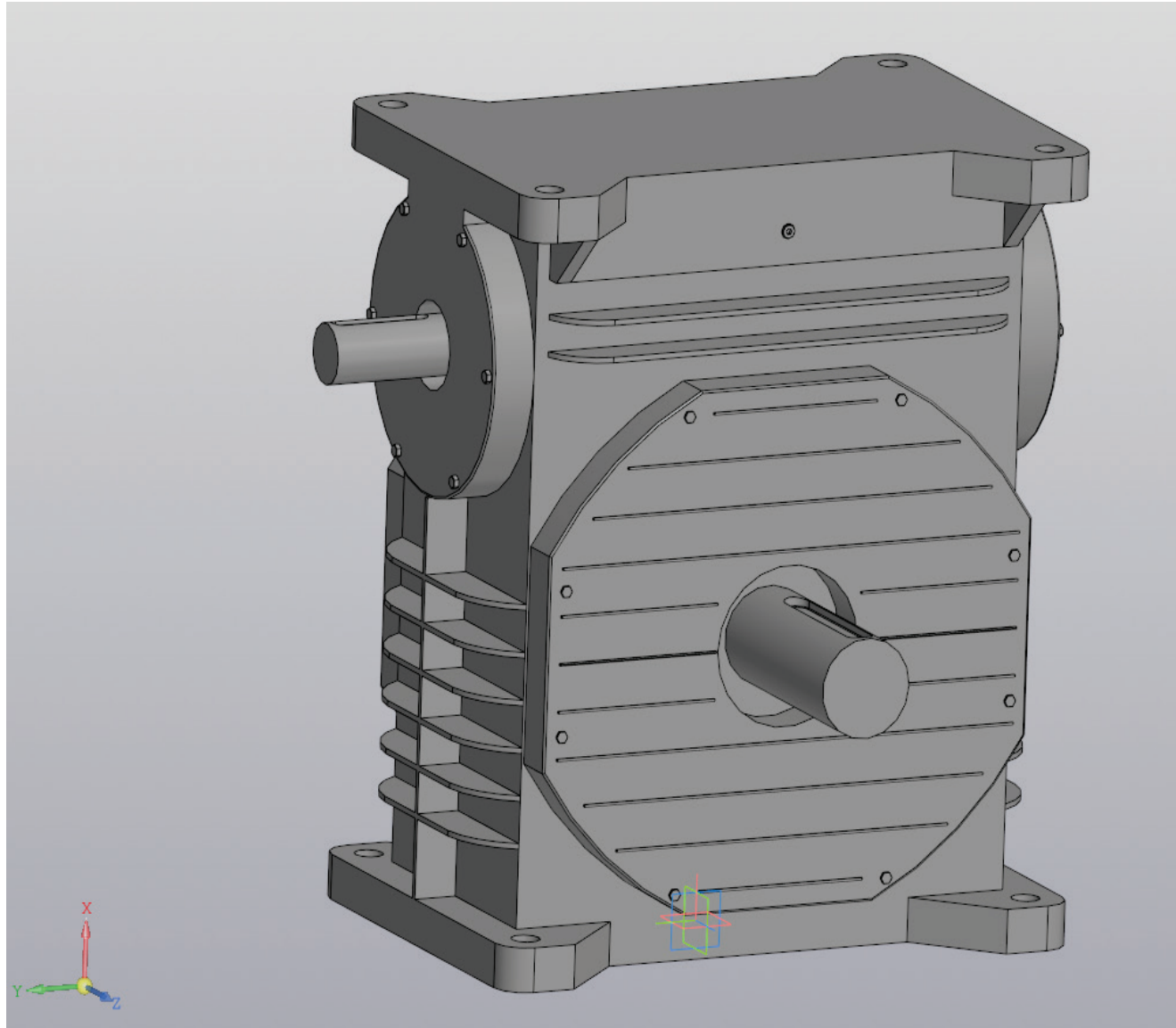


Рисунок 159 – Червячный редуктор

На рисунке 159 представлена законченная трехмерная модель червячного редуктора.

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 цилиндрический редуктор и червячный редуктор.

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 д / 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.