

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 1

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: двигателя, зубчатой открытой передачи, ременной открытой передачи, цепной открытой передачи.

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 08.11.2023 г. Рег. № 5261/23

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

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Конструирование двигателя	5
Конструирование зубчатого колеса	36
Альтернативное конструирование зубчатого колеса	57
Конструирование ременной передачи	68
Конструирование цепной передачи	106
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	144
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ	145

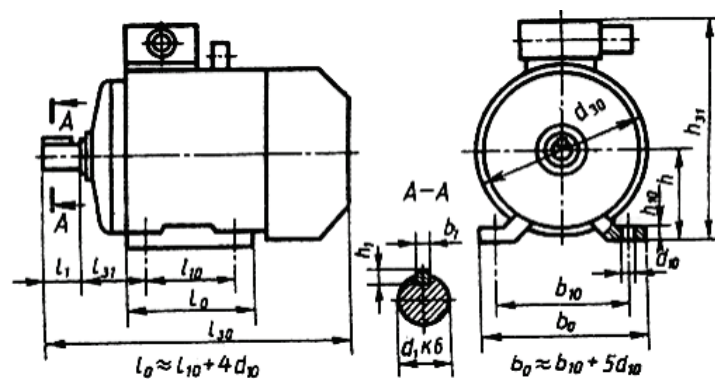
ВВЕДЕНИЕ

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 [1-7]. 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.

КОНСТРУИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ



Тип двигателя	Число полюсов	Размеры, мм												
		d ₁	l ₁	l ₃₀	b ₁	h ₁	d ₃₀	l ₁₀	l ₃₁	d ₁₀	b ₁₀	h	h ₁₀	h ₃₁
80A	2,4,6	22	50	297	6	6	190	100	50	10	125	80	10	205
80B				321										
90L		24	50	337	8	7	210	125	56	10	140	90	11	225
100S				360										
100L	2,4,6,	28	60	391	8	7	240	112	63	12	160	100	12	247
112M	8			435										
132S	4,6,8	38	80	460	10	8	288	140	70	12	190	112	13	285
132M	2,4,6,8			498										
160S	2	42	110	630	12	9	334	178	108	15	254	160	18	385
	4,6,8	48			14									
160M	2	42		660	12	8	375	210	121	15	279	180	20	448
	4,6,8	48			14									
180S	2	48		630	14	9	375	203	121	15	279	180	20	448
	4	55			16									
180M	2	48		680	14	9	375	241	121	15	279	180	20	448
	4,6,8	55			16									

Рисунок 1 – Основные размеры электродвигателей серии АИР [1]

На рисунке 1 схематично изображен двигатель серии АИР и размеры двигателя в зависимости от модели. Необходимо создать эскиз, предварительно выбрав любую плоскость в начале координат.

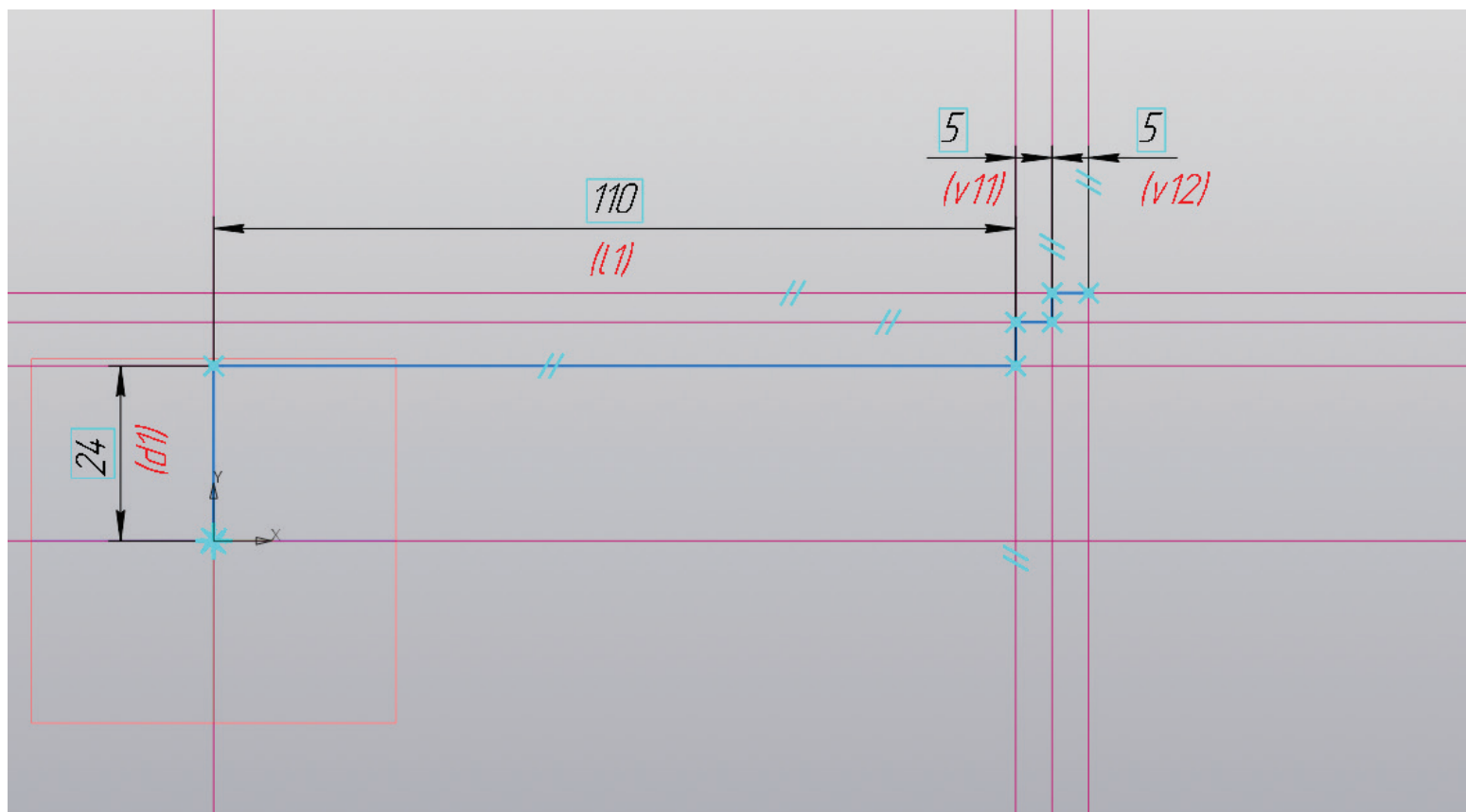


Рисунок 2 – Создание двигателя, работа с эскизом, шаг 1

Создаются 4 горизонтальных вспомогательных линии:

- 1) находится в начале координат;
- 2) $d1/2$ мм;
- 3) $(d1+(10...15))/2$ мм, чтобы получилось значение кратное 10;
- 4) $(d1+20)/2$ мм.

Создаются 4 вертикальных вспомогательных линии:

- 1) находится в начале координат;
- 2) 11 мм;
- 3) 11+5 мм;
- 4) 11+10 мм.

С применением функции «Ломаная» или «Отрезок» контур соединяется, как показано на рисунке 2.

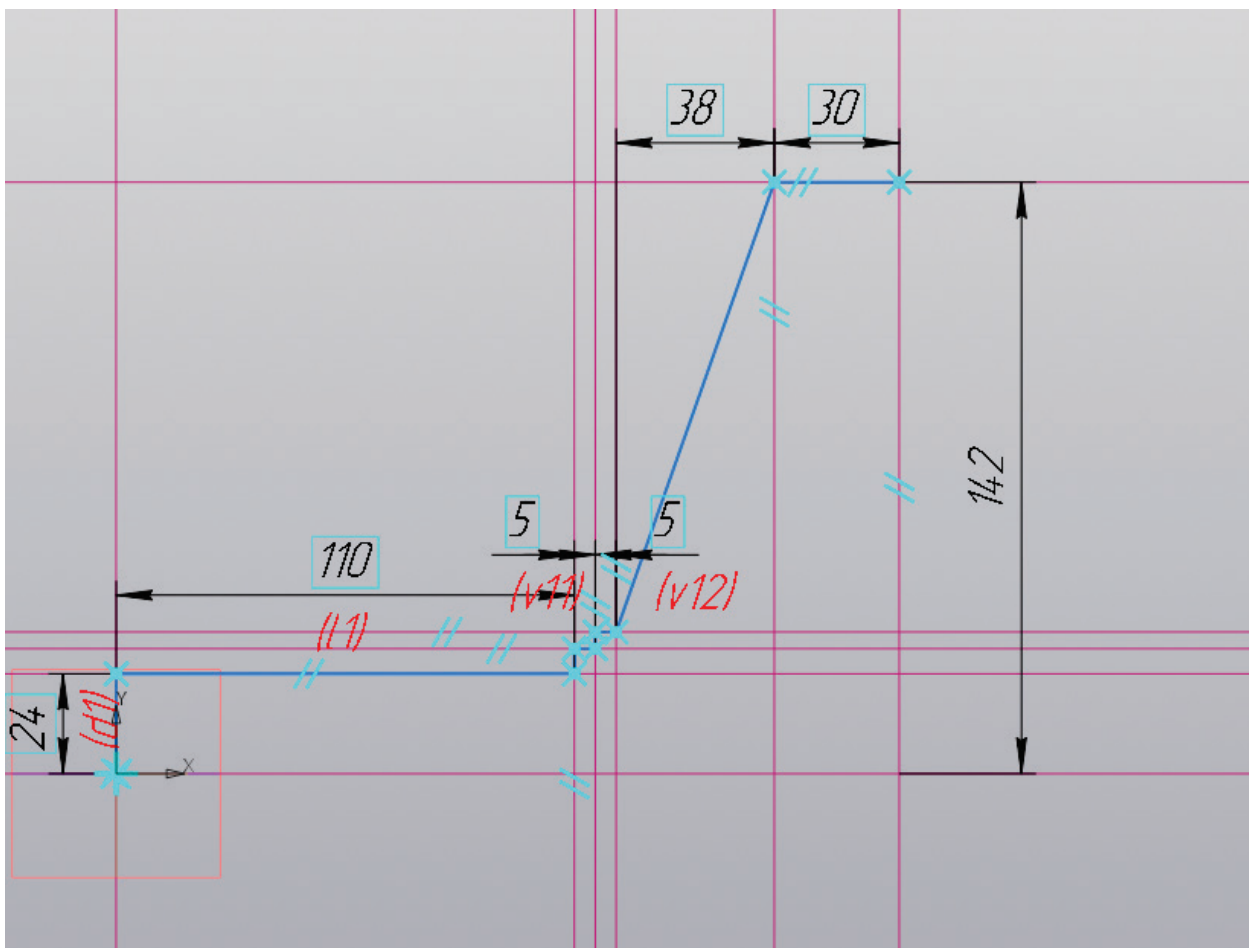


Рисунок 3 – Создание двигателя, работа с эскизом, шаг 2

Откладываем от последней вертикальной линии отрезок $(l_{31}-2*d_{10})$ мм и делим его на две части так, что первая часть будет чуть больше второй. Затем откладываем от начала координат горизонтальный отрезок на расстояние $(h-h_{10})$ мм. Производится построение, как показано на рисунке 3.

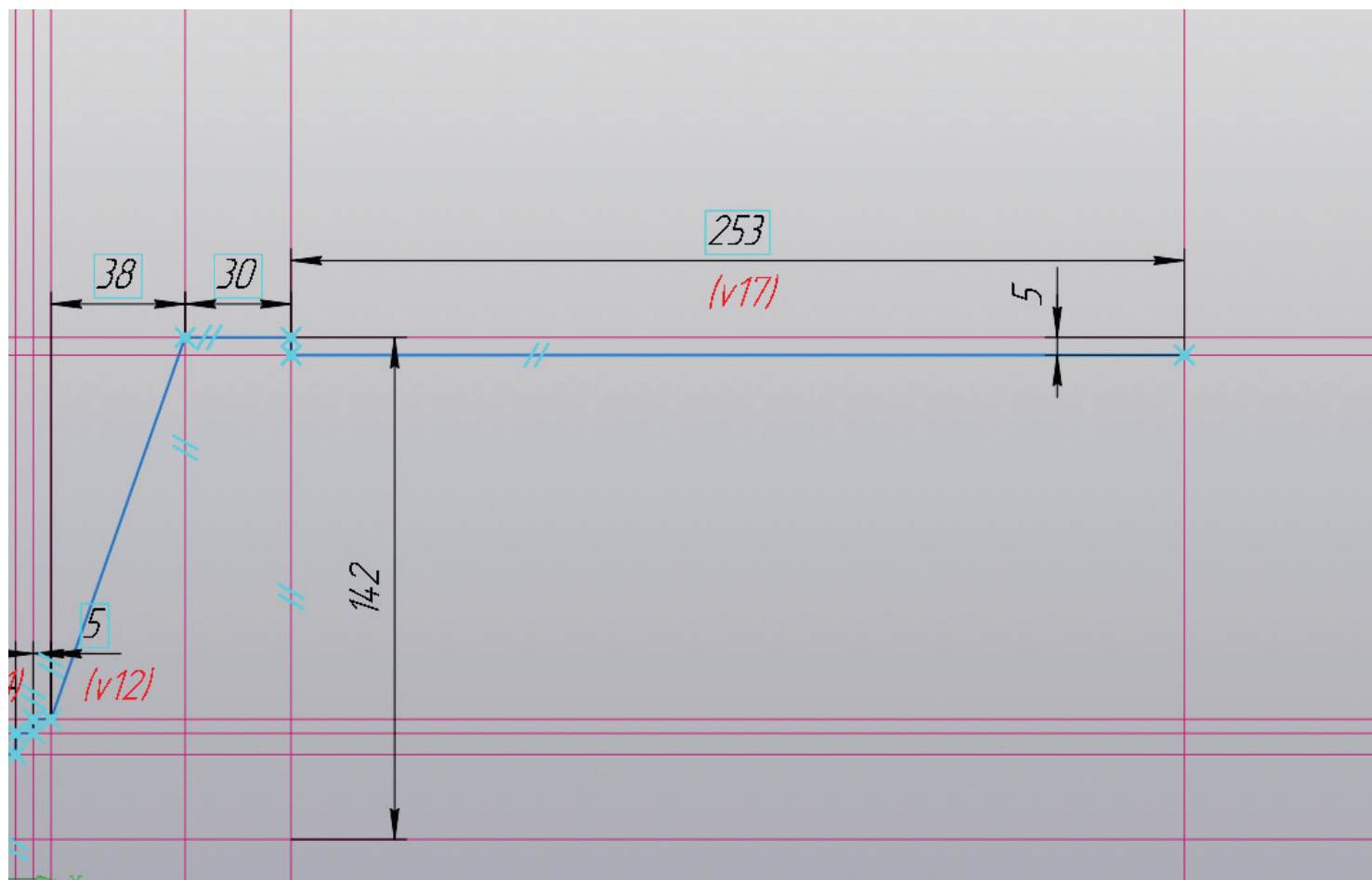


Рисунок 4 – Создание двигателя, работа с эскизом, шаг 3

Откладываем от последней вертикальной линии расстояние $(10+15)$ мм. От верхней горизонтальной линии откладываем вниз расстояние 5 мм. С использованием функции «Отрезок» соединяем точки пересечения (рис. 4).

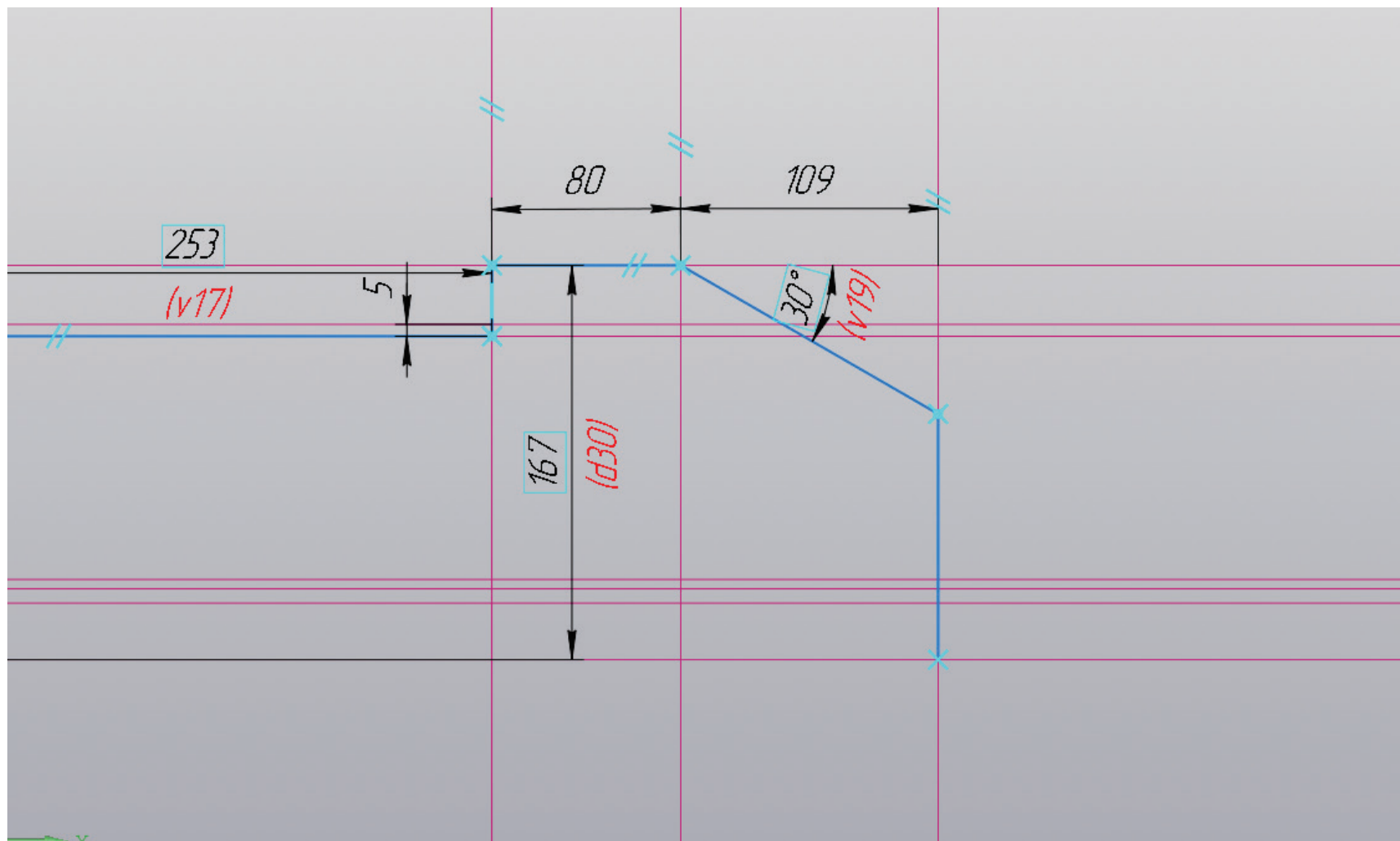


Рисунок 5 – Создание двигателя, работа с эскизом, шаг 4

Выполняется построение вертикальной прямой от начала координат на расстояние l_{30} (мм). Расстояние от l_{30} (мм) до последней вертикальной линии делится на два участка так, чтобы первый был примерно 70% от длины второго. Выполняется построение от начала координат расстояние $d_{30}/2$ мм. Точки соединяются так, чтобы второй отрезок был под углом 30 градусов (рис. 5).

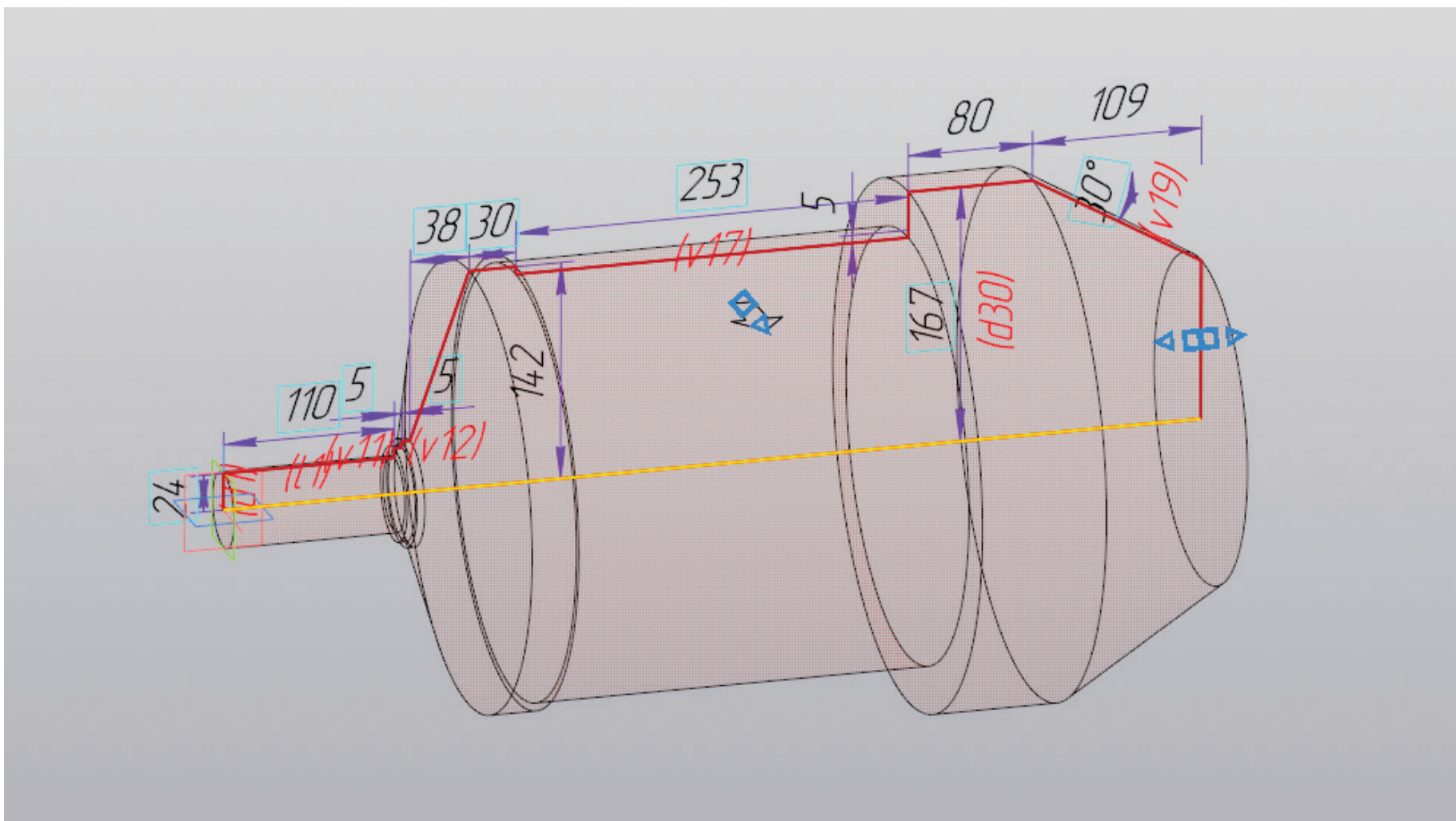


Рисунок 6 – Создание трехмерной модели основной части двигателя

После выполнения построения горизонтальной осевой линии из начала координат раскрывается «Элемент выдавливания» на панели инструментов и из предложенного списка выбирается команда «Элемент вращения».

Создаем вспомогательную плоскость от начала координат на расстояние $(l_1 + l_{31} - 2 \cdot d_{10})$ мм для того, чтобы сделать основу двигателя. Создаем эскиз в полученной плоскости (рис. 7).

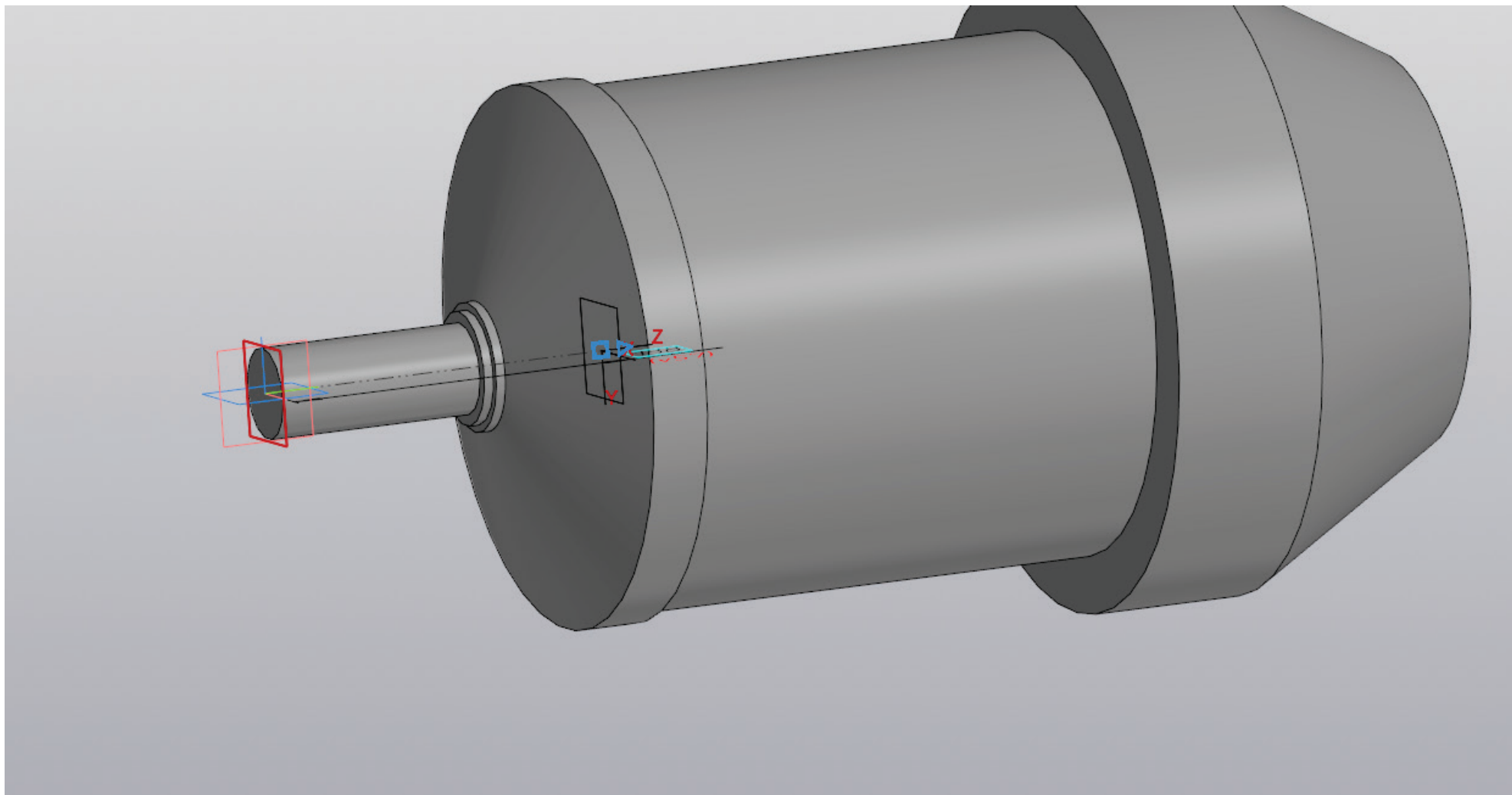


Рисунок 7 – Создание вспомогательной плоскости

Выполняется построение вспомогательных линий таким образом, чтобы расстояние от начала координат до горизонтальной линии составляло h . От полученной прямой необходимо построить вспомогательную прямую вверх на расстоянии h_{10} , как показано на рисунке 8.

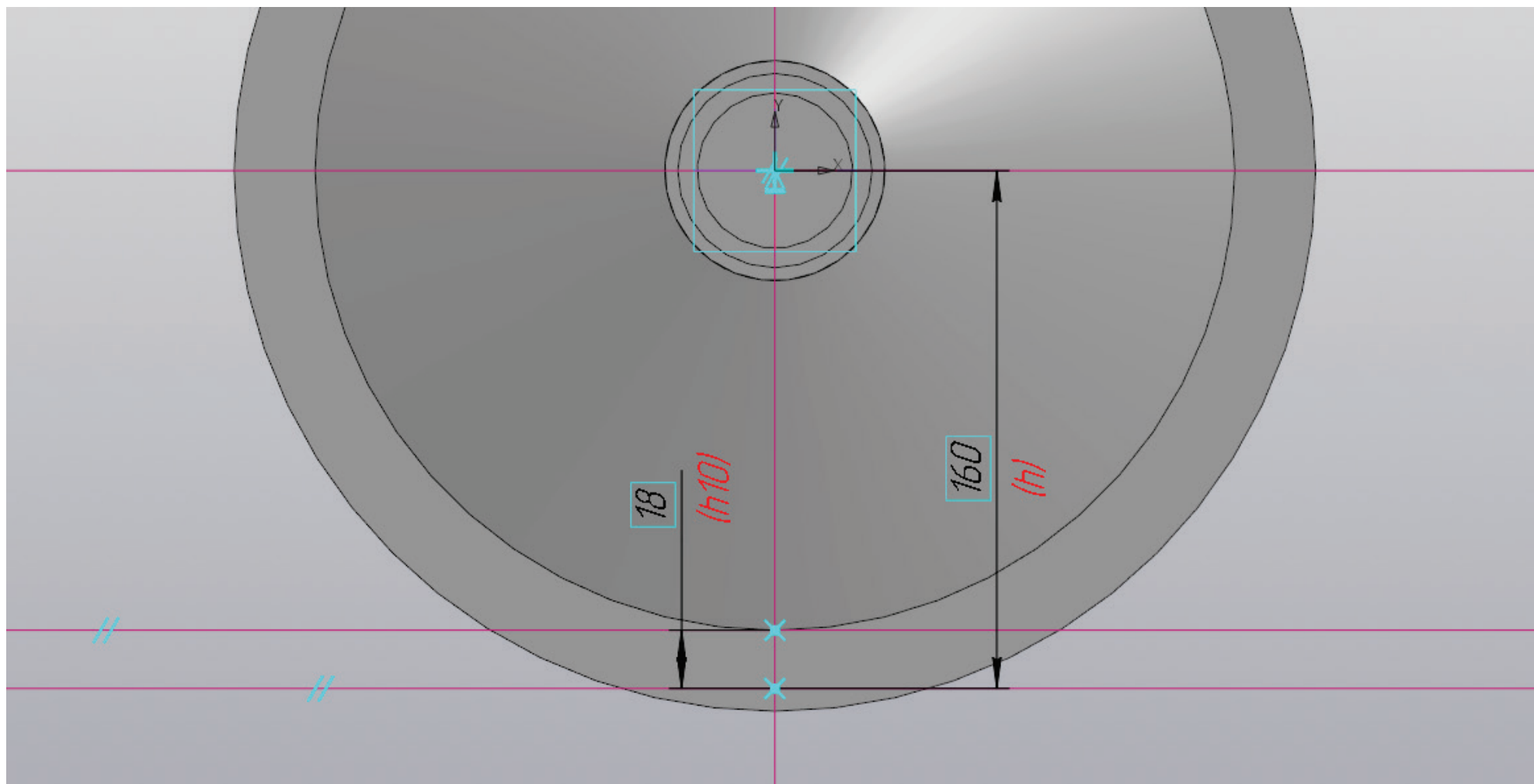


Рисунок 8 – Создание ножек двигателя, работа с эскизом, шаг 1

От начала координат откладываются две вертикальные прямые на расстояние $b_0/2$ мм и $(b_{10}-5*d_{10})/2$ мм. От ближней вертикальной прямой к началу координат откладываем еще одну вертикальную прямую на расстояние от 5 до 10 мм., как показано на рисунке 9.

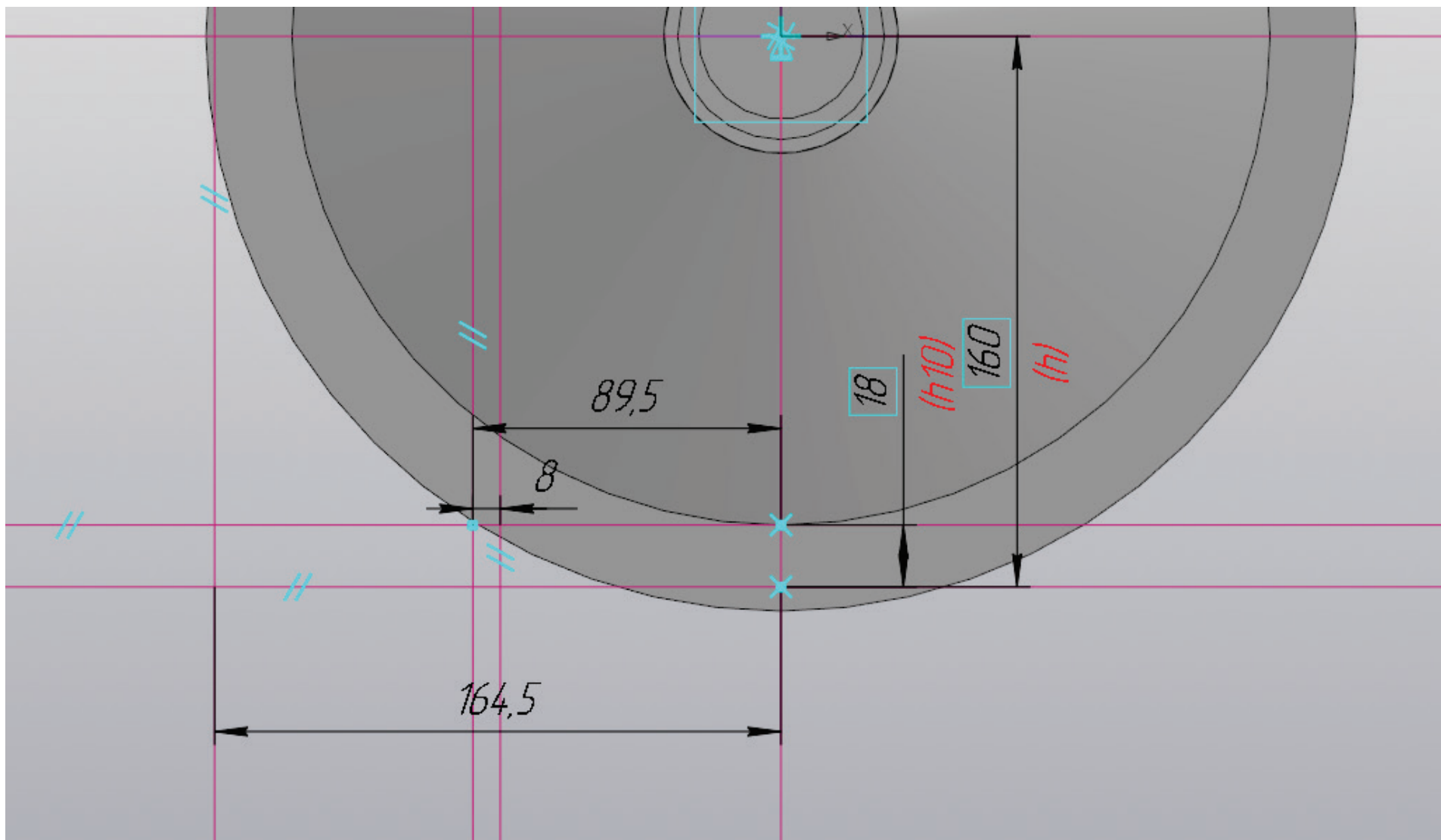


Рисунок 9 – Создание ножек двигателя, работа с эскизом, шаг 2

Создаются две вспомогательные прямые под углом 45 градусов от центральной оси и соединяются точки пересечения, как показано на рисунке 10.

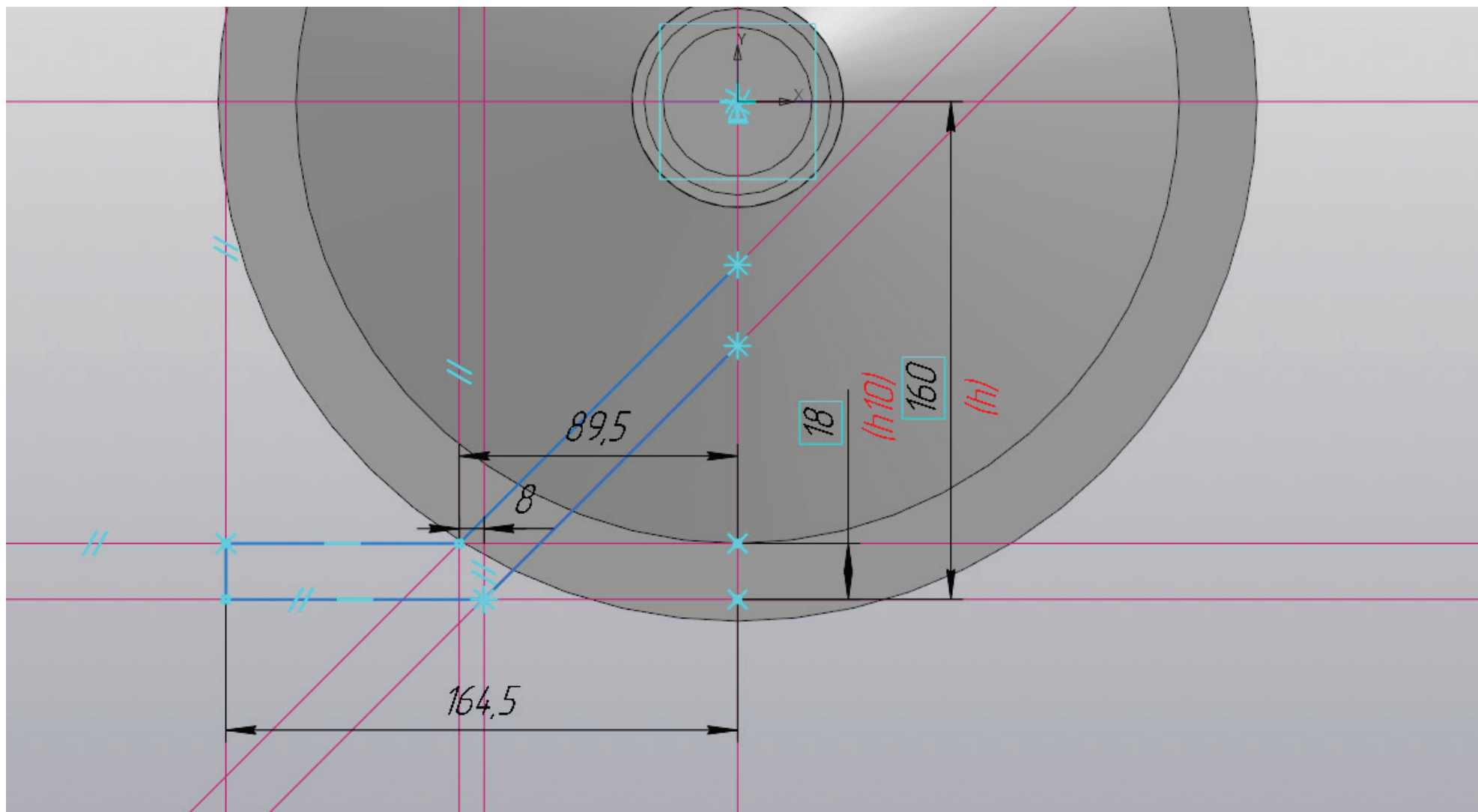


Рисунок 10 – Создание ножек двигателя, работа с эскизом, шаг 3

Выделив полученную часть двигателя, необходимо выполнить команду «Зеркально отразить» относительно вертикальной прямой в начале координат (рис. 11).

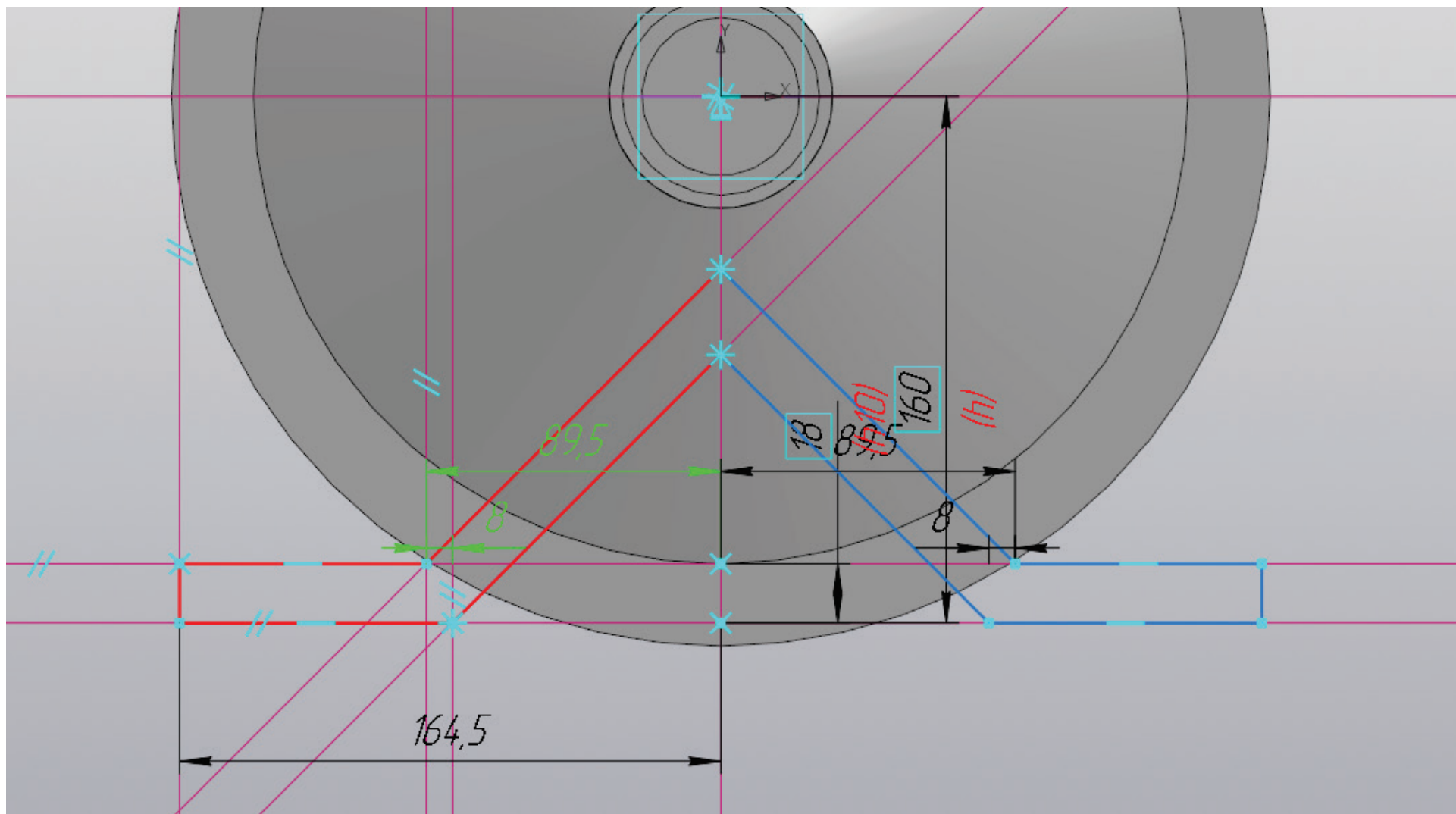


Рисунок 11 – Создание ножек двигателя, работа с эскизом, шаг 4

Полученному эскизу необходимо придать объем, для этого необходимо выполнить команду выдавливания на расстоянии 10 (рис. 12).

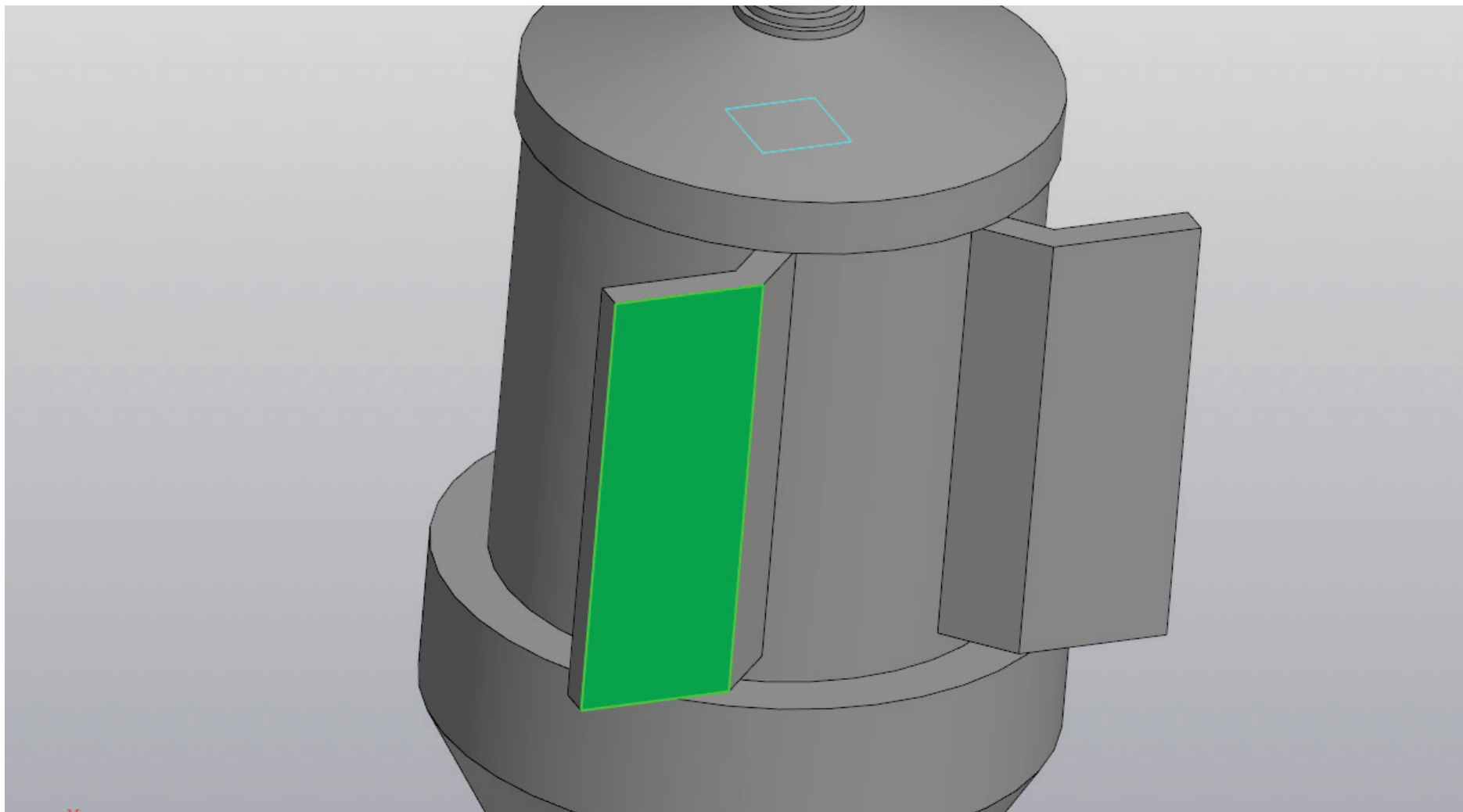


Рисунок 13 – Выделение нижней плоскости

От начала координат откладывается вертикальная вспомогательная прямая на расстояние $b_{10}/2$ мм. От краев откладываются горизонтальные прямые на расстояние $2 \cdot d_{10}$ мм. На пересечении прямых необходимо построить окружности диаметром d_{10} мм, используя команду «Зеркально отразить» для окружностей относительно вертикальной

прямой, которая находится в начале координат. Закончив эскиз, с применением операции «Вырезать выдавливание» нужно вырезать окружности на расстояние h_{10} . Построение приведено на рисунке 14.

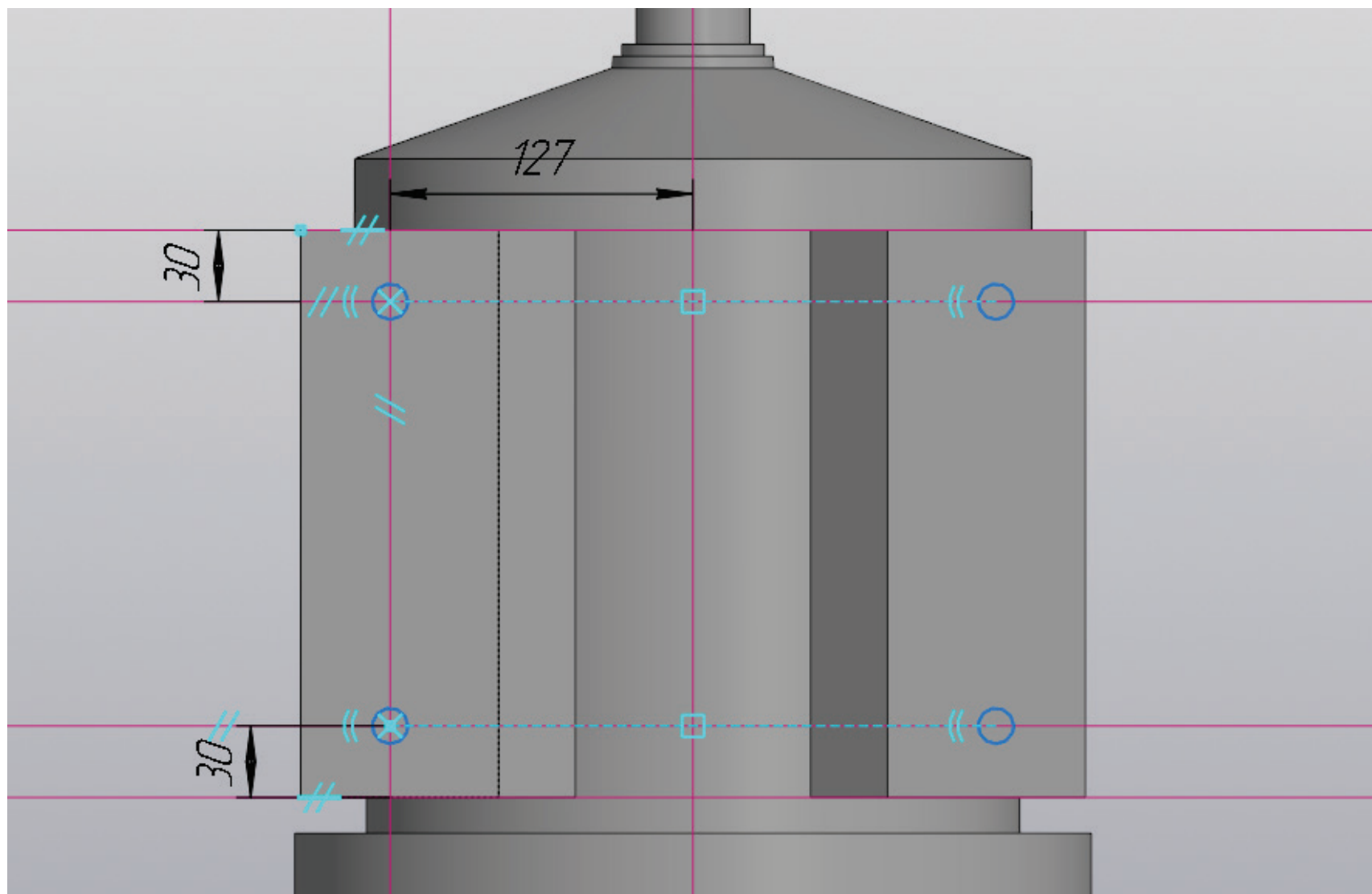


Рисунок 14 – Создание эскиза под отверстия

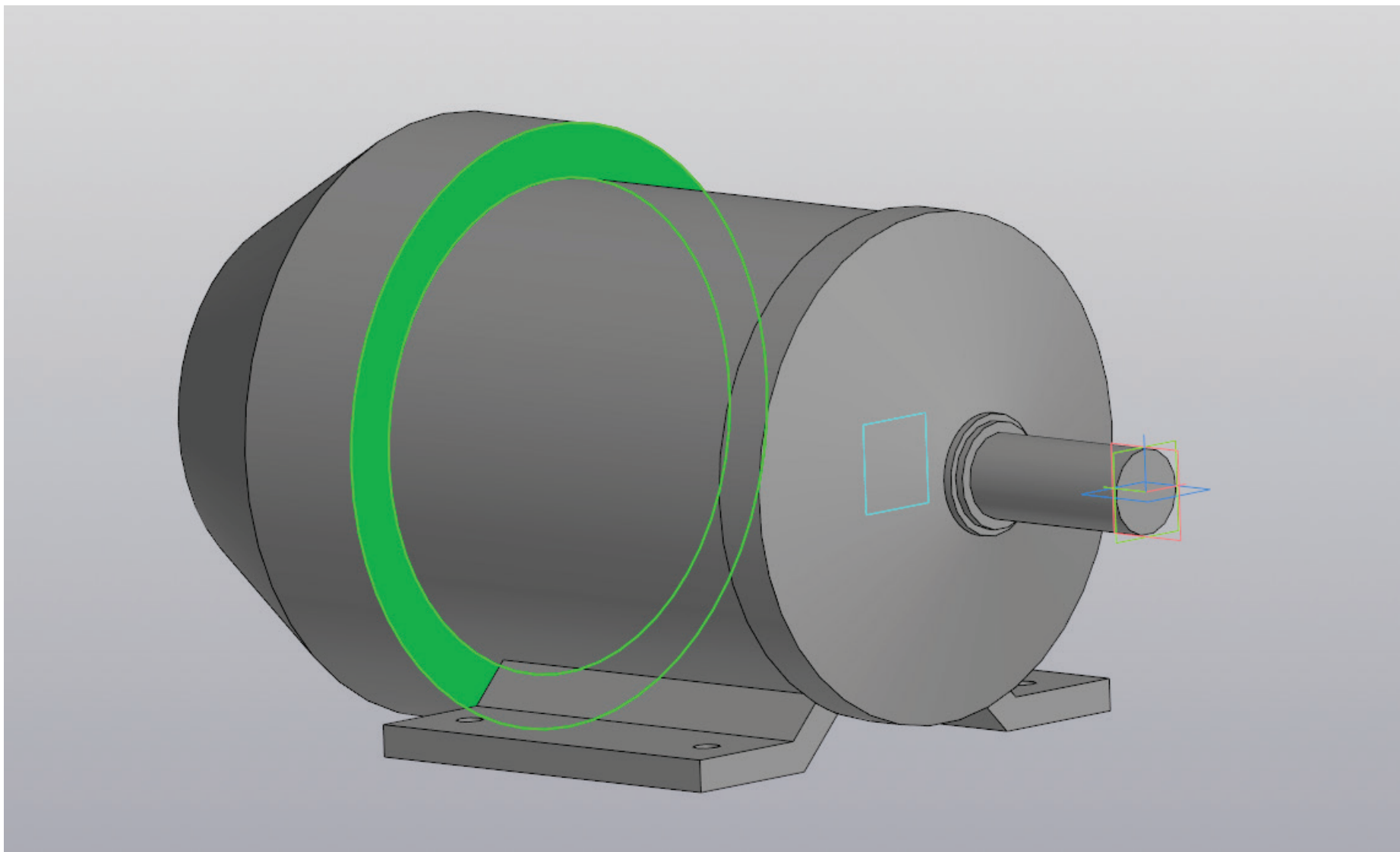


Рисунок 15 – Создание ребер жесткости

Для создания ребер жесткости необходимо выбрать эскиз, как показано на рисунке 15.

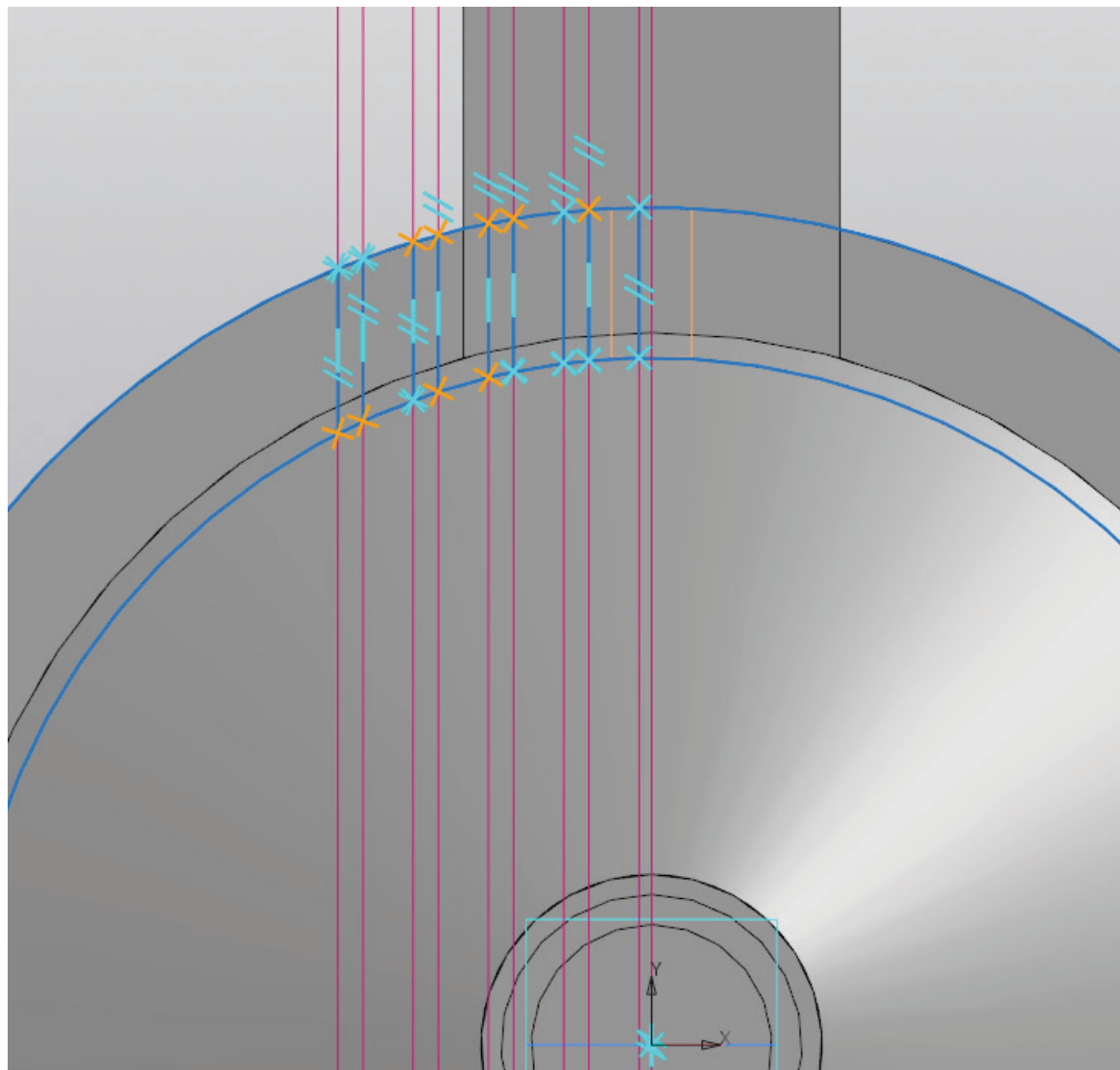


Рисунок 16 – Создание ребер жесткости, работа с эскизом, шаг 1

Построение начинается создания двух окружностей диаметрами $d30$ мм и $2 \cdot (h-h_{10}-5)$ мм. Создаются ребра жесткости, ширина 5 мм, расстояние между соседними ребрами 10 мм (рис. 16).

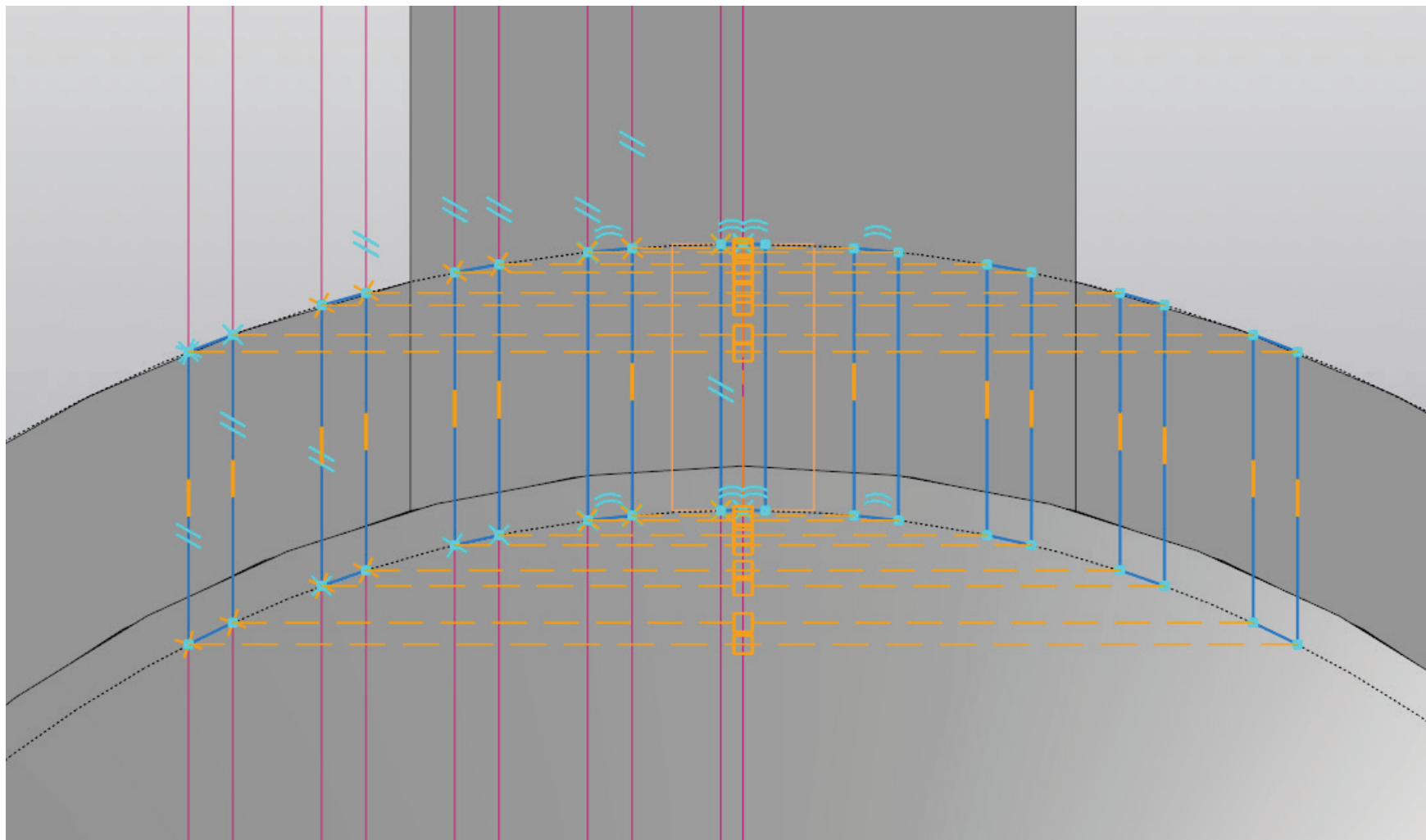


Рисунок 17 – Создание ребер жесткости, работа с эскизом, шаг 2

При использовании команды «Усечь кривую» удаляются ненужные части отрезков, все полученные элементы выделяются и применяется команда «Зеркально отразить» относительно начала координат (рис. 17).

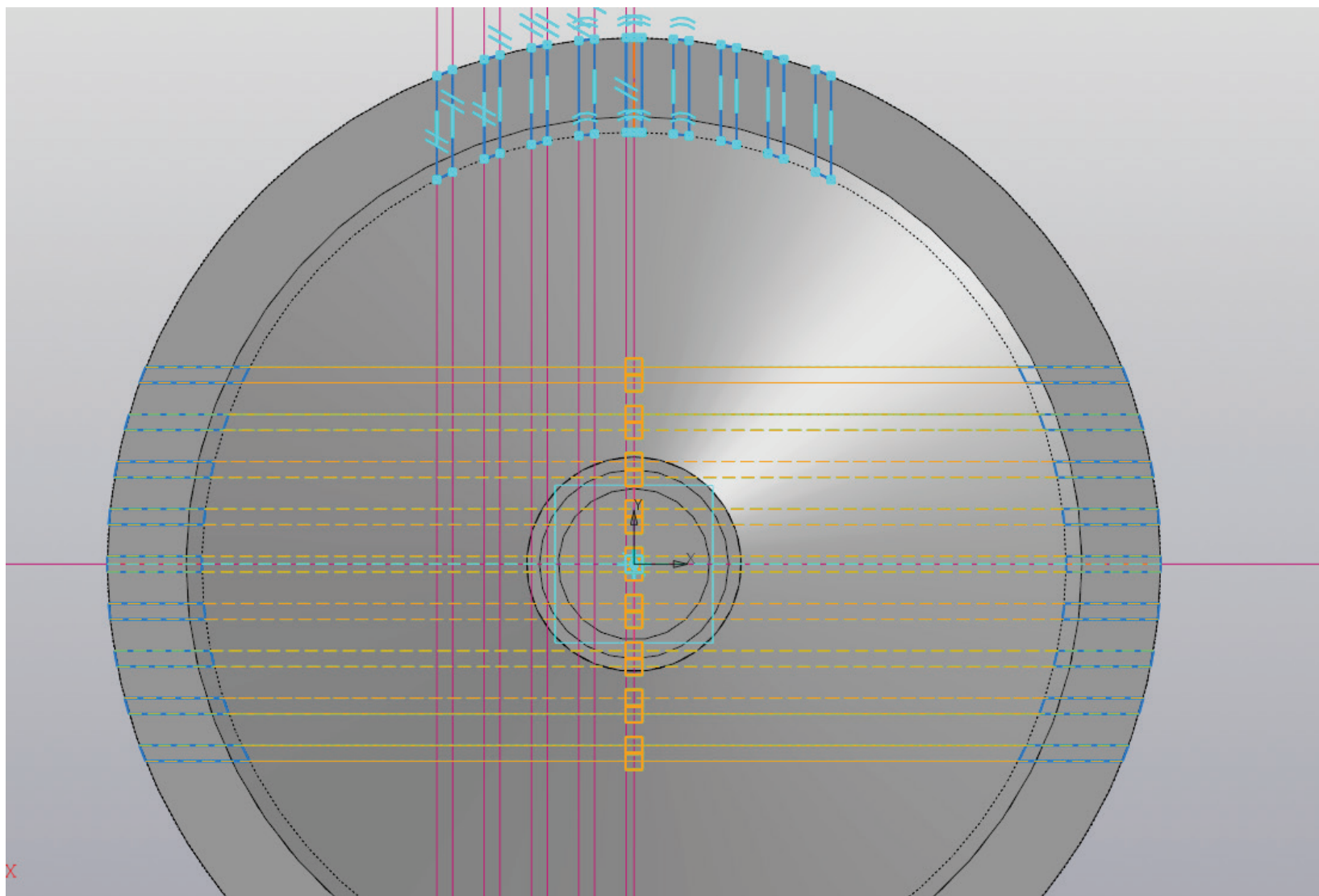


Рисунок 18 – Создание ребер жесткости, работа с эскизом, шаг 3

Выделив полученные ребра жесткости необходимо получить такие же ребра слева и справа, для этого можно использовать поворот, копирование и зеркальное отражение (рис. 18).

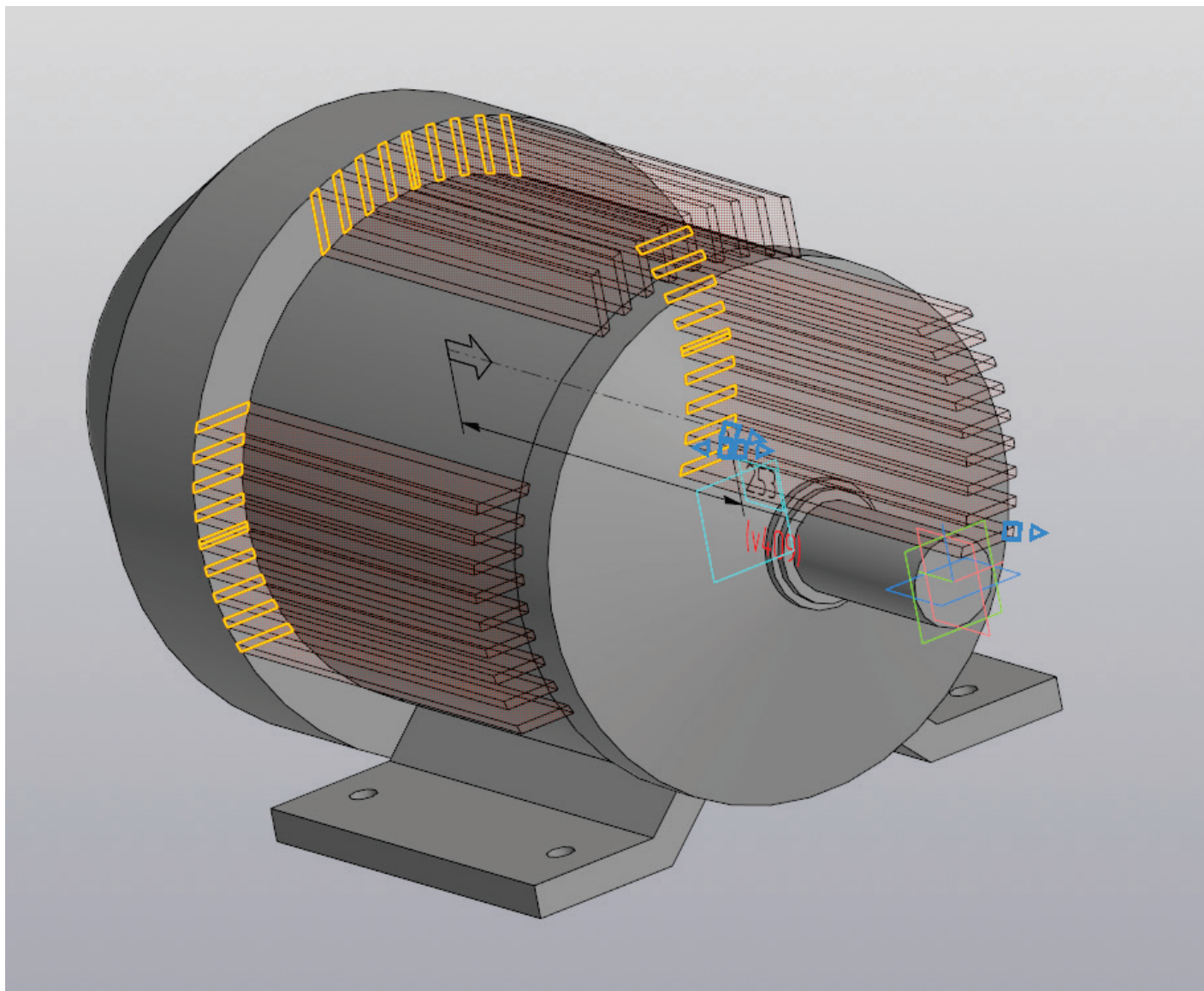


Рисунок 19 – Создание ребер жесткости

К готовому эскизу применяется команда «Элемент выдавливания» на расстояние (10+15) мм (рис. 19).

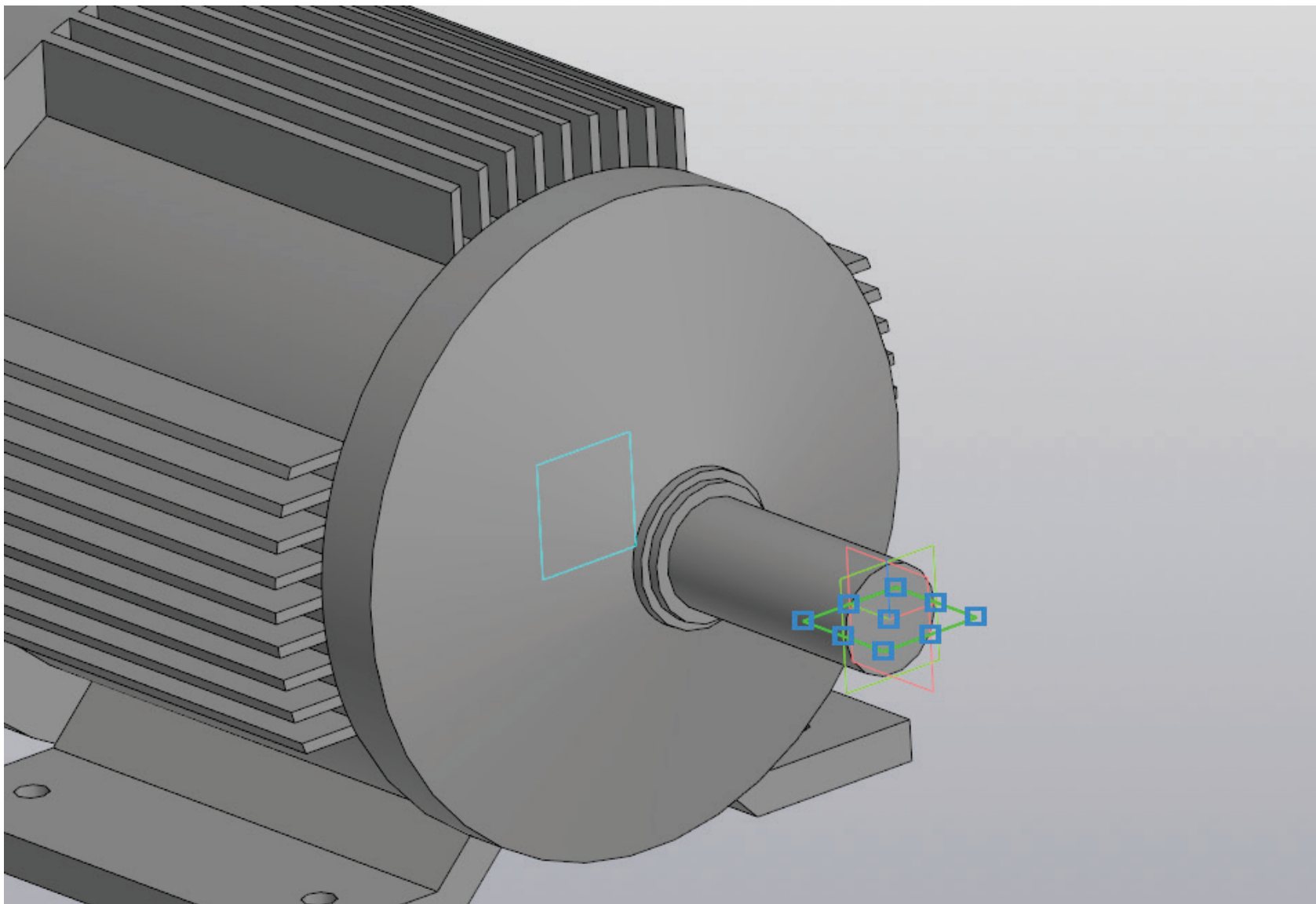


Рисунок 20 – Создание эскиза в горизонтальной плоскости

Выбрав горизонтальную плоскость в начале координат, плоскость XY, необходимо создать на ней эскиз (рис. 20).

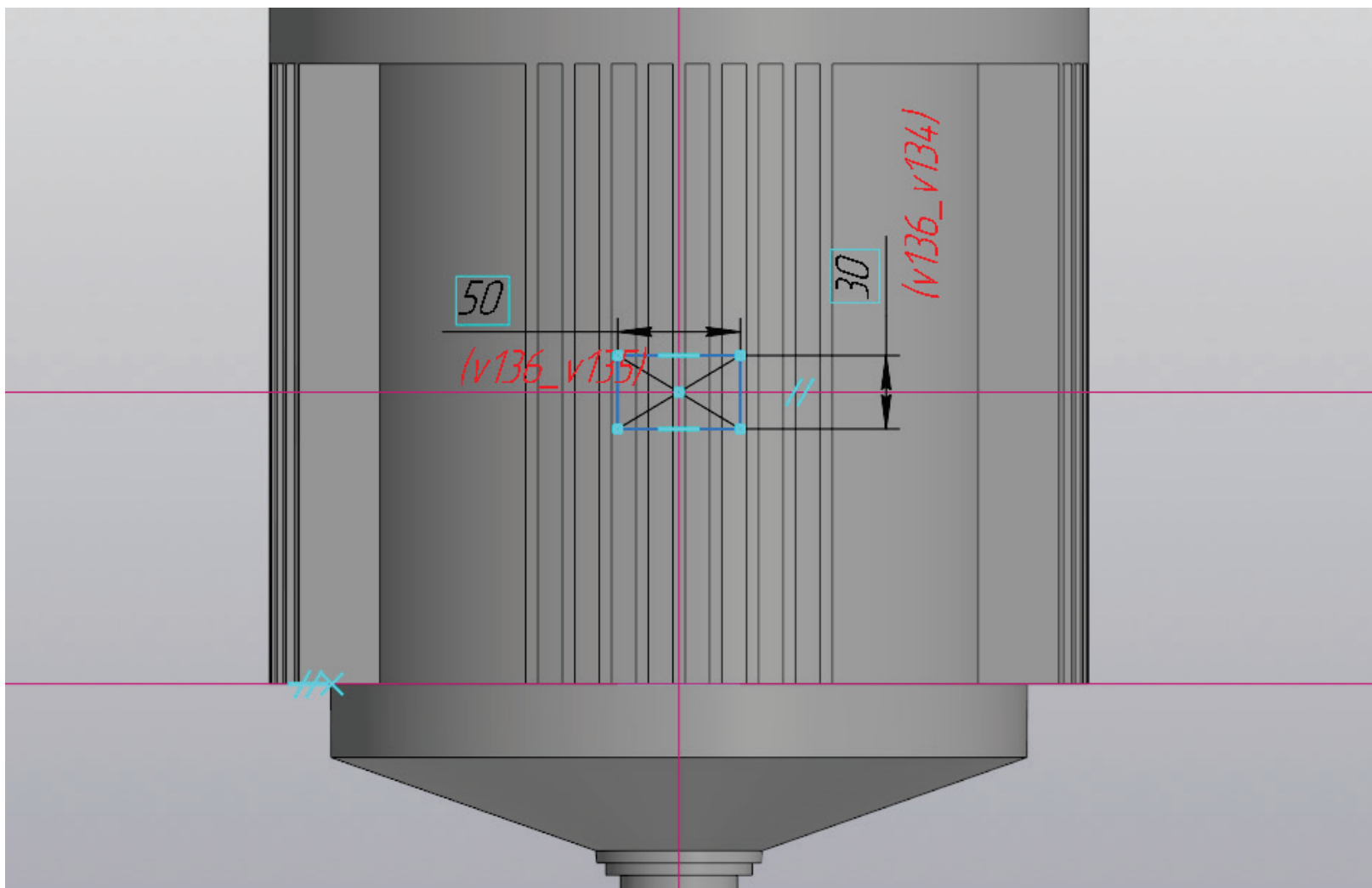


Рисунок 21 – Создание эскиза в горизонтальной плоскости

Проведем вертикальную вспомогательную прямую в центре тяжести двигателя (на расстояние $10/2$ мм от края основания). Создаем прямоугольник с центром в пересечении линий, размеры примерно такие же, как на рисунке 21, главное, чтобы помещалось отверстие под рым-болт.

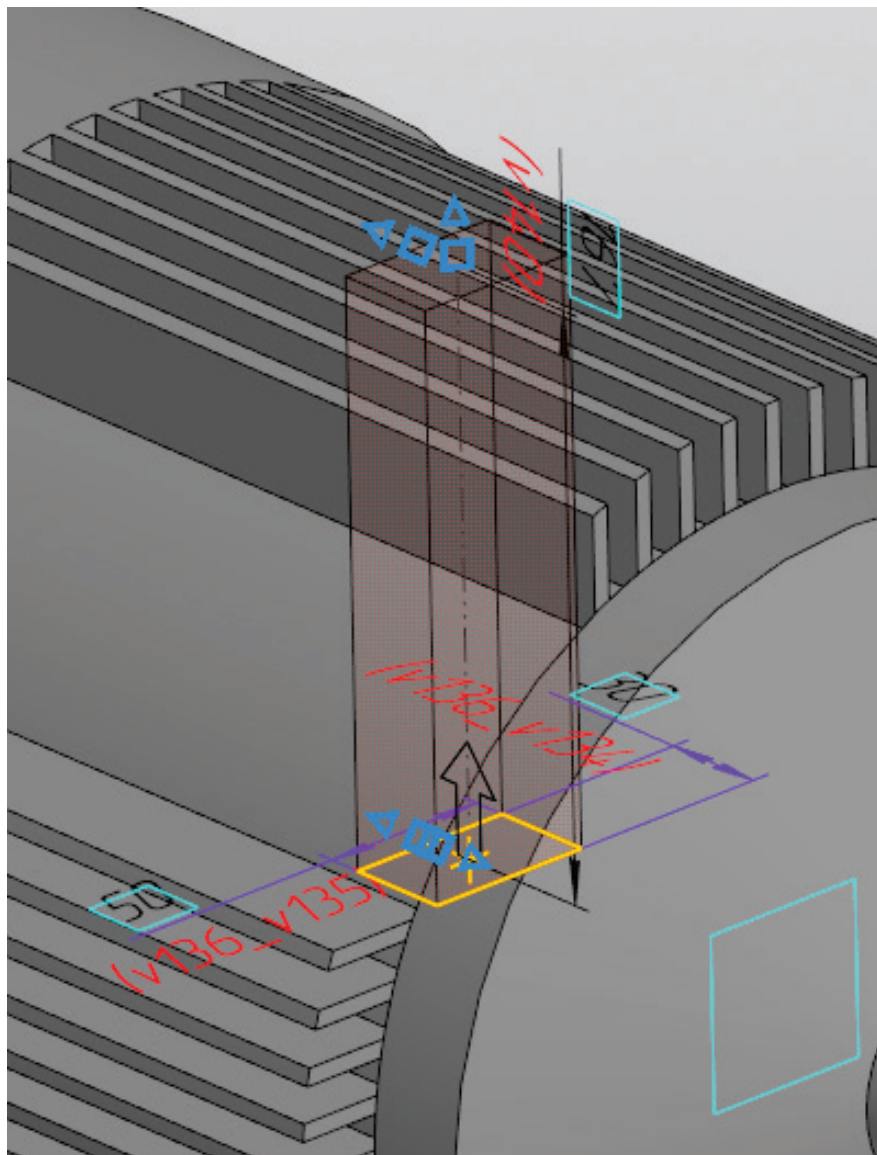


Рисунок 22 – Операция выдавливания построенного эскиза

Полученный эскиз необходимо выдавить на расстояние $d30/2$ мм (рис. 22).

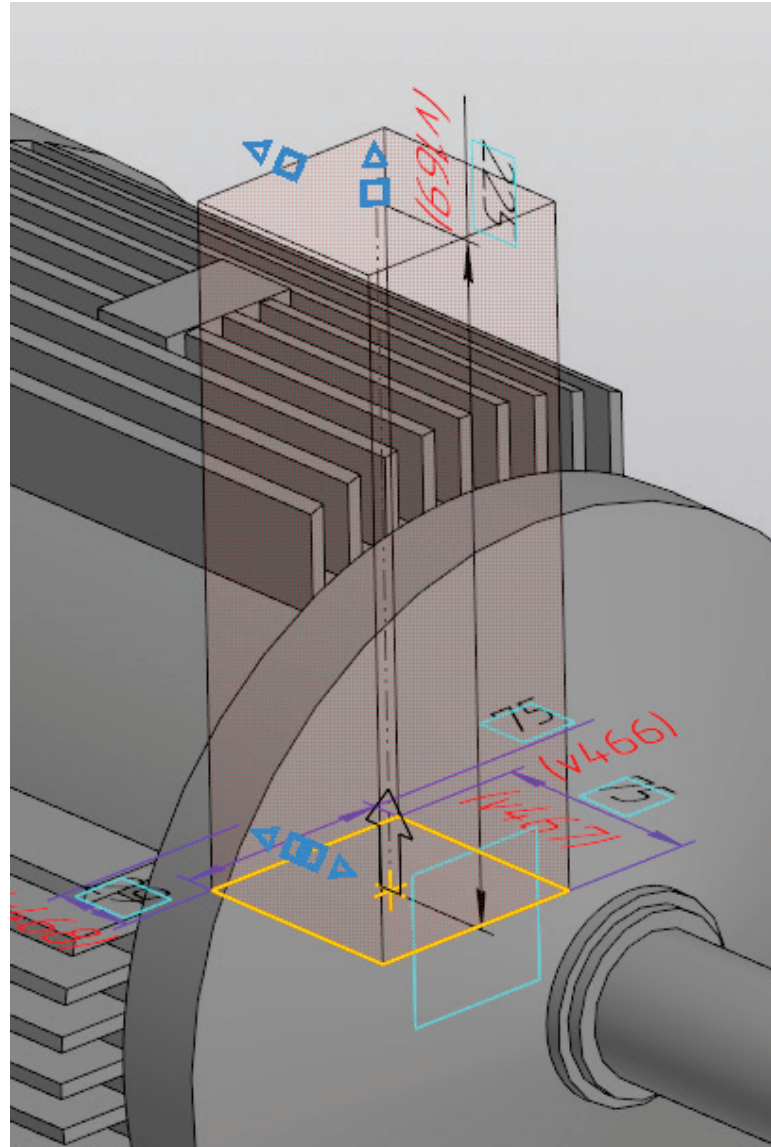


Рисунок 24 – Операция выдавливания построенного эскиза

Полученный эскиз необходимо выдавить на расстояние равное $(h_{31}-h)$ мм (рис. 24).

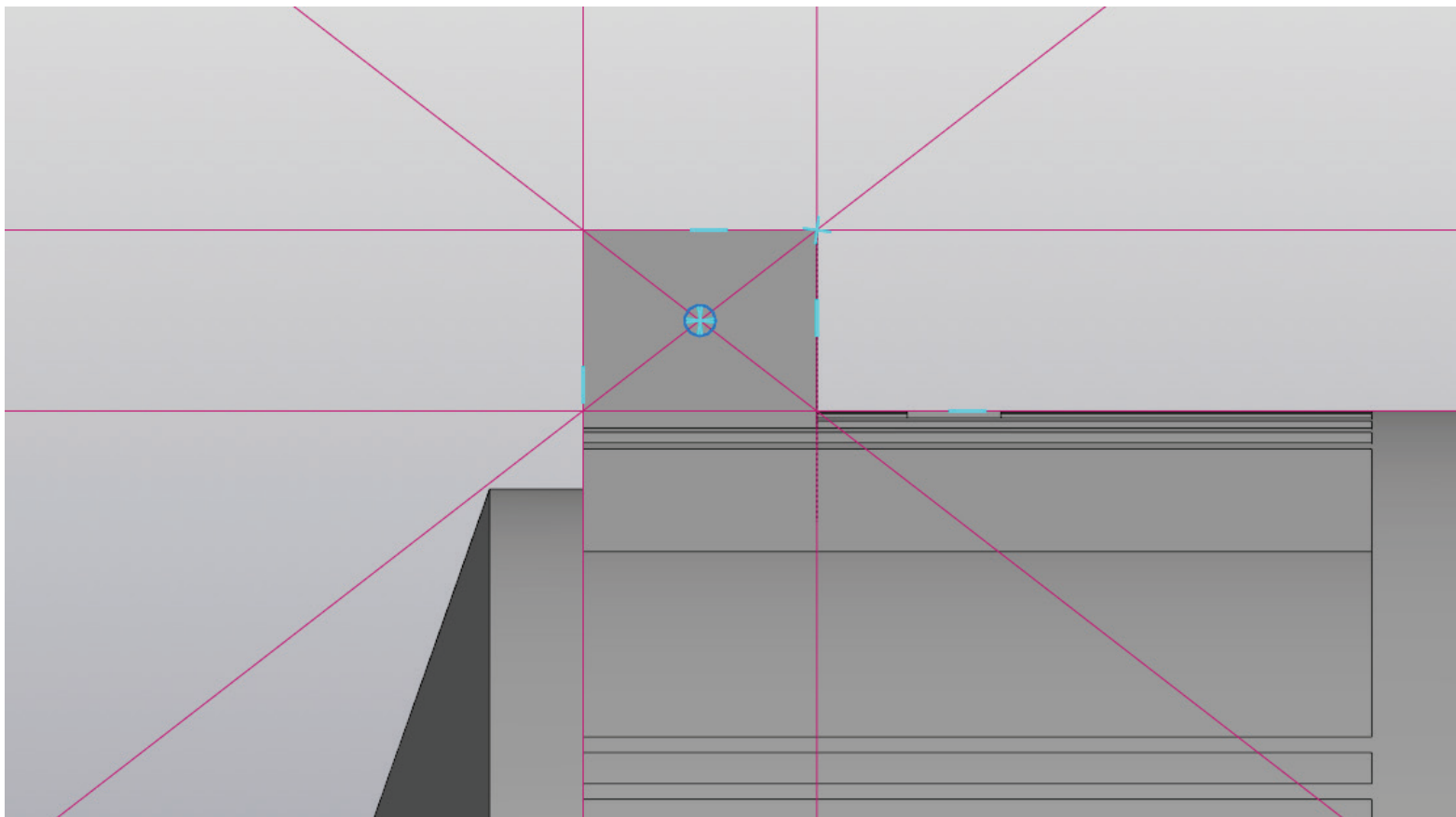


Рисунок 25 – Создание эскиза под отверстие

Выбрав одну из боковых граней построенного прямоугольника, необходимо создать эскиз, а на эскизе построить отверстие диаметром 10 мм в центре фигуры (рис. 25).

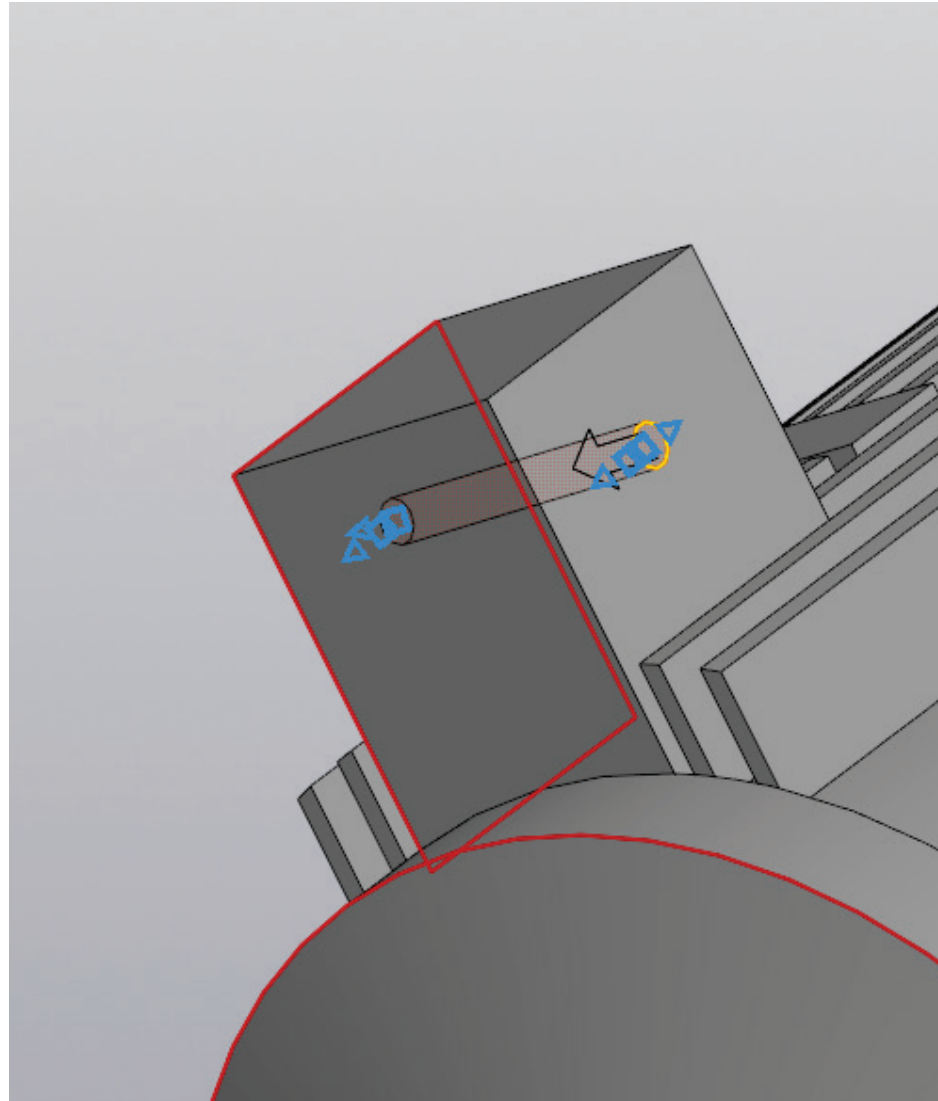


Рисунок 26 – Операция вырезания выдавливанием построенного эскиза

К полученному эскизу необходимо применить операцию «Вырезать выдавливанием» и поставить указатель до ближайшей поверхности (рис. 26).

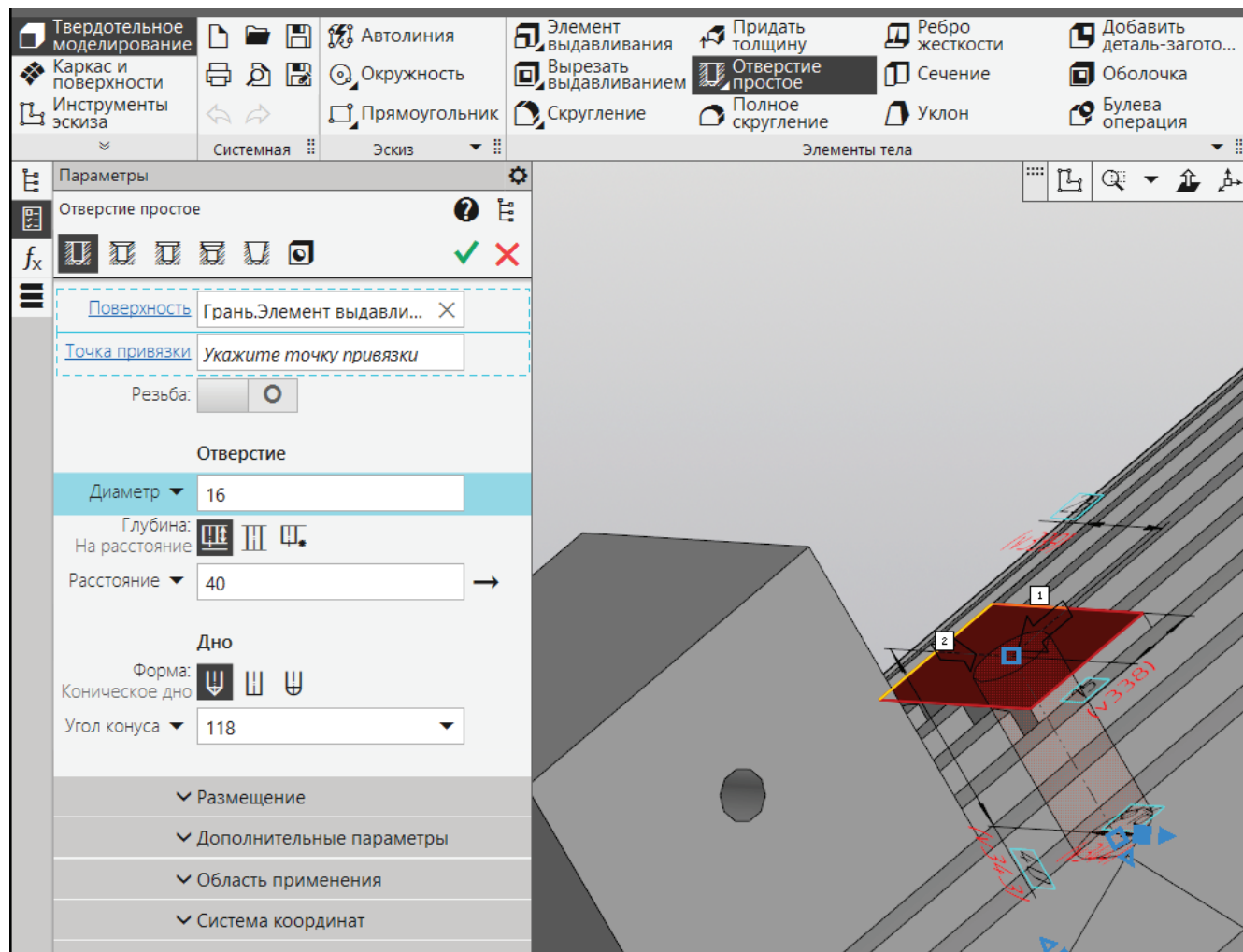


Рисунок 27 – Создание отверстия под рым-болт

На поверхности, как показано на рисунке 27, необходимо создать отверстие под рым-болт, для этого используется команда «Отверстие простое». При использовании данной команды можно включить функцию «Резьба», либо позже создать условное обозначение резьбы (рис 28).

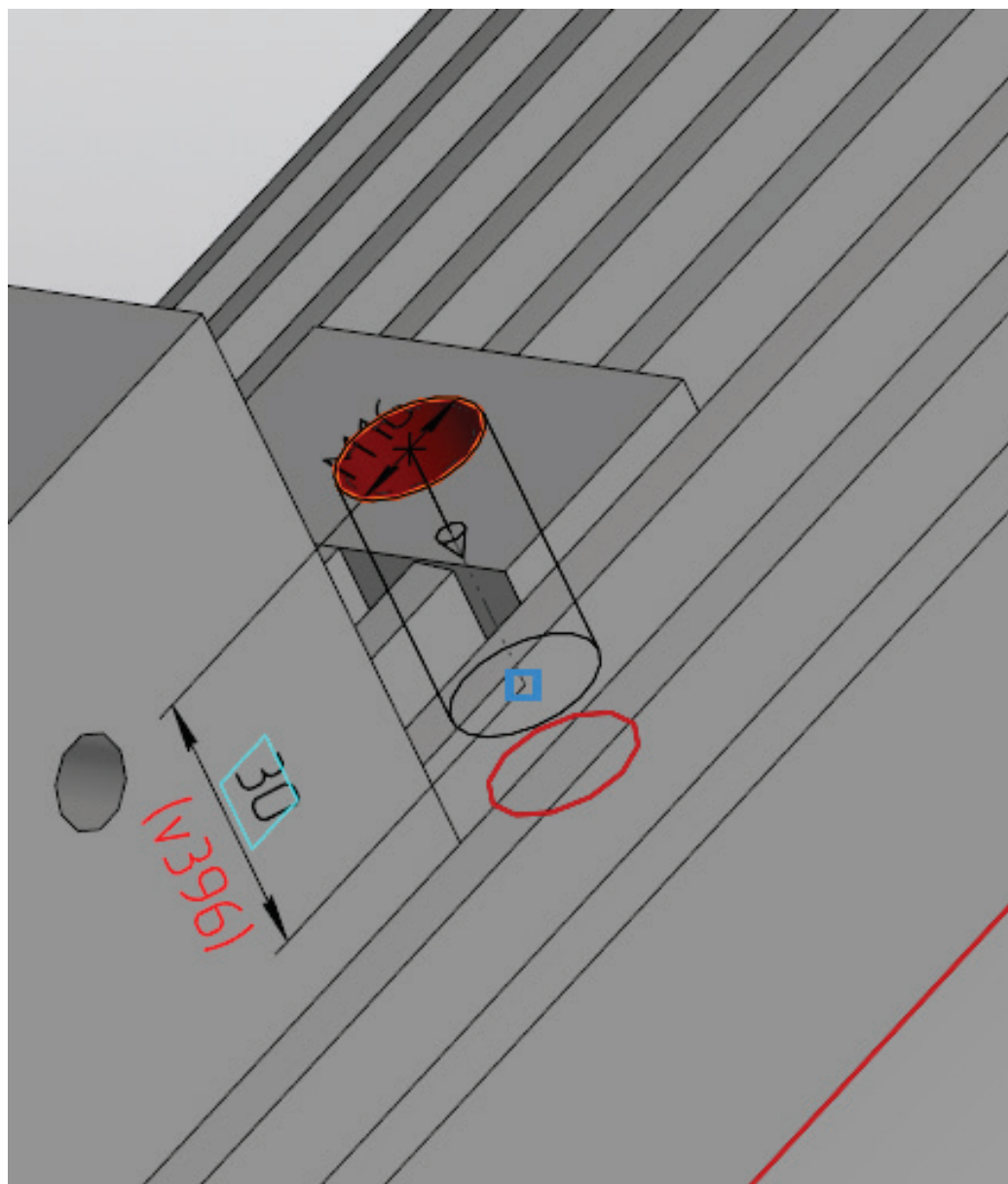


Рисунок 28 – Создание резьбы в отверстии

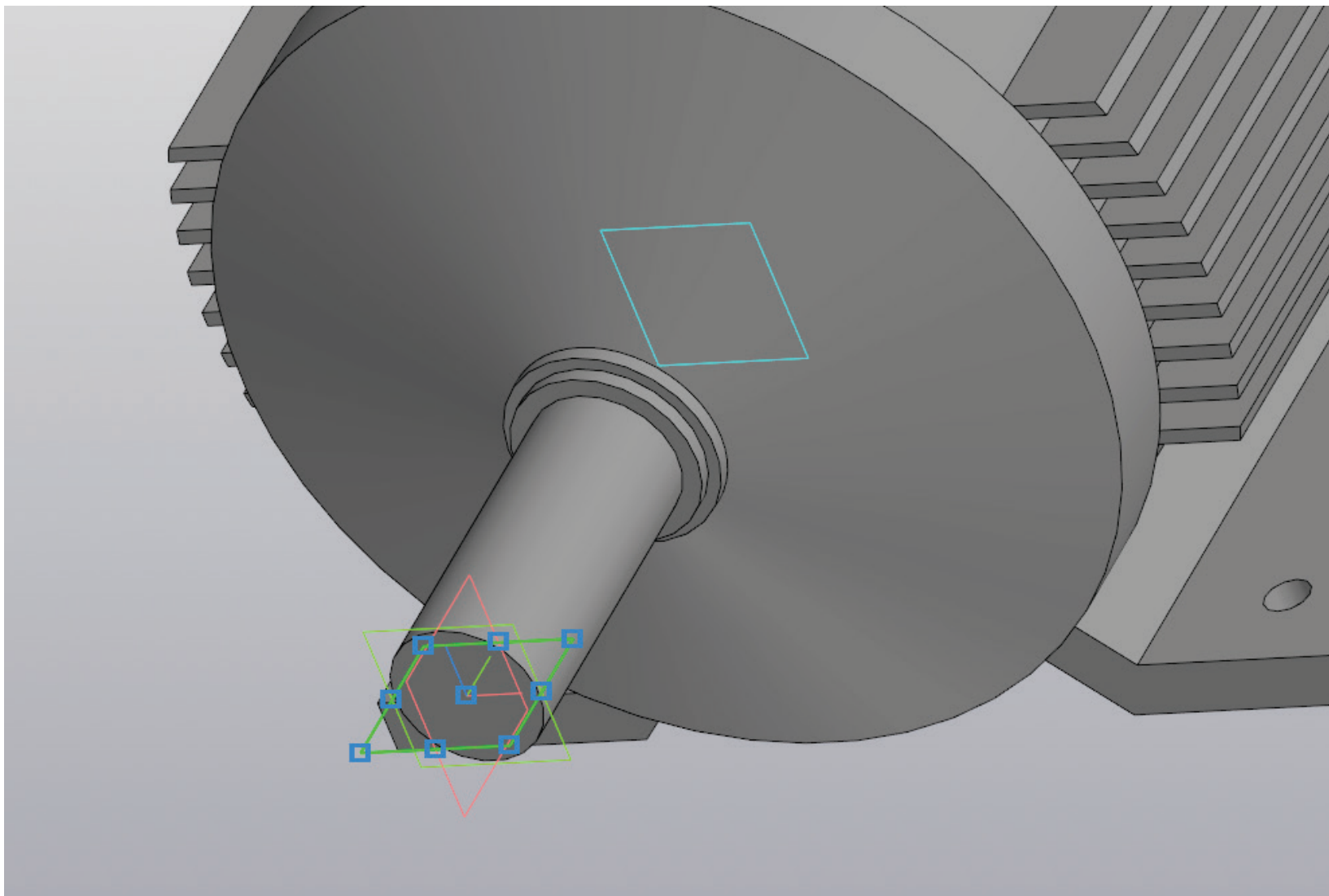


Рисунок 29 – Создание эскиза на горизонтальной плоскости

Финальным этапом создания двигателя является создание шпонки и шпоночной канавки на валу двигателя. Шпоночная канавка и шпонка создаются согласно ГОСТ 23360-78 в зависимости от диаметра вала двигателя.

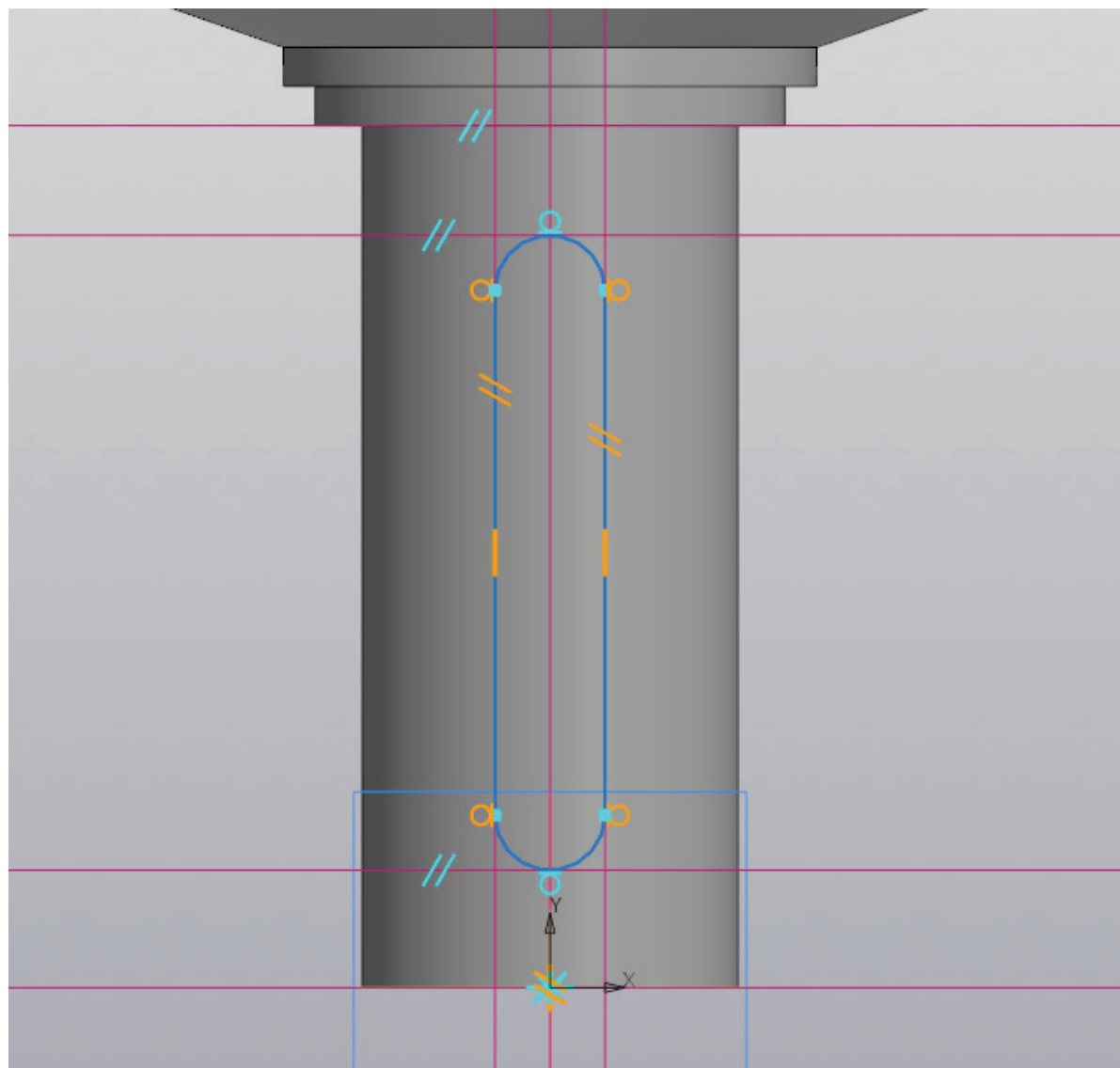


Рисунок 30 – Создание эскиза шпоночной канавки и шпонки

На рисунке 30 представлен эскиз шпоночной канавки согласно ГОСТ 23360-78 в зависимости от диаметра.

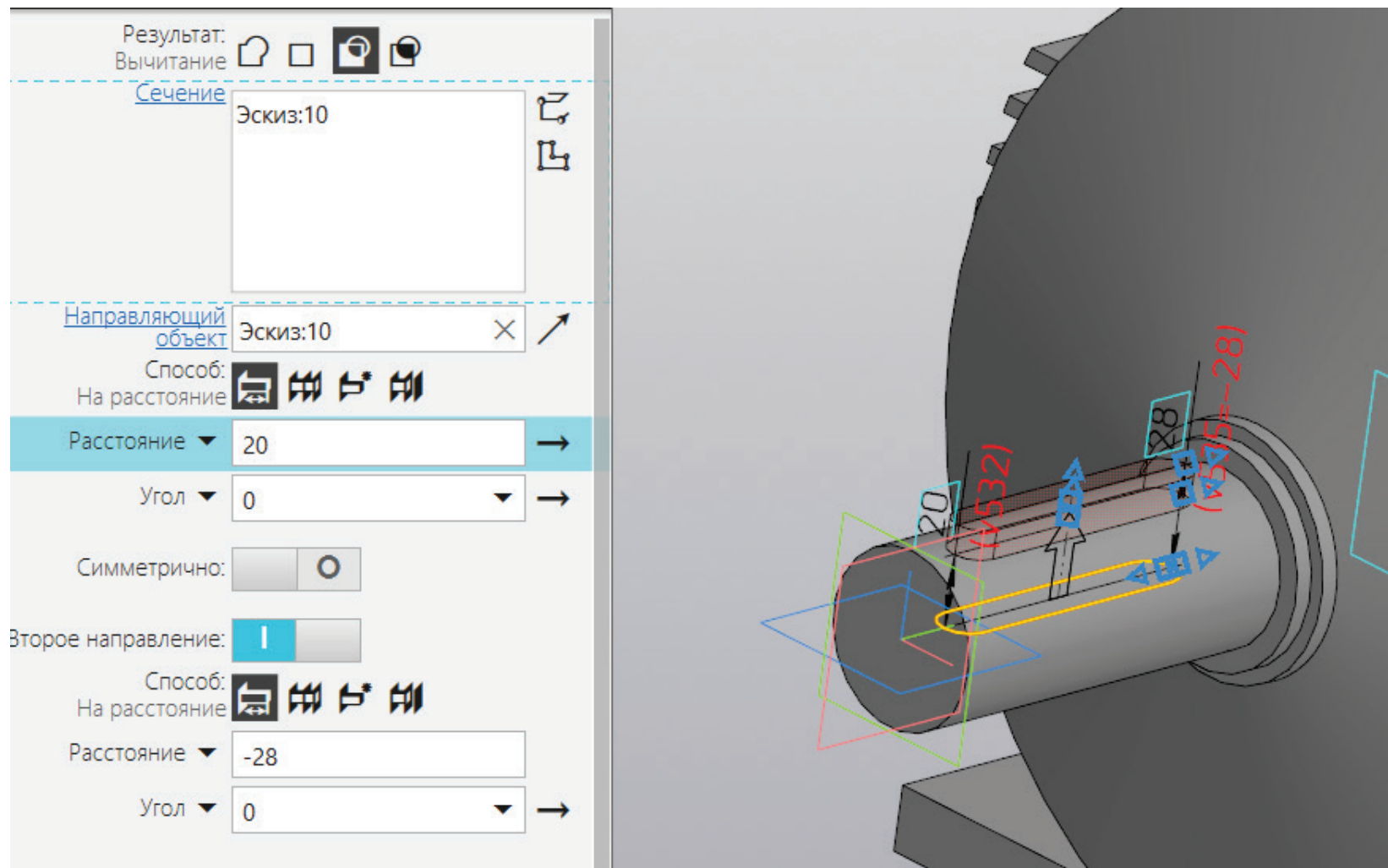


Рисунок 31 – Создание шпоночной канавки и шпонки

Важно отметить, что на валу двигателя создается шпоночная канавка, а шпонка создается по готовому эскизу отдельной деталью. После чего производится сборка.

КОНСТРУИРОВАНИЕ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

При построении зубчатой передачи необходимо рассчитать диаметр делительной окружности, ширину колеса, диаметры вершин и впадин, диаметр ступицы и т.д. Ниже представлены формулы, по которым это можно сделать. Полный расчет открытой зубчатой передачи находится в источнике [4-5].

- Делительный диаметр вычисляется по формуле: $d=m*z,$ (1)

где m – модуль зацепления; z – число зубьев.

- Ширина колеса вычисляется по формуле: $b=\psi_{bd}*d,$ (2)

где ψ – коэффициент венца относительно диаметра вала

- Диаметр вершин вычисляется по формуле: $d_a=d+2m.$ (3)

- Диаметр впадин вычисляется по формуле: $d_f=d-2,5m.$ (4)

- Диаметр ступицы вычисляется по формуле: $d_{ct}=1,6*d_5.$ (5)

- Внутренний диаметр обода вычисляется по формуле: $d_b=d_f-2S.$ (6)

- При условии, что $d_a < 200 \Rightarrow S=10$ мм; $200 < d_a < 500 \Rightarrow 10$ мм $< S < 16$ мм, где S – толщина обода.

- Толщина диска вычисляется по формуле: $C=0,5b.$ (7)

- Диаметр основной окружности для построения эвольвенты вычисляется по формуле: $d_{ocn}=d*\cos\alpha.$ (8)

- Градусная мера равно $\alpha=20^\circ$.

- Угол между осями симметрии двух зубьев вычисляется по формуле: $\beta=360/4z.$ (9)

- Радиус окружности впадины вычисляется по формуле: $r=0,2m.$ (10)

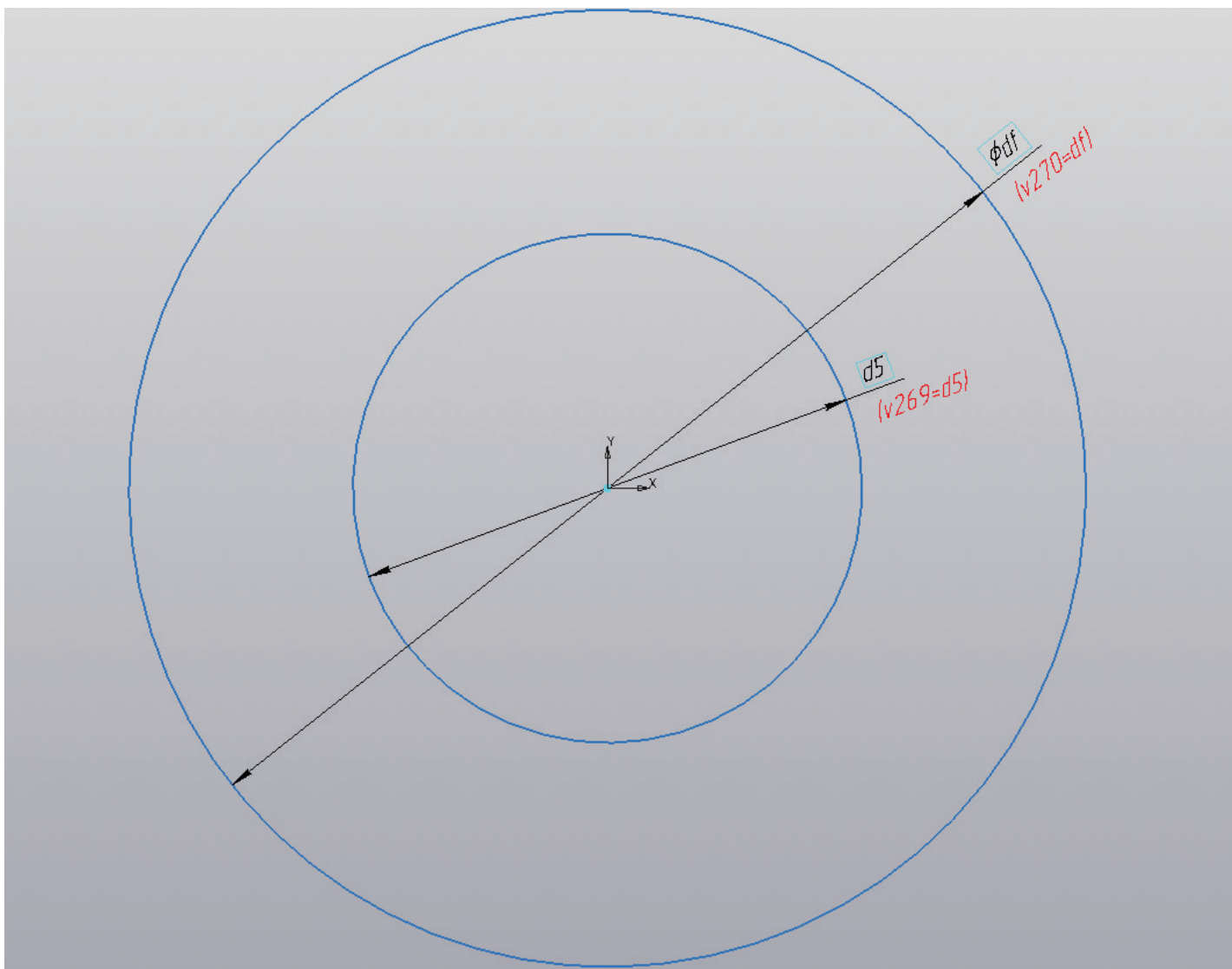


Рисунок 32 – Зубчатое колесо, работа с эскизом, создание внутреннего диаметра и диаметра впадин

На одной из плоскостей создается эскиз. Выполняется построение двух окружностей с центром в начале координат. Диаметр впадин обозначается d_f , под $d5$ подразумевается диаметр участка вала под открытую передачу.

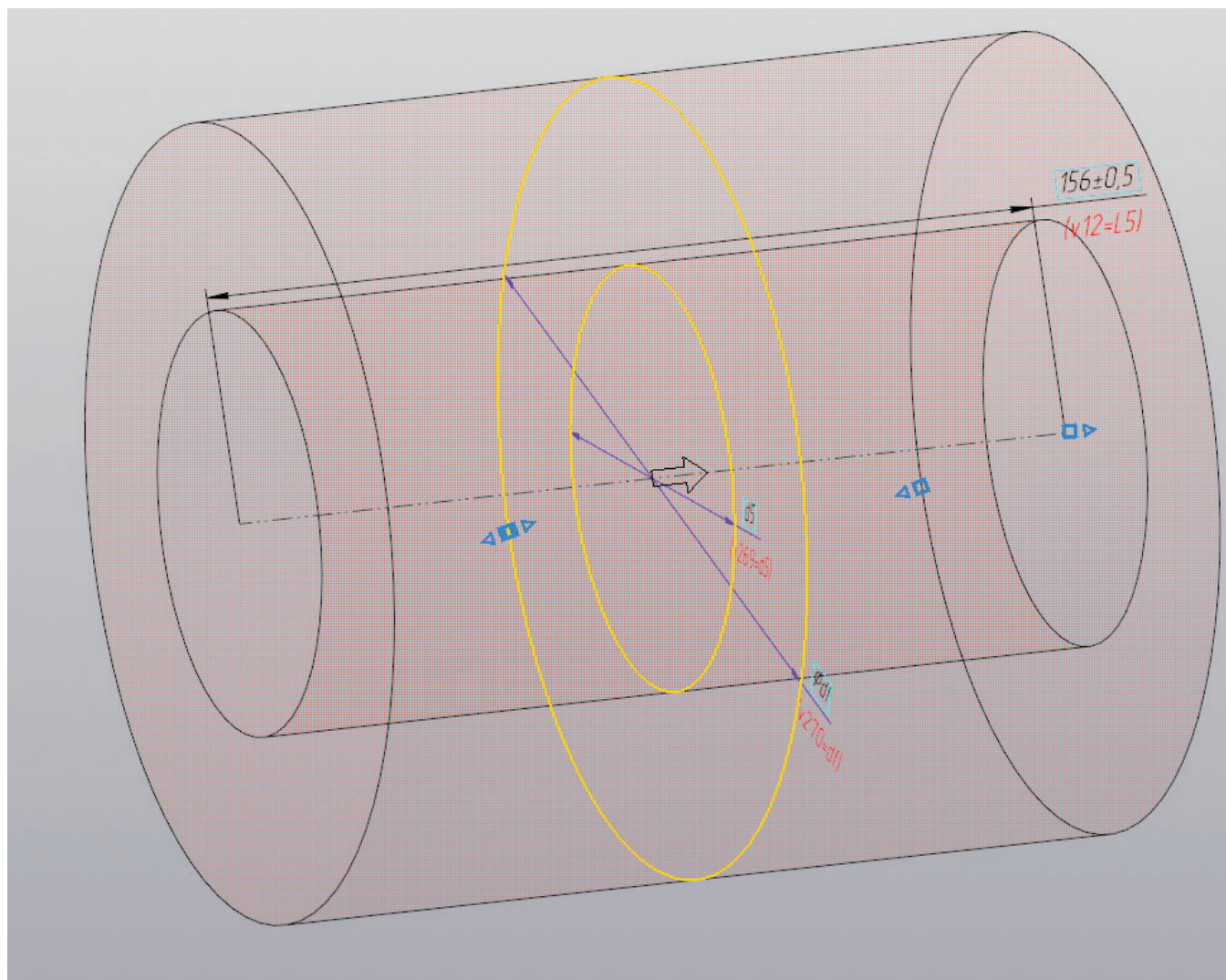


Рисунок 33 – Зубчатое колесо, создание формы по эскизу

Для получения трехмерной модели необходимо применить операцию «Элемент выдавливания» к созданному ранее эскизу. Расстояние выдавливания составляет длину участка вала под открытую передачу, параметр L5. Для удобства выдавливание может выполняться симметрично относительно эскиза, т.е. сразу в двух направлениях.

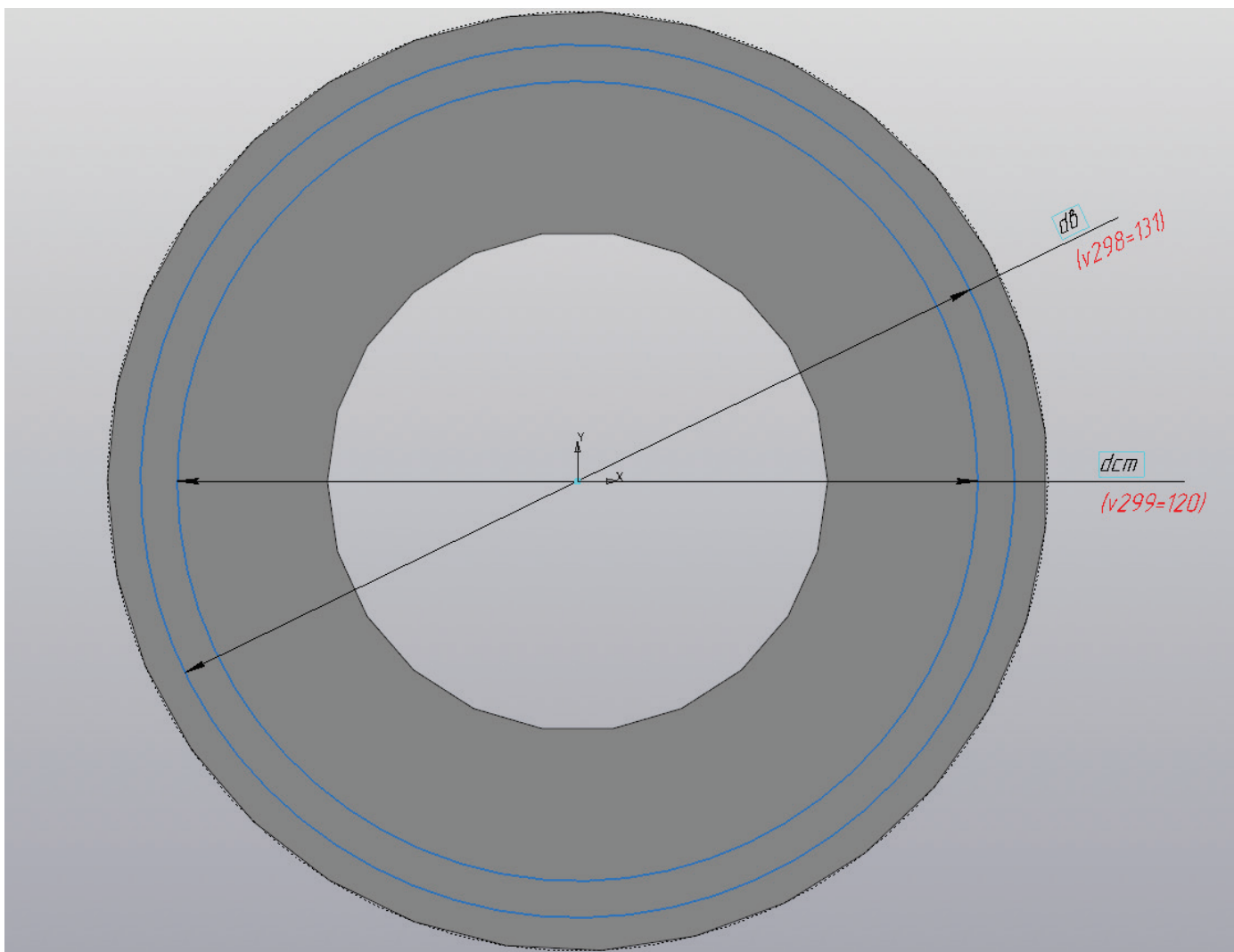


Рисунок 34 – Создание ступицы, работа с эскизом, создание внутреннего диаметра обода и диаметра ступицы

На одной из боковых граней полученного в прошлой итерации полого цилиндра создается эскиз. Из центра выполняется построение двух окружностей, соответствующих диаметру ступицы ($d_{ст}$) и внутреннему диаметру обода (d_b).

Применяя возможности зеркального массива или скопировав данный эскиз на другую боковую грань, нужно выполнить построение такого же эскиза.

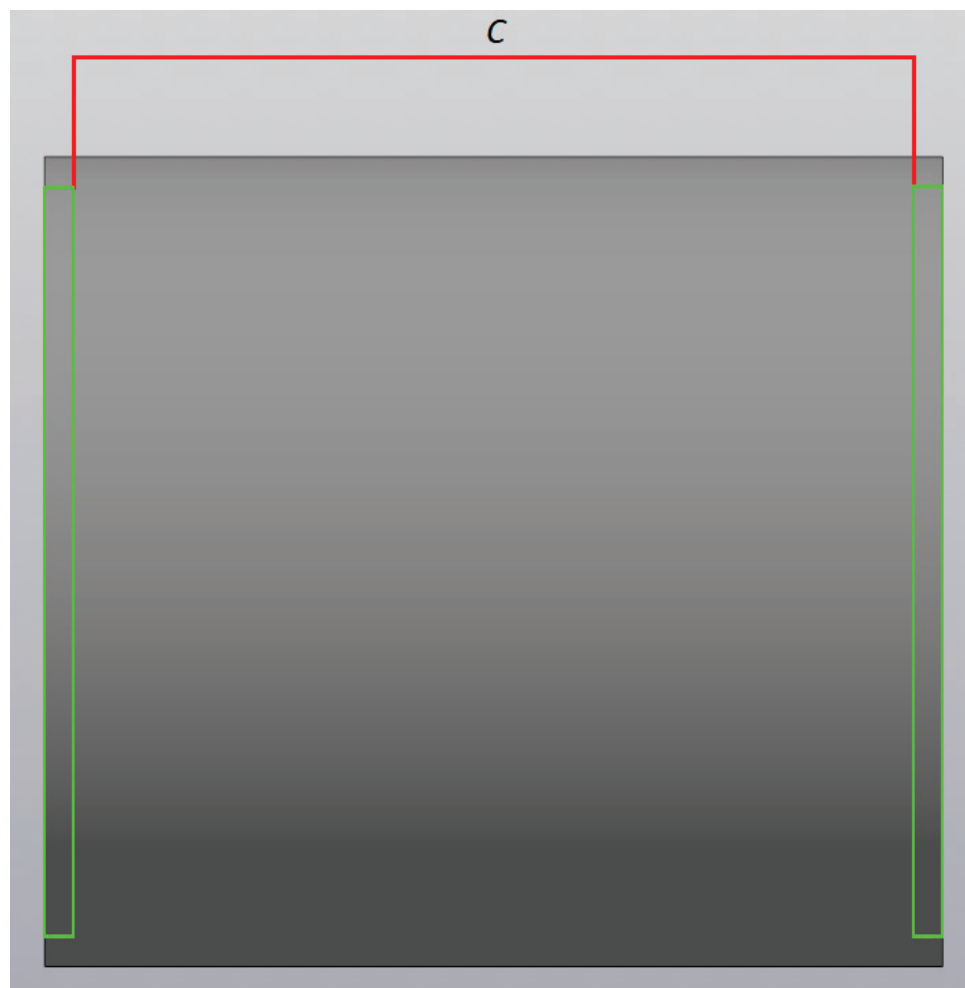


Рисунок 35 – Ширина диска

После создания такого же эскиза на другой стороне колеса используется функция «Вырезать выдавливанием». Расстояние между вырезанными частями должно равняться толщине диска (C).

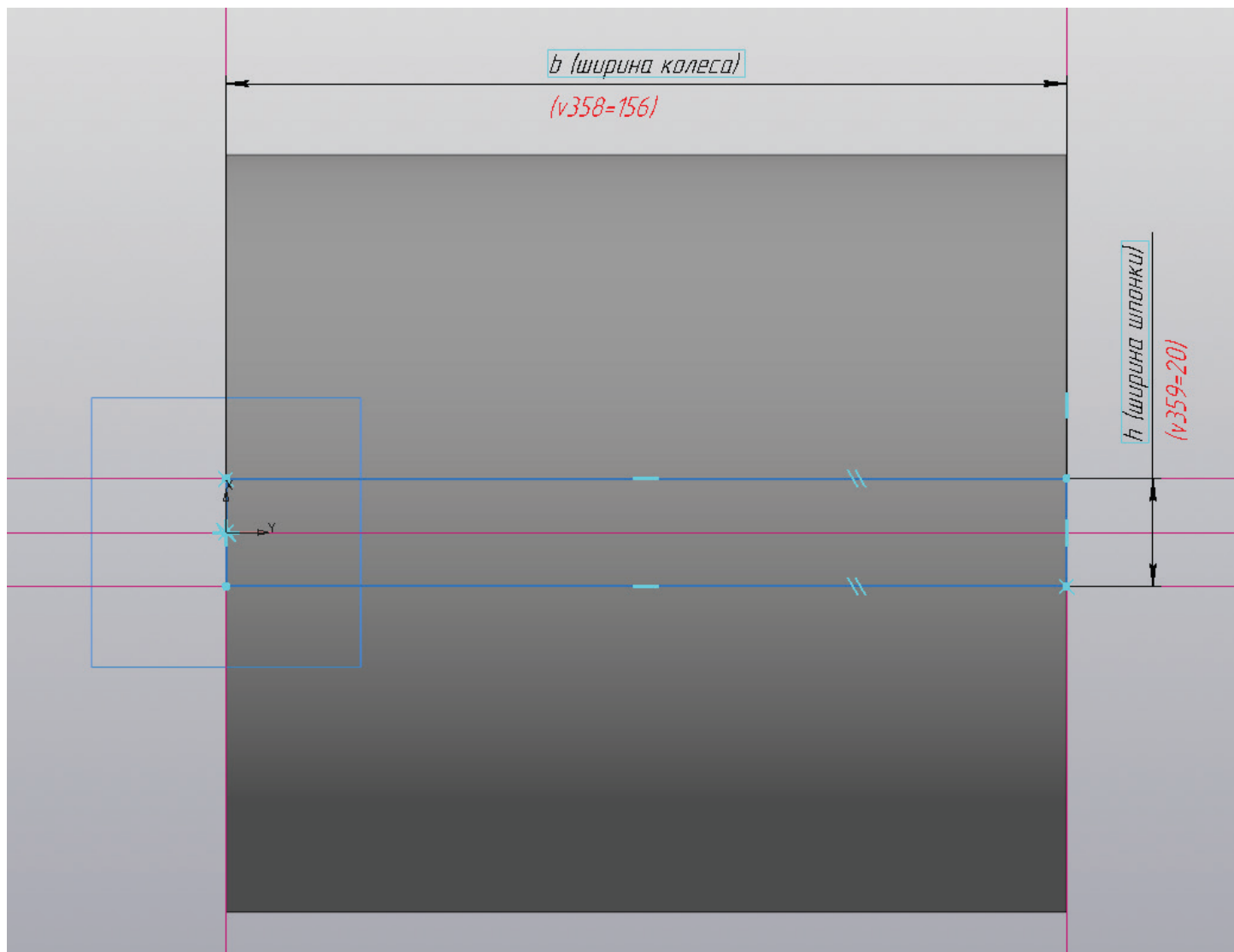


Рисунок 36 – Шпоночный паз, работа с эскизом

В горизонтальной плоскости создается эскиз, на эскизе проводятся горизонтальные прямые, соответствующие ширине шпонки на данном участке промежуточного вала.

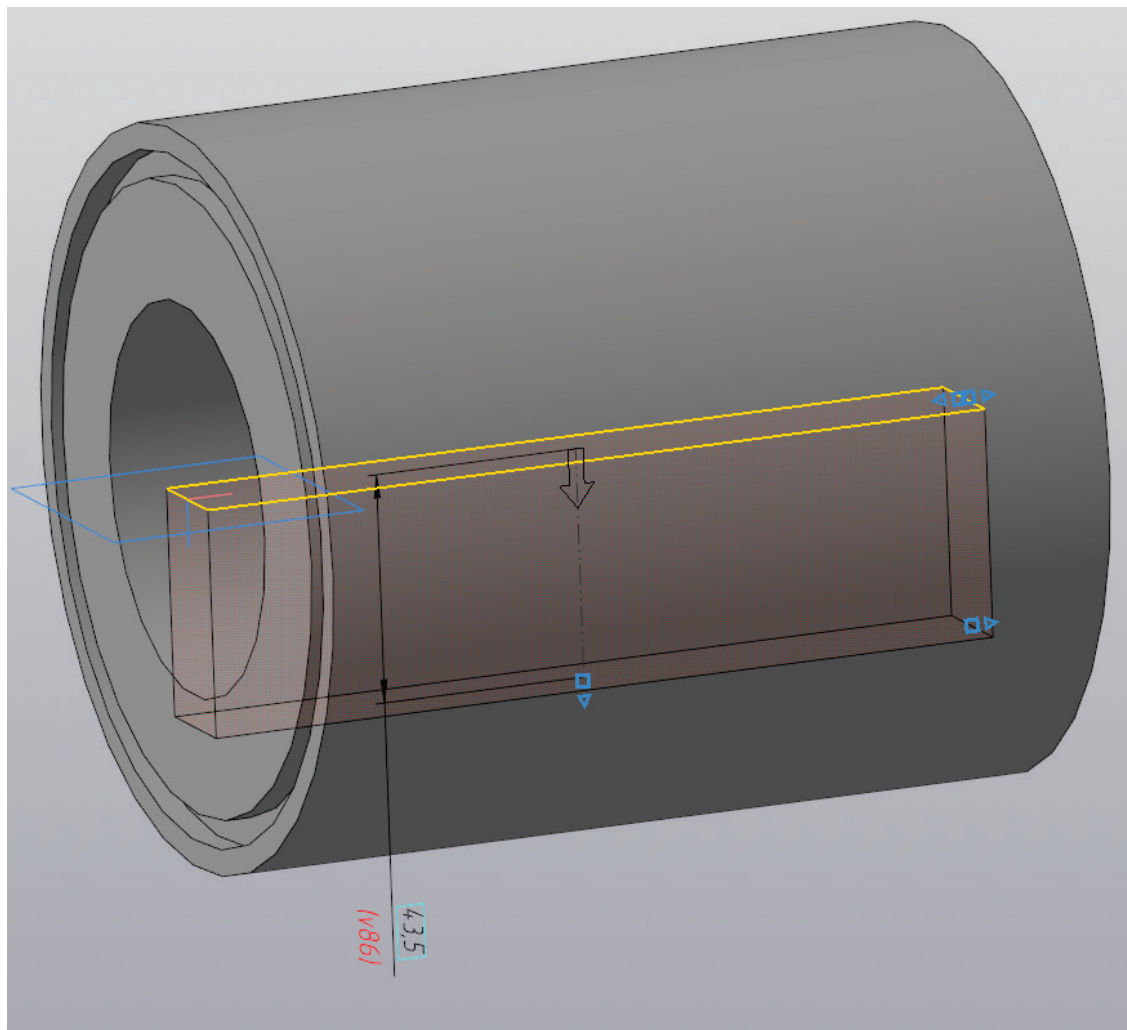


Рисунок 37 – Шпоночный паз, создание объема

Применяя команду «Вырезать выдавливанием» в колесе вырезается канавка под шпоночный паз. Важно помнить, что паз должен ровно состыковываться со шпонкой. Для того, чтобы найти нужное расстояние для вырезания, из радиуса внутренней окружности вычитается половина высоты шпонки. В другом случае, ко внутреннему диаметру колеса прибавляется высота шпонки, а их сумма делится пополам.

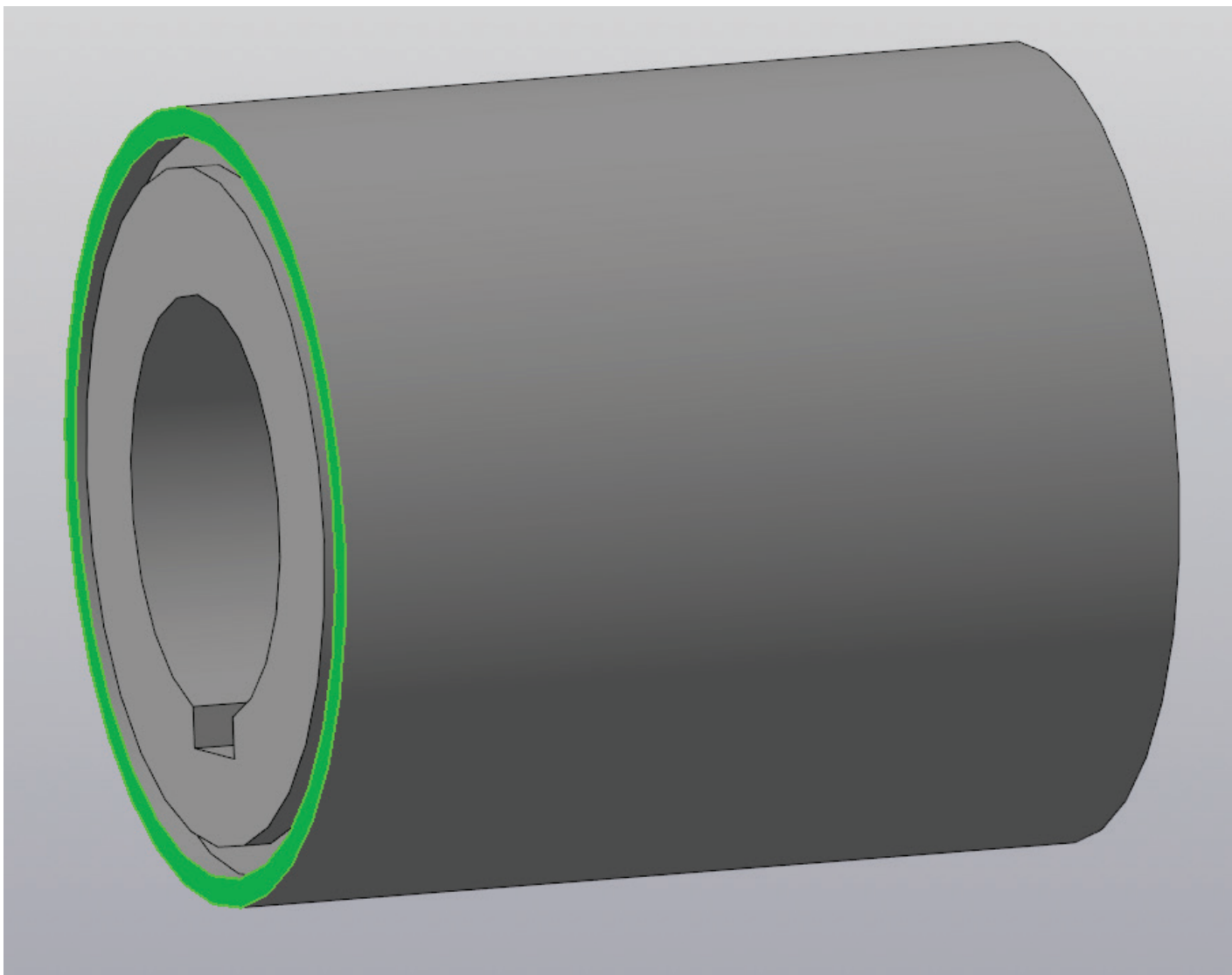


Рисунок 38 – Зубья колеса, работа с эскизом

После того, как шпоночный паз готов, наступает финальная часть построения зубчатого колеса, а именно, создание зубьев. Необходимо создать эскиз на поверхности обода колеса.

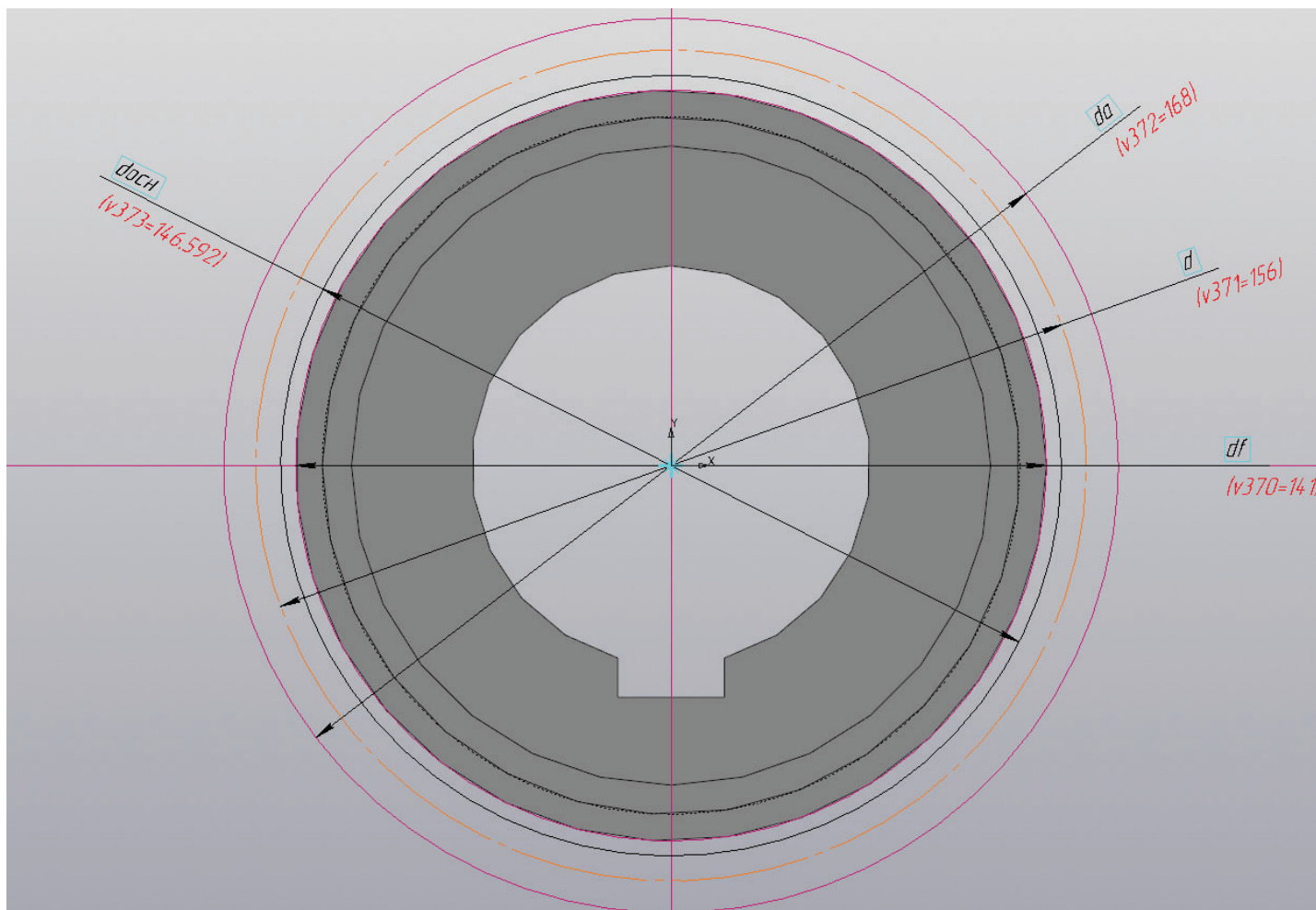


Рисунок 39 – Зубья колеса, работа с эскизом, построение вспомогательных диаметров

На созданном эскизе выполняется построение диаметра впадин, делительного диаметра окружности, диаметра вершин и диаметра основной окружности для построения эвольвенты зубчатого колеса.

Для ввода диаметра основной окружности вместо размера пишем формулу $d \cdot \cos d(20)$. Важно отметить, при использовании команды cosd, символ d означает задание косинуса в градусах, это является специальной возможностью программного обеспечения типа КОМПАС-3D.

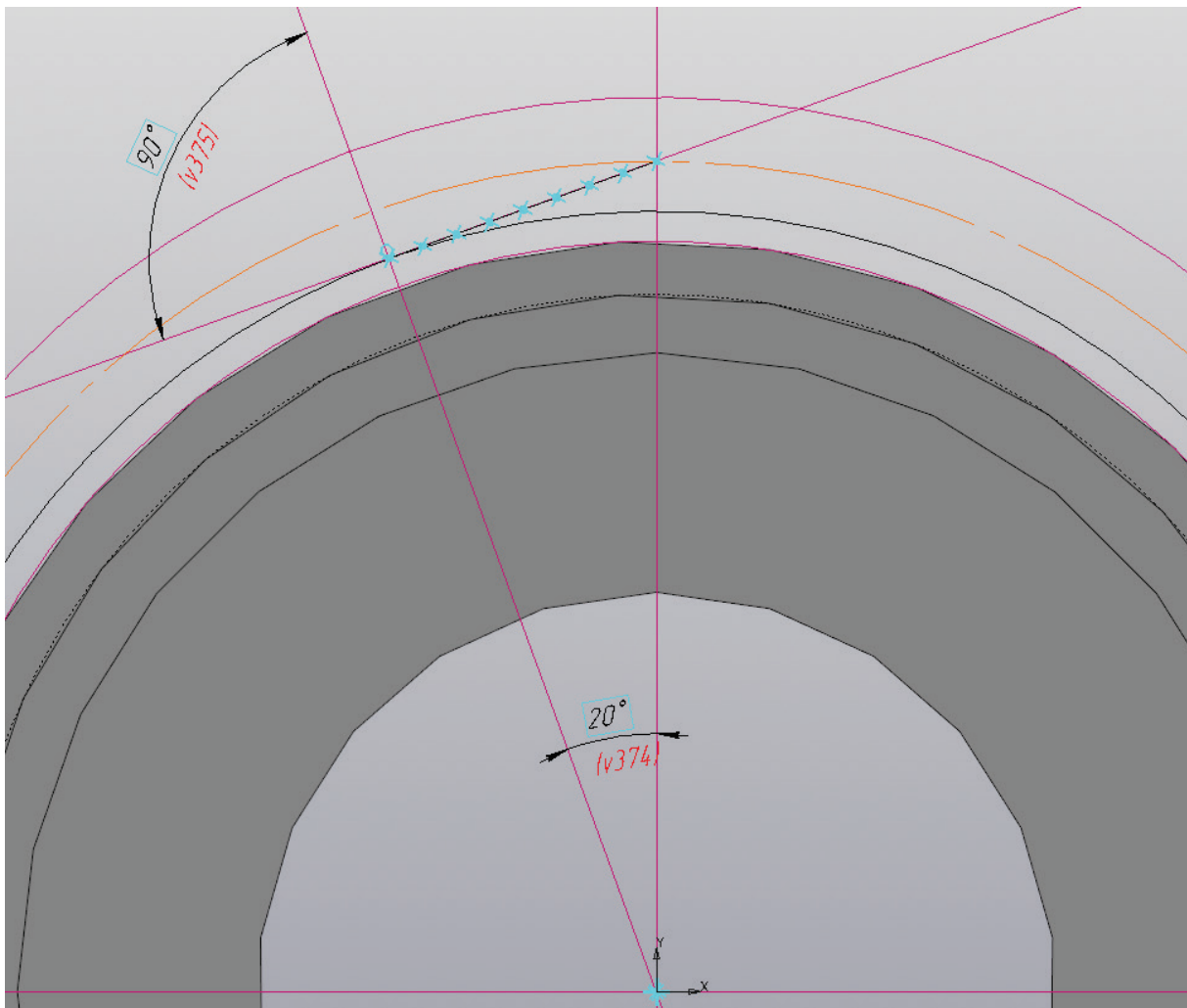


Рисунок 40 – Зубья колеса, работа с эскизом, построение вспомогательных прямых

Из начала координат проводится вспомогательная прямая под углом 20 градусов. Затем через диаметр основной окружности проводится перпендикуляр к этой прямой. Необходимо выполнить построение отрезка, соединяющего эти две точки пространства. С применением команды «Точки на кривой» необходимо разделить построенный отрезок на 8 равных участков.

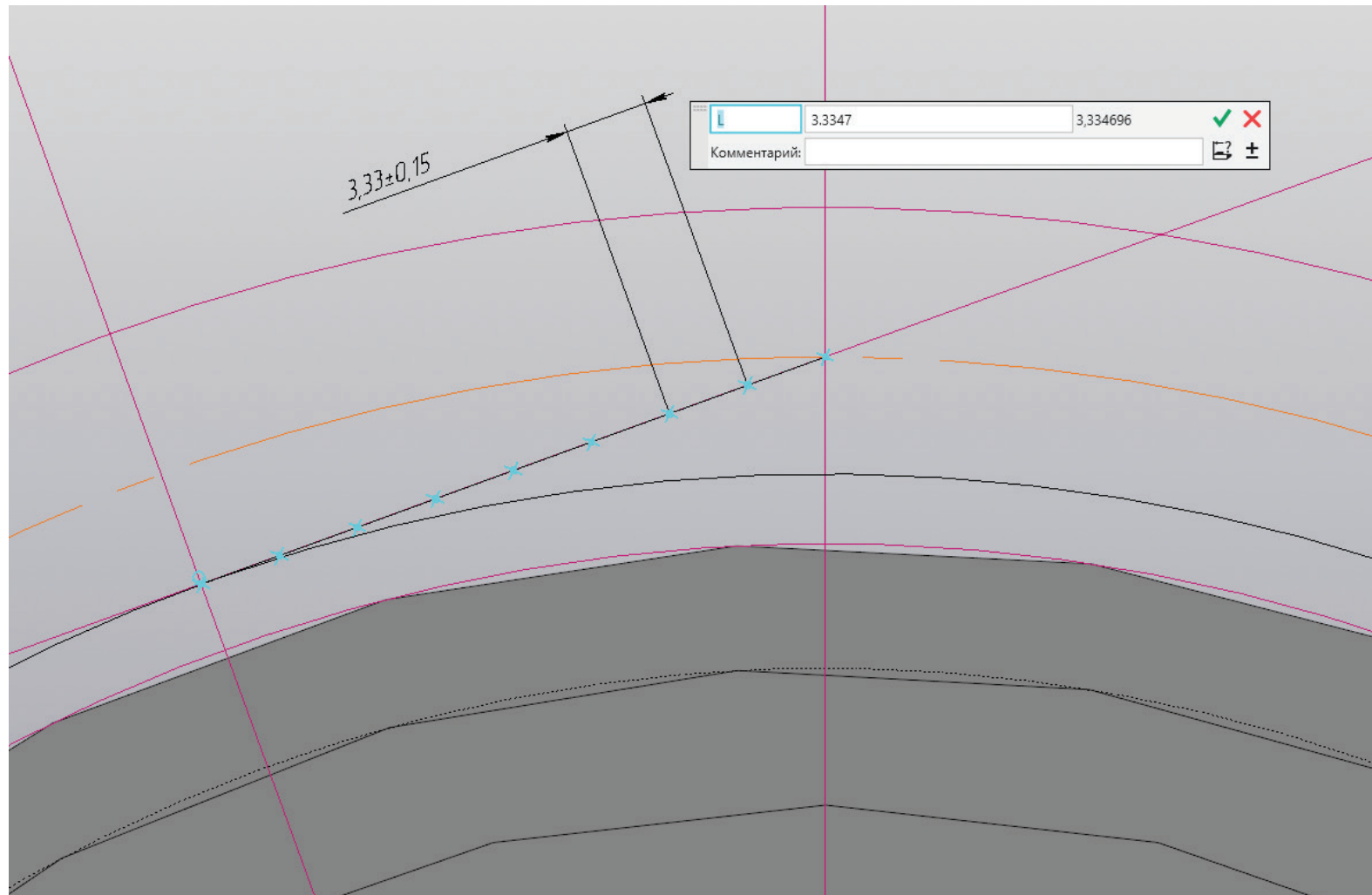


Рисунок 41 – Зубья колеса, работа с эскизом, задание новой переменной

Для удобства дальнейшего построения эвольвенты зубьев необходимо ввести новую переменную, для этого нужно измерить расстояние между двумя образованными на прямой точками и присвоить этому размеру новую переменную. В данном случае в качестве переменной используется заглавная буква L, однако допускается применение строчных буквенных символов.

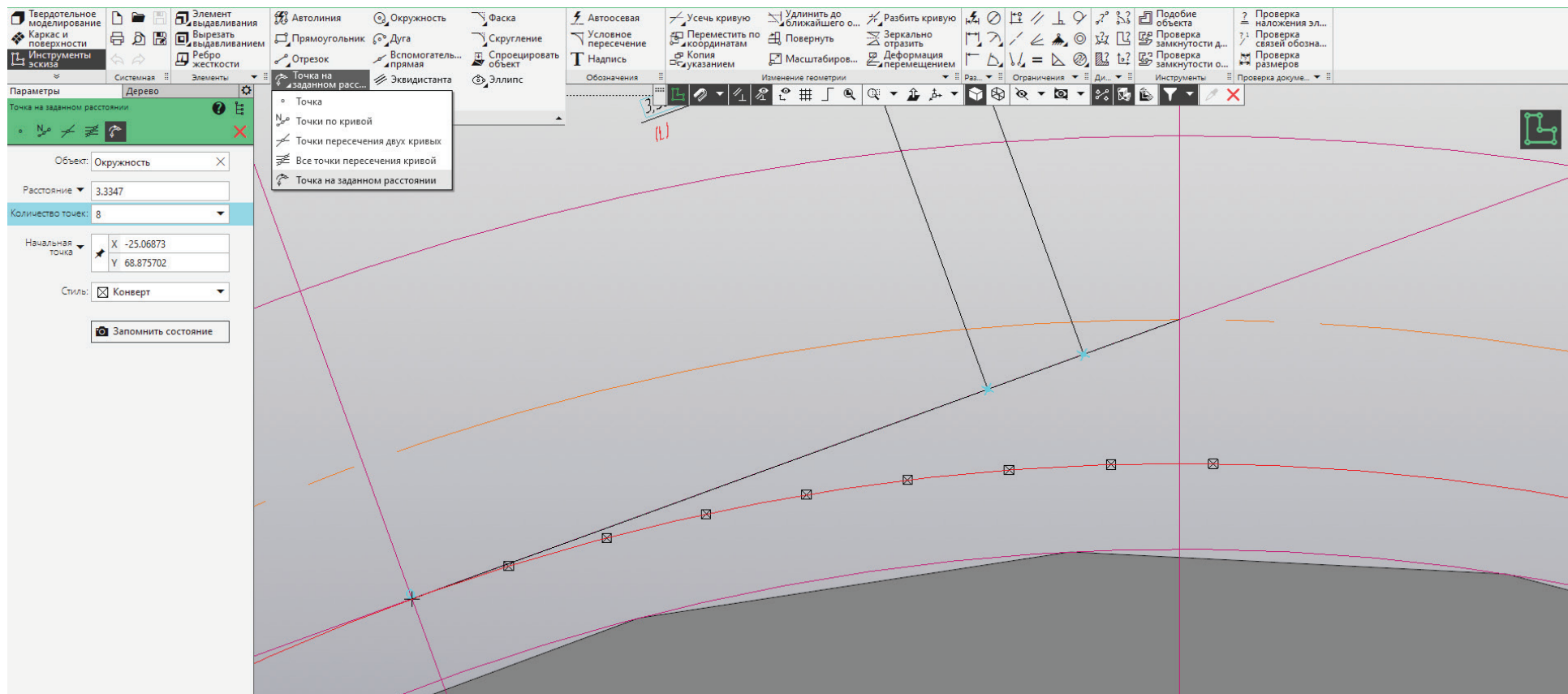


Рисунок 41 – Зубья колеса, работа с эскизом, точки на кривой

Обозначив расстояние между двумя точками на прямой, за новую переменную необходимо отложить по 8 таких отрезков на окружности основного диаметра. Для этого применяется команда «Точка на заданном расстоянии», в качестве расстояния указывается новая переменная «L». Начальной точкой будет точка пересечения основной окружности и наклонной вспомогательной прямой. Отложив нужное количество точек вправо от вспомогательной прямой, необходимо сделать тоже самое влево.

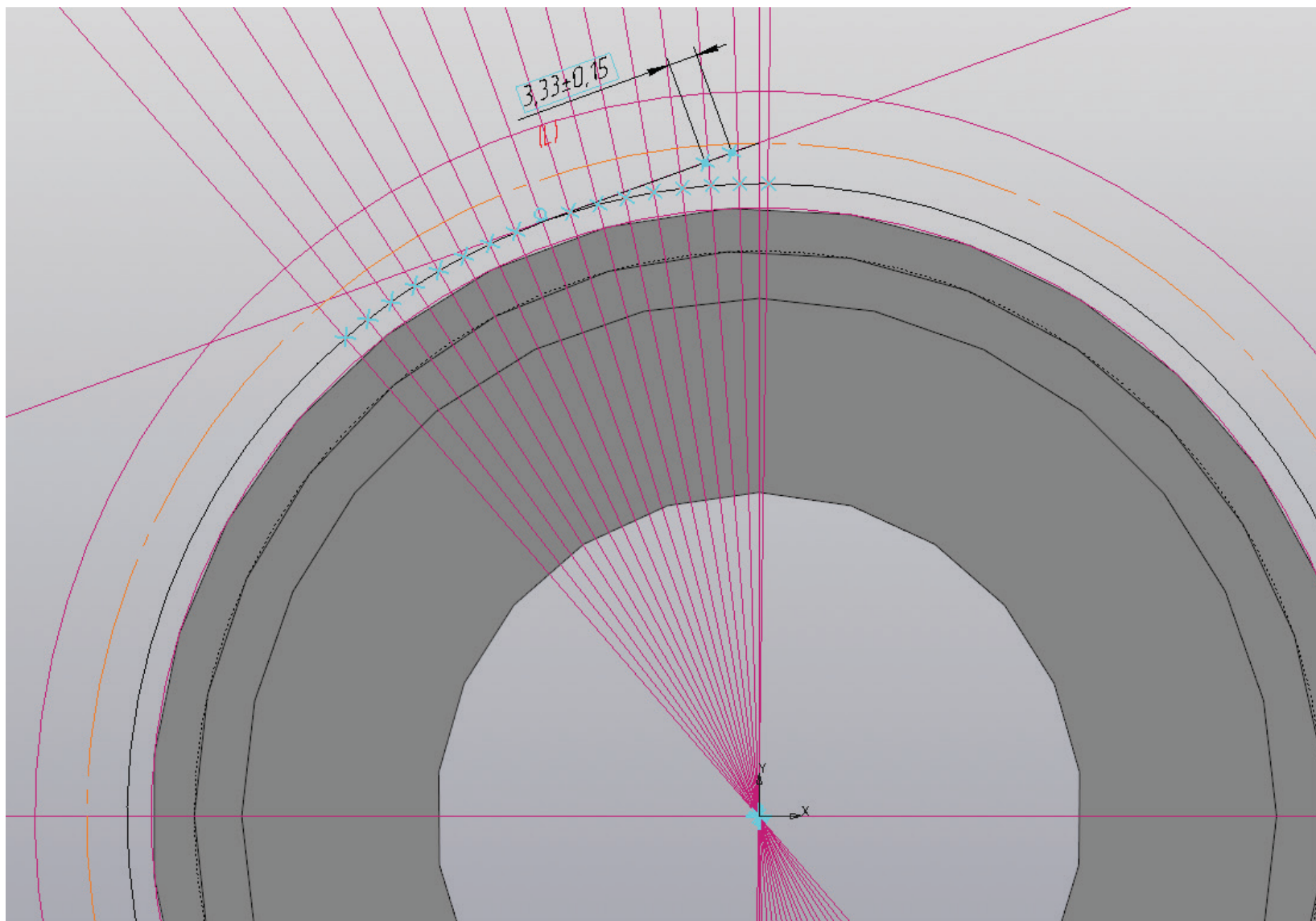


Рисунок 42 – Зубья колеса, работа с эскизом, вспомогательная геометрия

Через каждую точку на окружности необходимо провести вспомогательную прямую через центр.

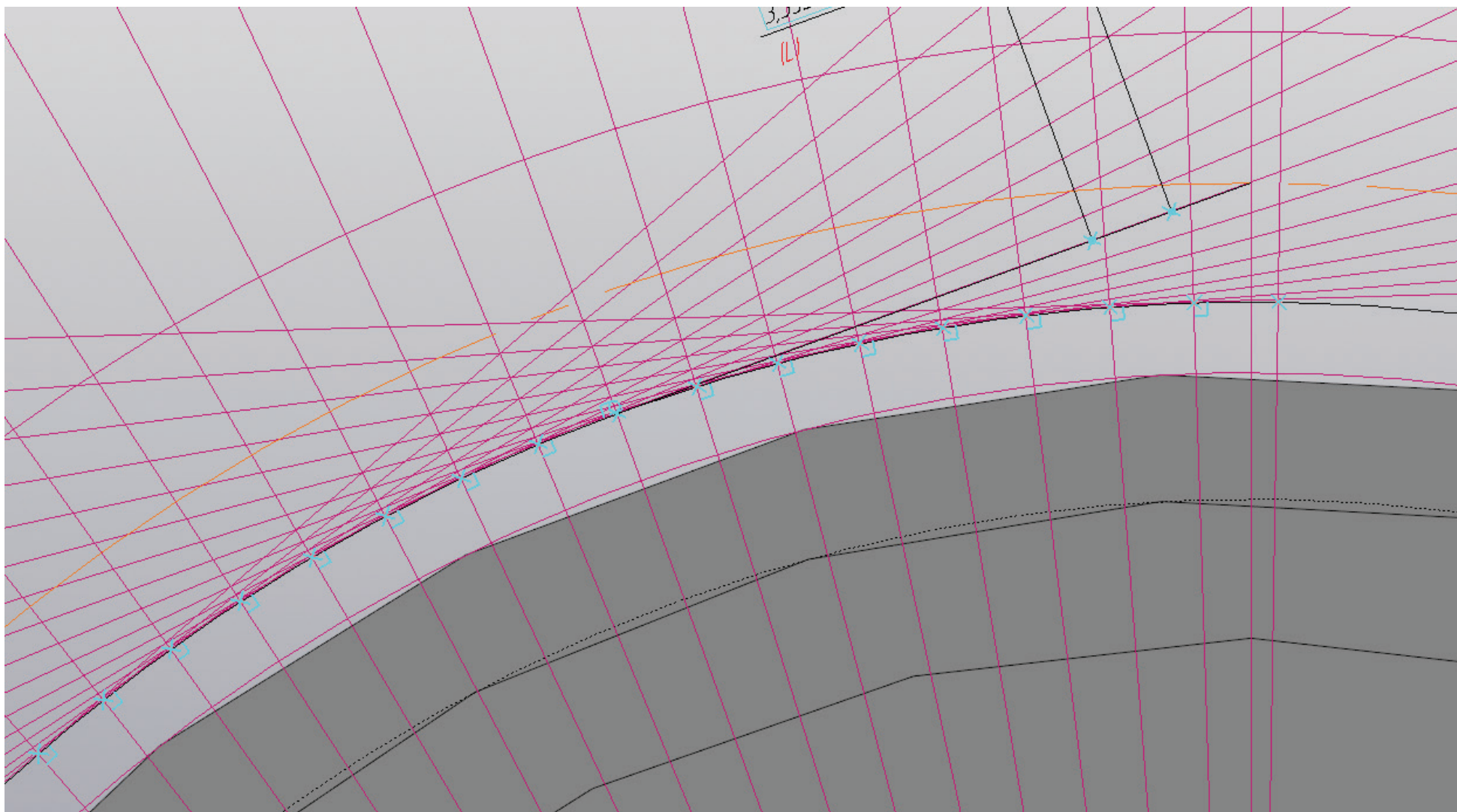


Рисунок 43 – Зубья колеса, работа с эскизом, построение перпендикулярных прямых

К каждой построенной ранее вспомогательной прямой, за исключением самой первой, необходимо построить перпендикулярную прямую.

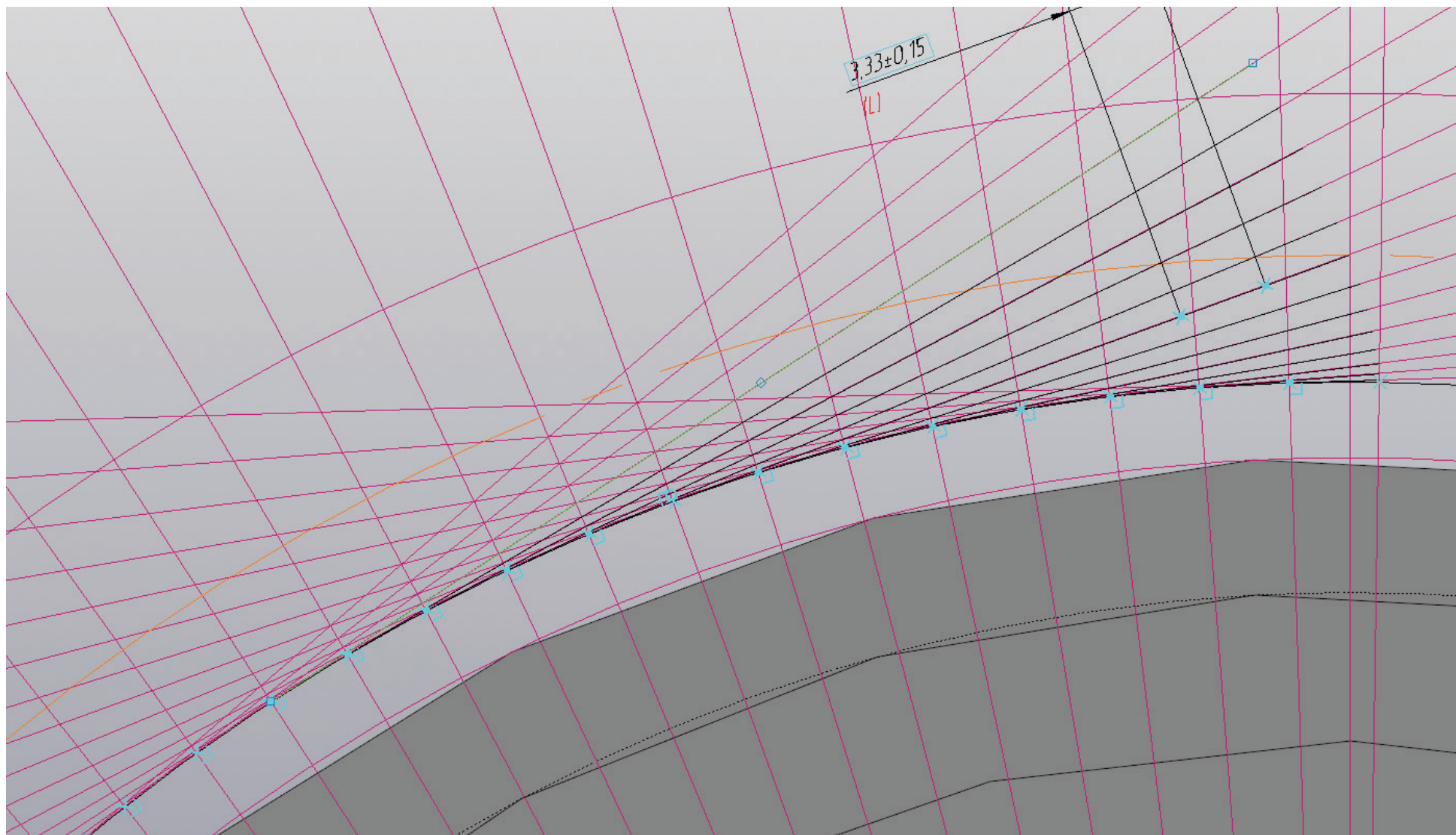


Рисунок 44 – Зубья колеса, работа с эскизом, построение эвольвенты

На каждой перпендикулярной прямой предстоит отложить отрезок равный L , $2L$, $3L$ и т.д. Построение выполняется до тех пор, пока один из отрезков не пересечет окружность характерную для диаметра вершин.

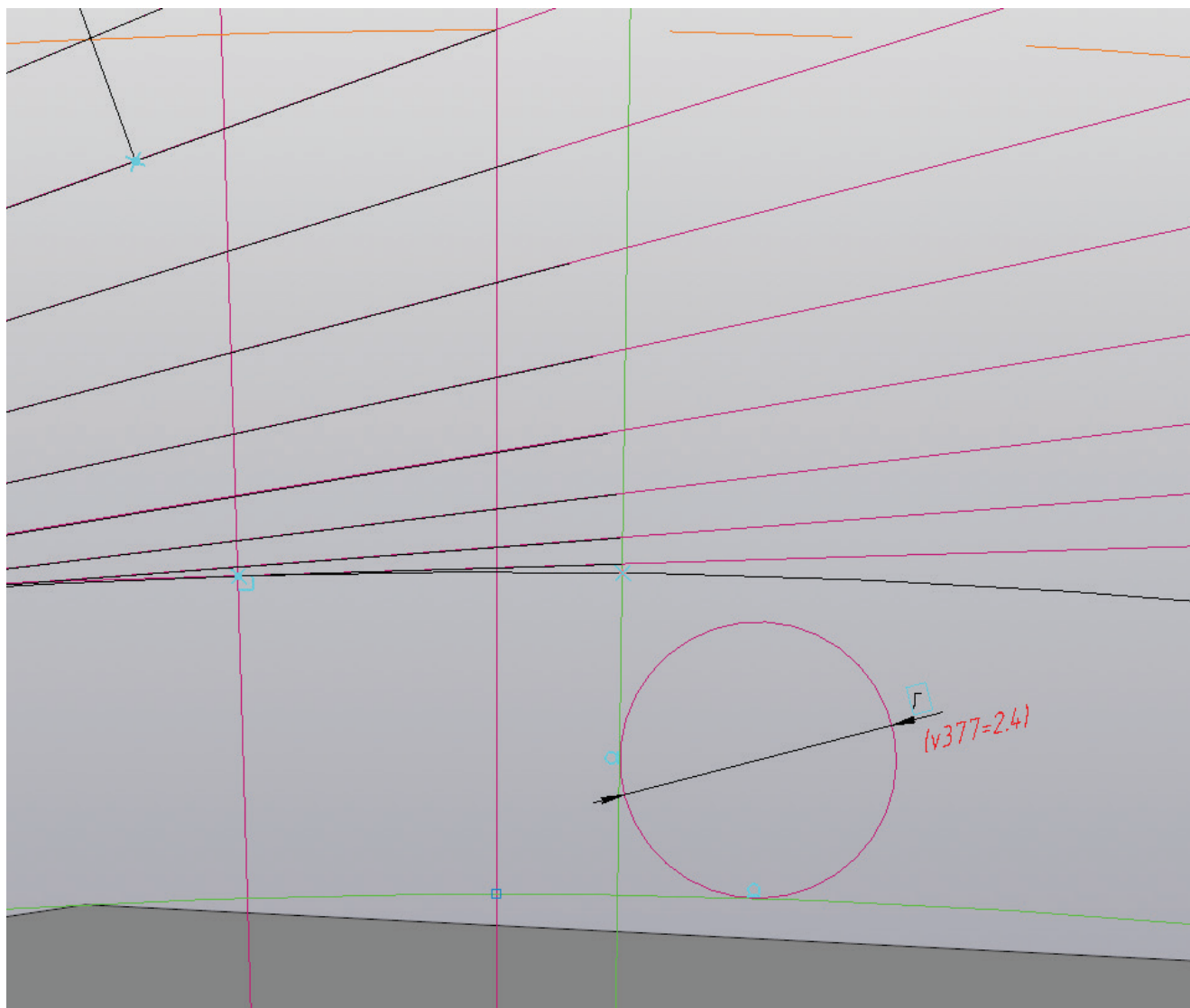


Рисунок 45 – Зубья колеса, работа с эскизом, построение радиуса скругления впадины зуба

Для построения радиуса скругления впадины зуба требуется построить окружность между двумя вспомогательными прямыми из крайней точки и окружностью, образованной диаметров впадин.

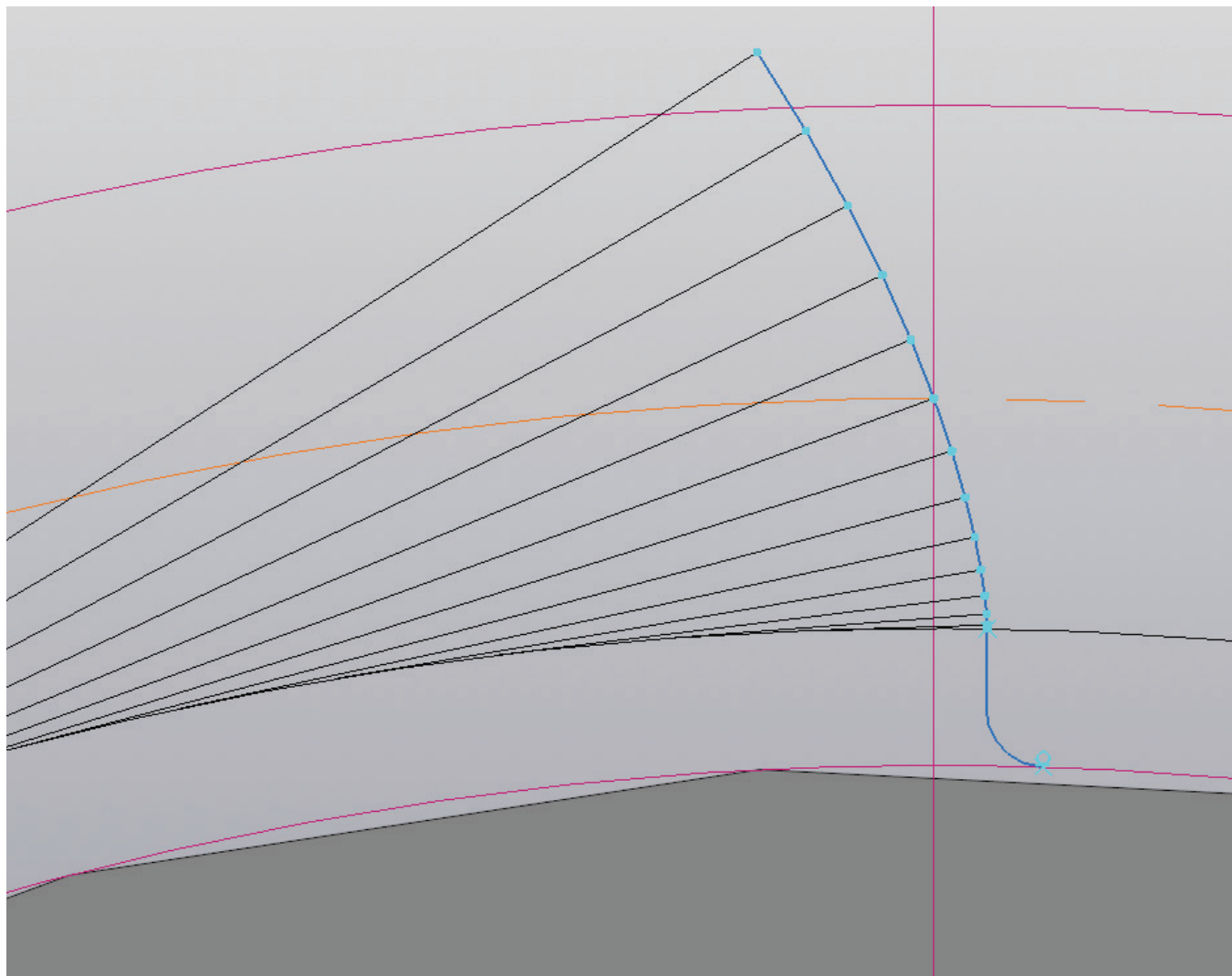


Рисунок 46 – Зубья колеса, работа с эскизом, применение автолинии

Изменив стиль окружности на основную, ее необходимо усечь до пресечения со вспомогательными прямыми. При применении команды «Автолиния» осуществляется непрерывный ввод отрезков для концов отрезков и части окружности. После этого удаляются все ненужные вспомогательные элементы.

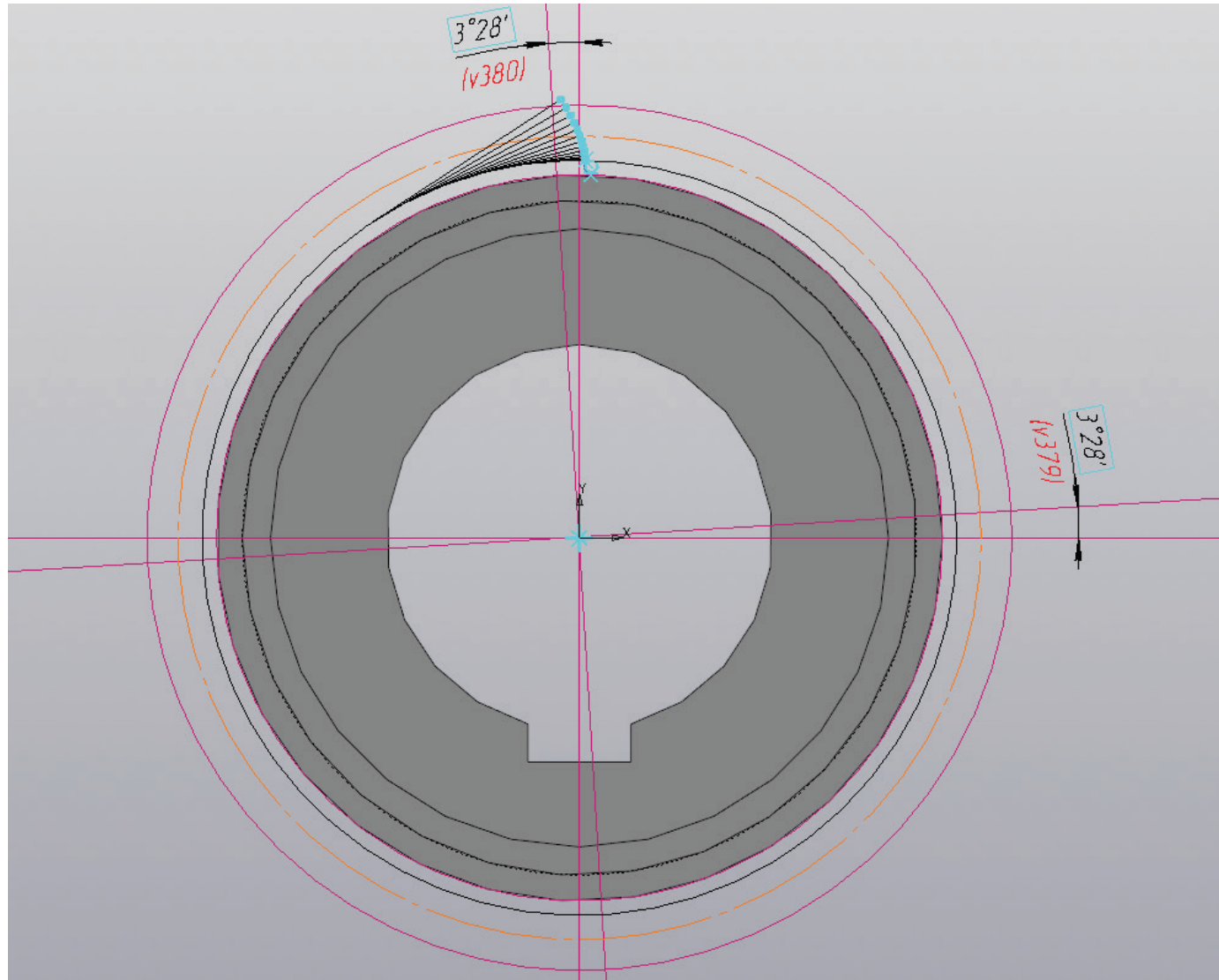


Рисунок 47 – Зубья колеса, работа с эскизом, построение оси симметрии зуба

Через центр необходимо построить вспомогательную прямую под углом β . Выделив эту прямую, необходимо использовать команду «Поворот», после чего прямая поворачивается на 90 градусов против часовой стрелки.

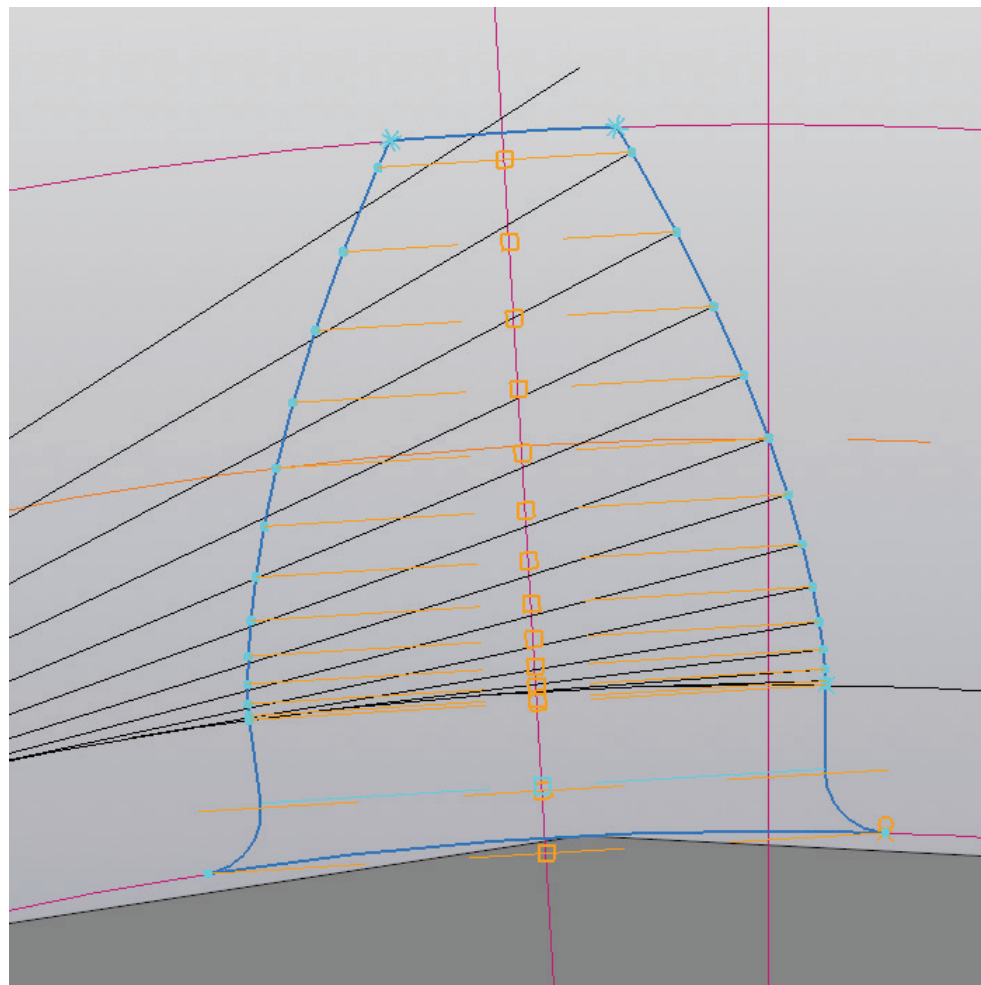


Рисунок 48 – Зубья колеса, работа с эскизом, создание зуба

Выделив полученную ранее автолинию, необходимо ее зеркально отразить относительно построенной вспомогательной прямой под углом β . Получив зеркальную копию, необходимо обрезать края эвольвенты зуба до окружности с диаметром вершин. После чего точки вершин зуба соединяются посредством построения дуги по трем точкам. Тоже самое проделывается для основания зуба. Кроме того, вместо использования дуги можно применить построение окружности с дальнейшим усечением контура.

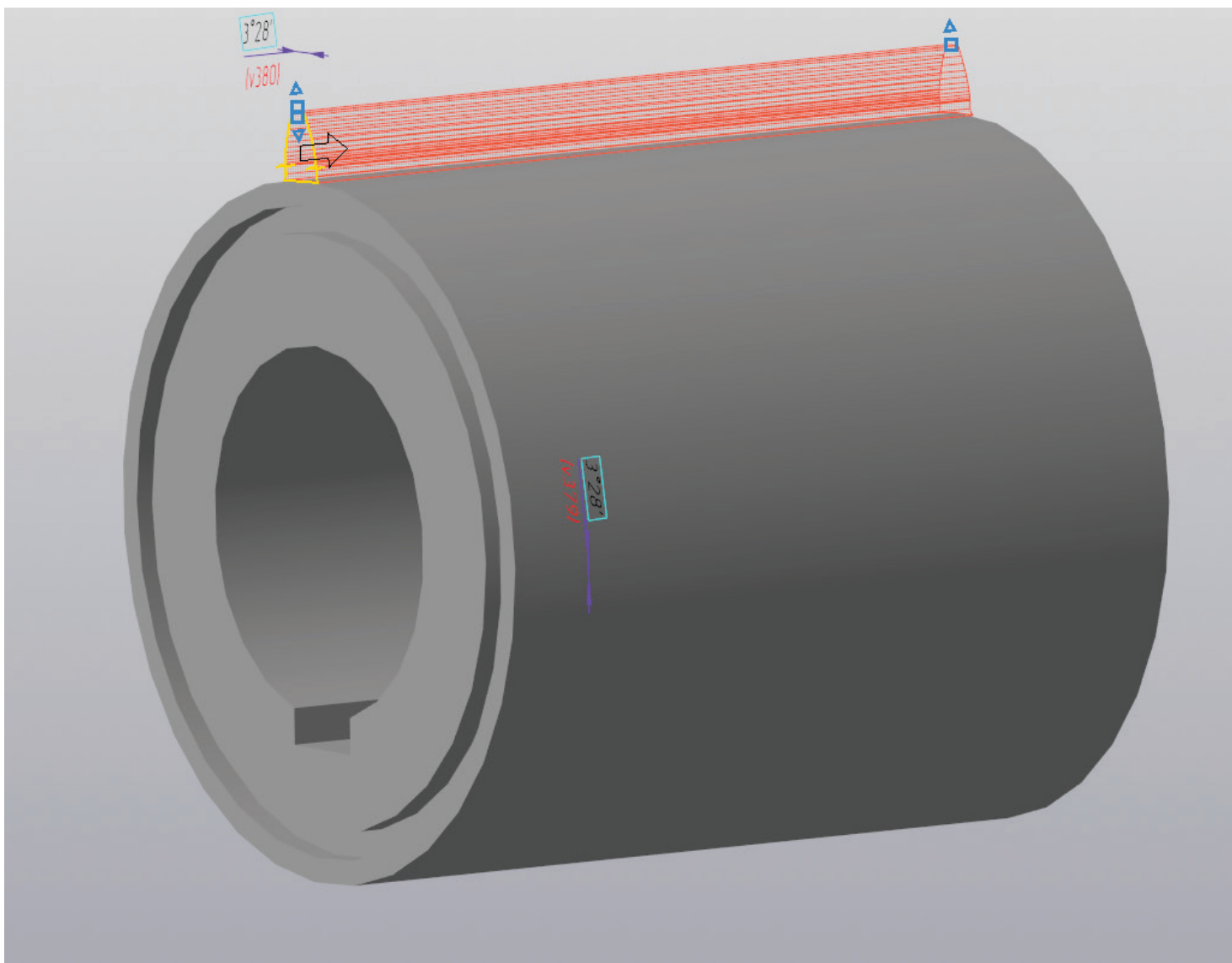


Рисунок 49 – Зубья колеса, придание трехмерной формы

К построенному эскизу применяется команда выдавливания до последней поверхности зубчатого колеса.

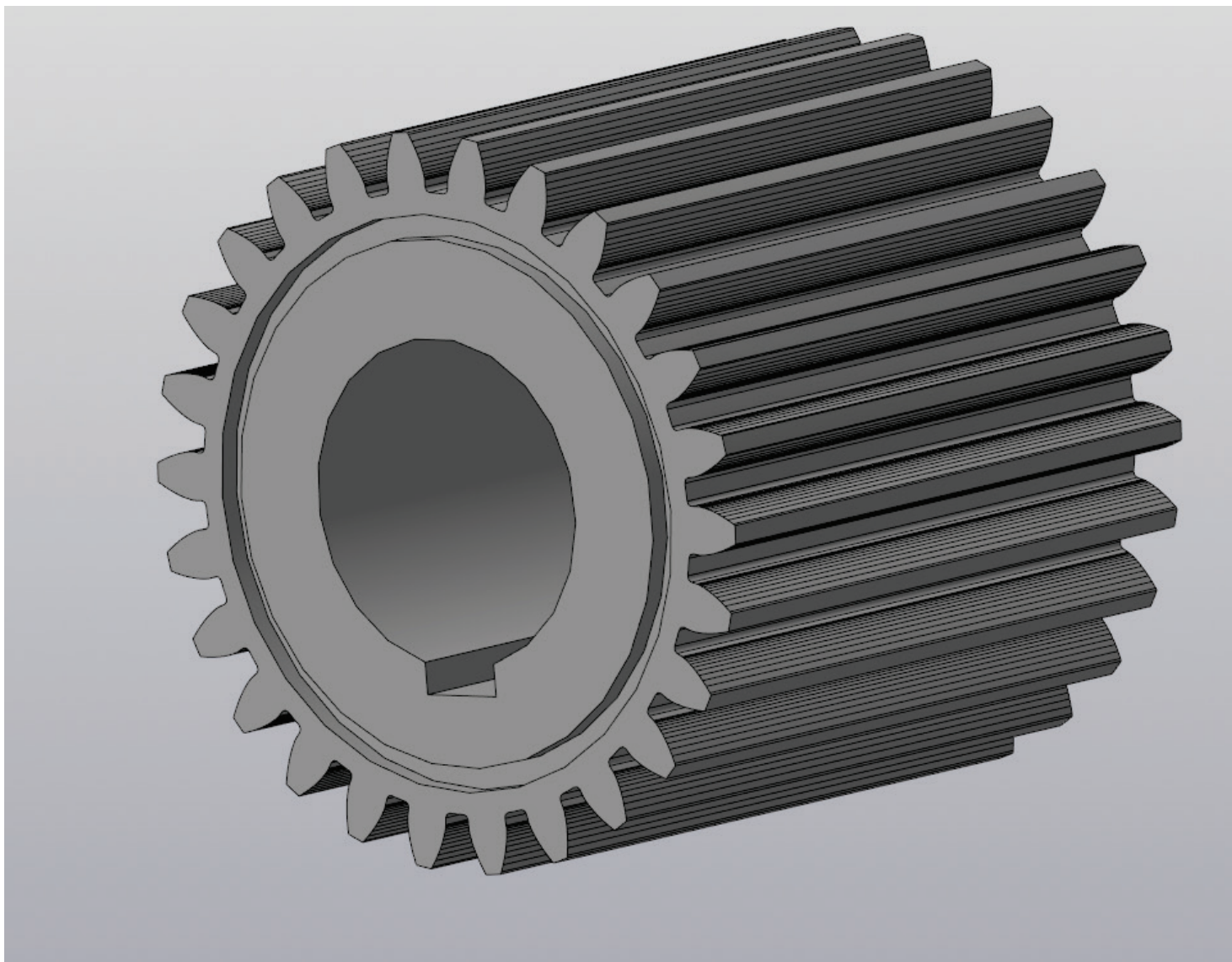


Рисунок 50 – Зубчатое колесо

С помощью массива по окружности количество зубьев колеса увеличивается до необходимого значения.

АЛЬТЕРНАТИВНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

Альтернативный способ создания зубчатого колеса заключается в использовании приложения для автоматического создания трехмерной модели по рассчитанным значениям. Применяя этот способ создания, на экране загрузки необходимо создать чертеж любого формата, поскольку создание чертежа зубчатого колеса, в любом случае, необходимо для указания в дальнейшем расчете приводной станции и сборочного чертежа промежуточного вала.

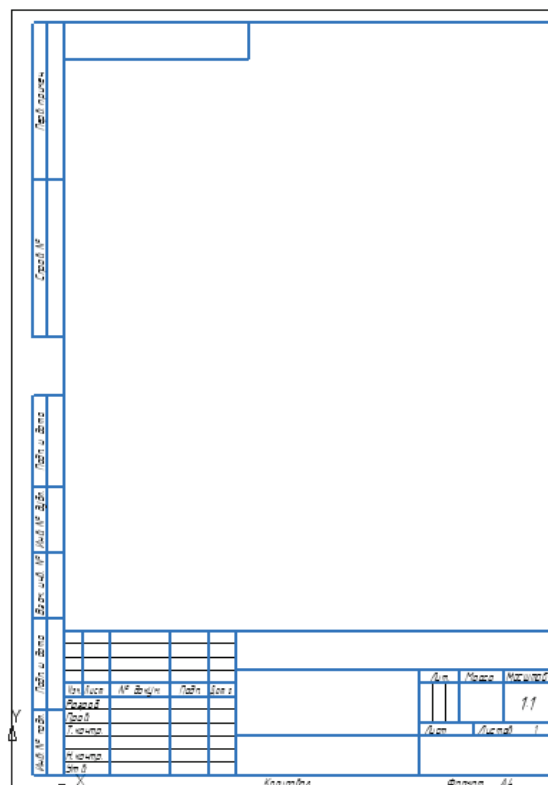


Рисунок 51 – Создание шестерни через чертеж

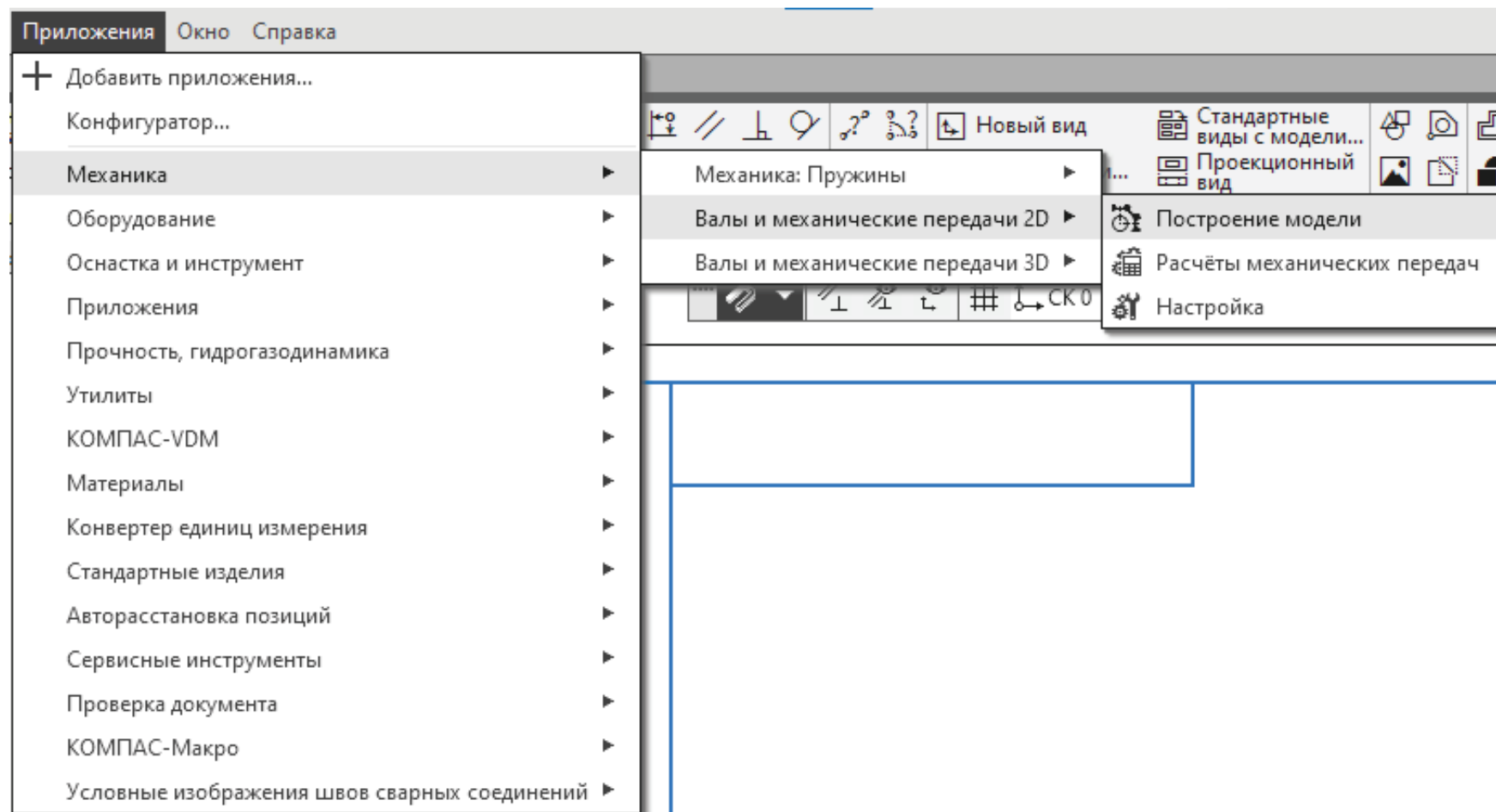


Рисунок 52 – Создание шестерни, приложение «Механика»

Для создания чертежа по расчетным данным необходимо выбрать в строке меню пункт «Приложения». Из раскрывшегося списка выбрать «Механика». Во вкладке «Механика» раскрыть строку «валы и механические передачи в 2D», после чего выбрать строку «Построение модели».

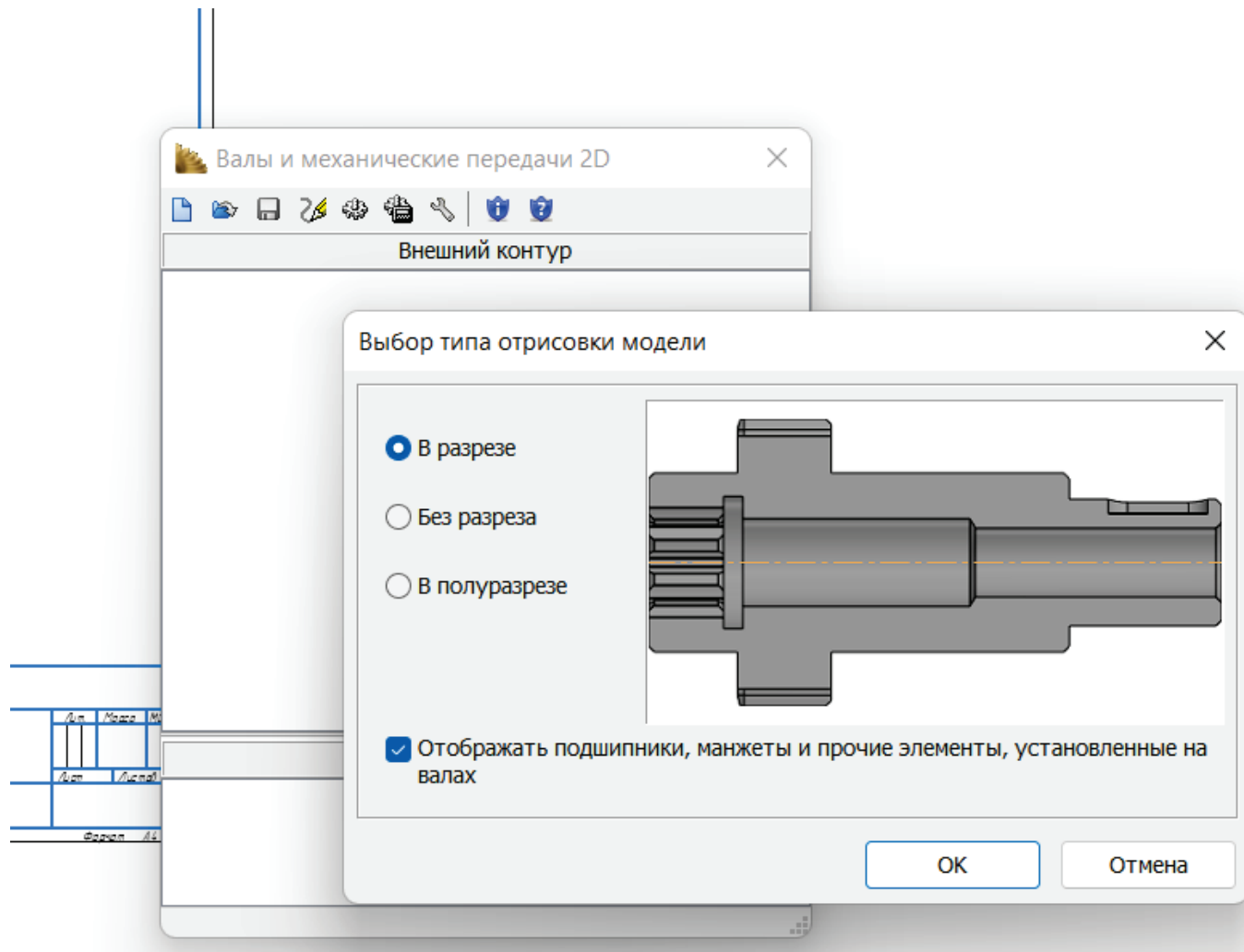


Рисунок 53 – Создание новой модели шестерни

В открывшемся меню необходимо создать новую модель, для этого предстоит нажать на синий файл в строке меню. При выборе типа отображения модели предстоит выбрать вид в разрезе, поскольку он будет нести больше информации об элементе. После этого окно создания модели пропадает до тех пор, пока не будет указана точка построения модели, это может быть любая точка пространства.

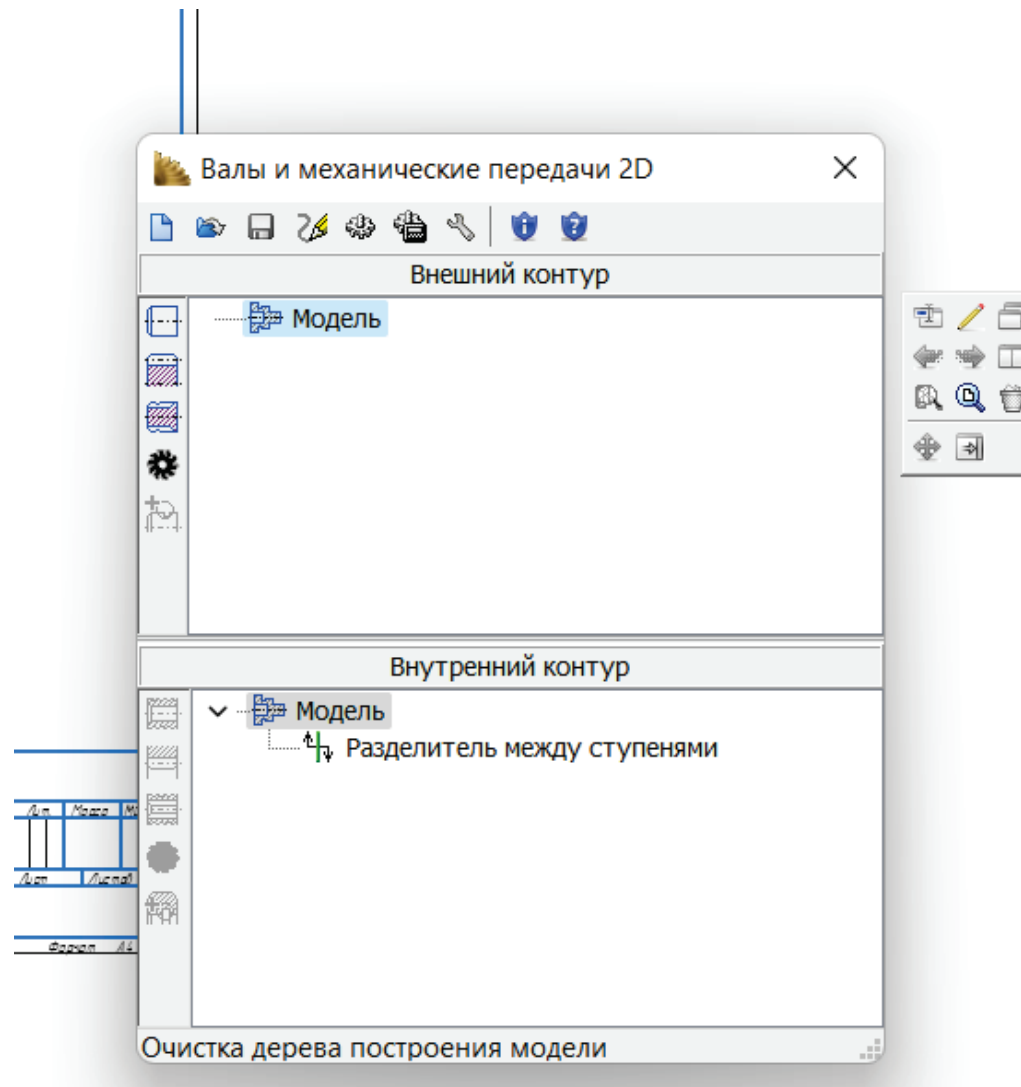


Рисунок 54 – Рабочее меню модели

При указании точки пространства, в котором будет выполняться построение модели, открывается меню рабочей модели (рис. 54).

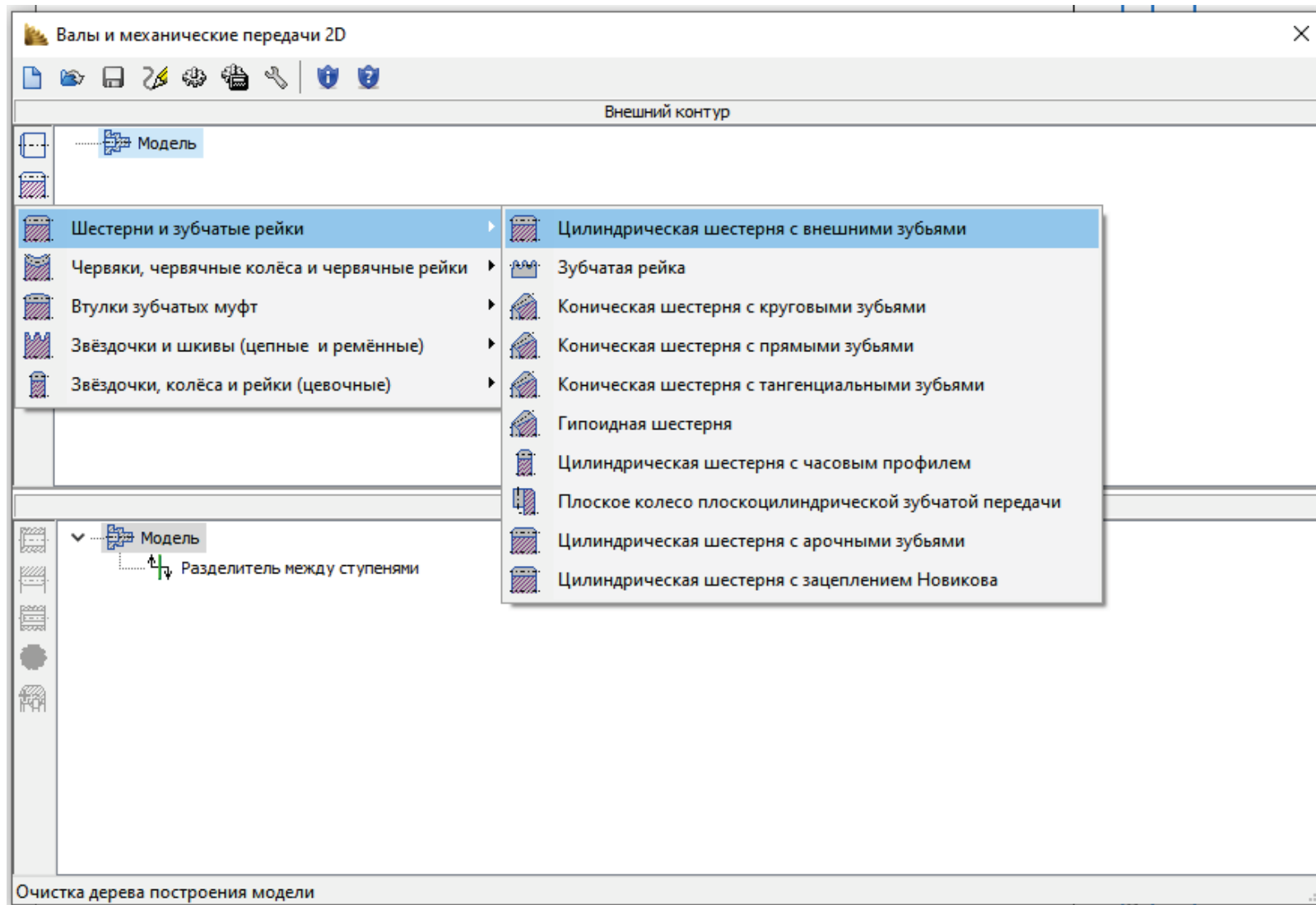


Рисунок 55 – Выбор цилиндрической шестерни с внешними зубьями

Выбрав из левого столбца команд «Элементы механических передач» в открывшемся окне предстоит выбрать «Шестерни и зубчатые рейки», а в новой вкладке выбрать команду «Цилиндрическая шестерня с внешними зубьями».

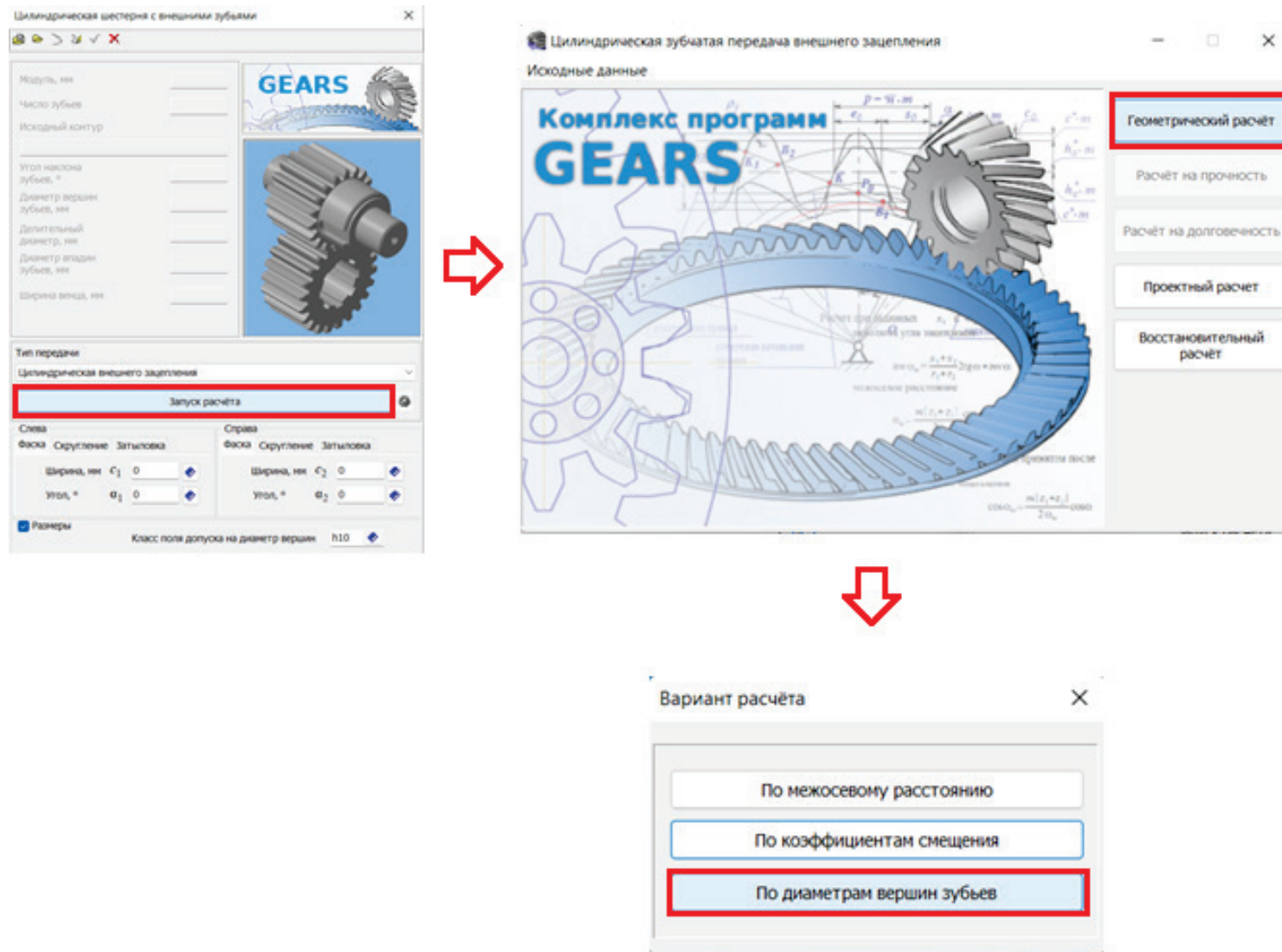


Рисунок 56 – Выполнение расчета по диаметрам вершин зубьев

В открывшемся окне расчета необходимо нажать на клавишу «Запустить расчет». Затем необходимо выполнить геометрический расчет по диаметрам вершин зубьев.

Наименование и обозначение параметра		Ведущее колесо	Ведомое колесо
1. Число зубьев	z_1, z_2	35	90
2. Модуль, мм	m_n	4	
9. Ширина зубчатого венца, мм	b_1, b_2	83.75	78.75
10. Диаметры вершин колес, мм	$d_{a1,2}$	148	368

Рисунок 57 – Выставление ключевых параметров расчета зубчатого колеса

Наименование и обозначение параметра	Ведущее колесо	Ведомое колесо
Степень точности	7-C 	☐ 7-C 
Суммарный коэффициент смещения	x_Σ	0 
Коэффициент смещения исходного контура	x_1, x_2	0  0 
Расчётный диаметр вершин зубьев, мм	d_{a1}, d_{a2}	148 368
Фактический диаметр вершин зубьев, мм	d'_{a1}, d'_{a2}	148 368
Ход расчёта		
☐ Контролируемые и измерительные параметры		
Возможность измерения постоянной хорды	Есть	Есть
Возможность измерения длины общей нормали	Есть	Есть
Возможность измерения размера по роликам	Есть	Есть
☐ Критерии качества зацепления		
Подрезание зубьев	Нет	Нет
Интерференция зубьев	Нет	Нет
Заострение зубьев	Нет	Нет
Коэффициент перекрытия в пределах нормы	Да	
Самопересечение контура выреза зуба	Нет	Нет
Контролируемые, измерительные критерии и критерии качества зацепления в норме		

Рисунок 58 – Запуск геометрического расчета зубчатого колеса

В открывшемся окне геометрического расчета необходимо задать число зубьев ведущего и ведомого колес. Задав необходимые параметры следует перейти к заполнению поля с модулем зацепления зубчатого колеса. Для этого необходимо выбрать нужный параметр модуля из библиотеки, предварительно нажав на специальный символ, как на рисунке 57. После задания модуля необходимо задать ширину зубчатого венца и диаметр вершин колес, все значения вписываются вручную с клавиатуры. После того, как данные заполнены, открывается страница 2, на которой предстоит нажать на кнопку калькулятора, расположенную в левом верхнем углу (рис. 58).

Наименование и обозначение параметра		Ведущее колесо	Ведомое колесо
Степень точности	—	7-C	7-C
Суммарный коэффициент смещения	x_{Σ}	0	0
Коэффициент смещения исходного контура	x_1, x_2	0	0
Расчётный диаметр вершин зубьев, мм	d_{a1}, d_{a2}	148	368
Фактический диаметр вершин зубьев, мм	d'_{a1}, d'_{a2}	148	368

Ход расчёта

Контролируемые и измерительные параметры		
Возможность измерения постоянной хорды	Есть	Есть
Возможность измерения длины общей нормали	Есть	Есть
Возможность измерения размера по роликам	Есть	Есть

Критерии качества зацепления		
Подрезание зубьев	Нет	Нет
Интерференция зубьев	Нет	Нет
Заострение зубьев	Нет	Нет
Коэффициент перекрытия в пределах нормы	Да	
Самопересечение контура выреза зуба	Нет	Нет

Контролируемые, измерительные критерии и критерии качества зацепления в норме

Рисунок 59 – Завершение геометрического расчета

В тот момент, когда программа закончит расчет и сообщит о том, что измерительные и критерии качества зацепления в норме, можно завершать расчет нажатием на соответствующую клавишу в строке меню, как показано на рисунке 59. Автоматически открывается окно для выбора построения объекта шестерни или колеса (рис. 60). Поскольку интересует ведущее колесо, то необходимо выбрать «Шестерню» в качестве объекта построения.

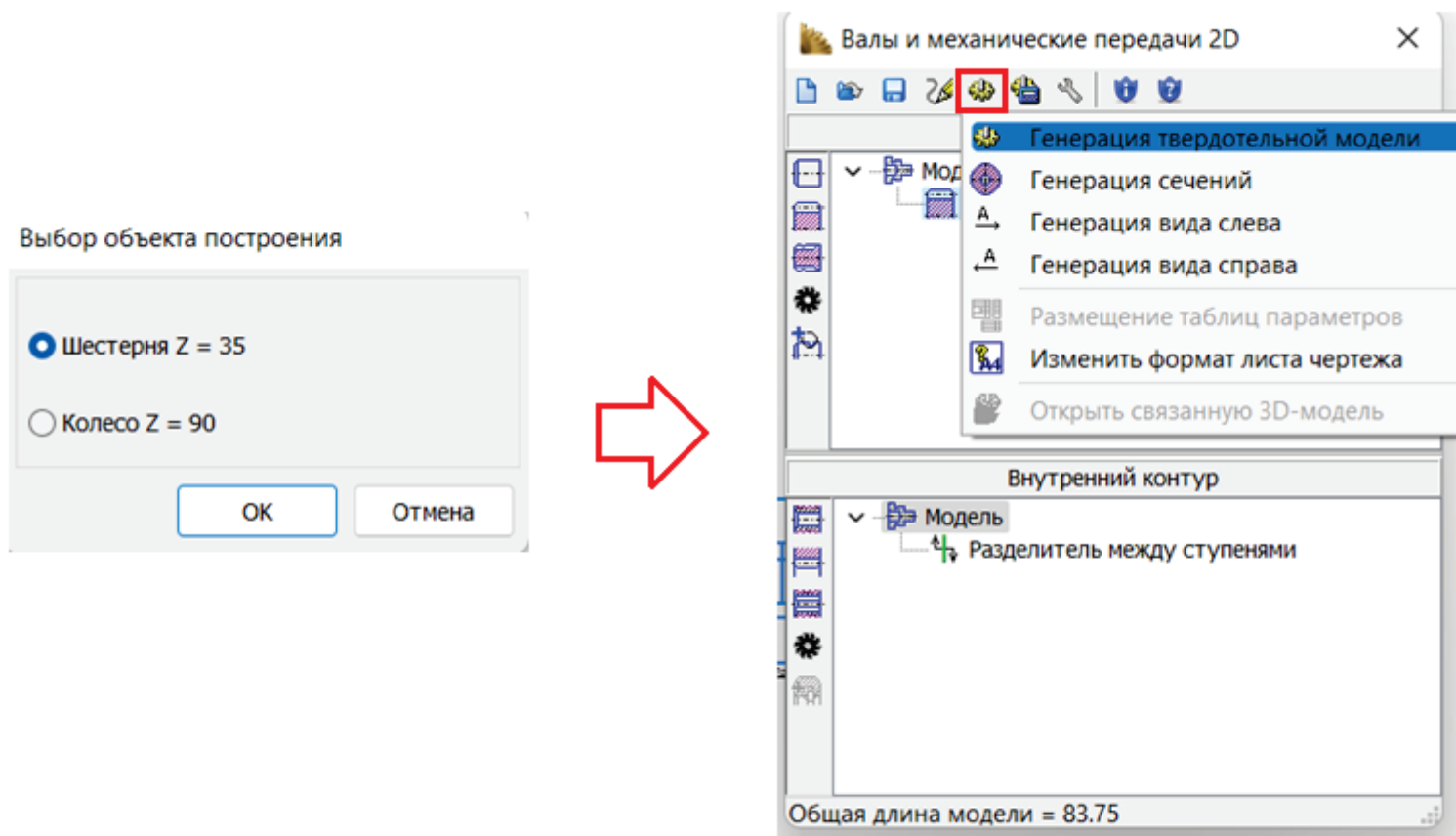


Рисунок 60 – Построение шестерни и генерация твердотельной модели

После нажатия клавиши «ОК» программа возвращает пользователя в исходное окно. В строке меню необходимо выбрать генерацию твердотельной модели, как показано на второй итерации рисунка 60. В момент генерации перед пользователем открывается новая вкладка с деталью. Для дальнейшего редактирования детали необходимо перейти на открывшуюся вкладку и приступить к редактированию модели. Первостепенно необходимо выбрать одну из плоскостей шестерни и создать на ней эскиз, как показано на рисунке 62.

Создается окружность диаметром $d5$ мм и выполняется паз под большую шпонку промежуточного вала. Значение $d5$ брать из размеров промежуточного вала.

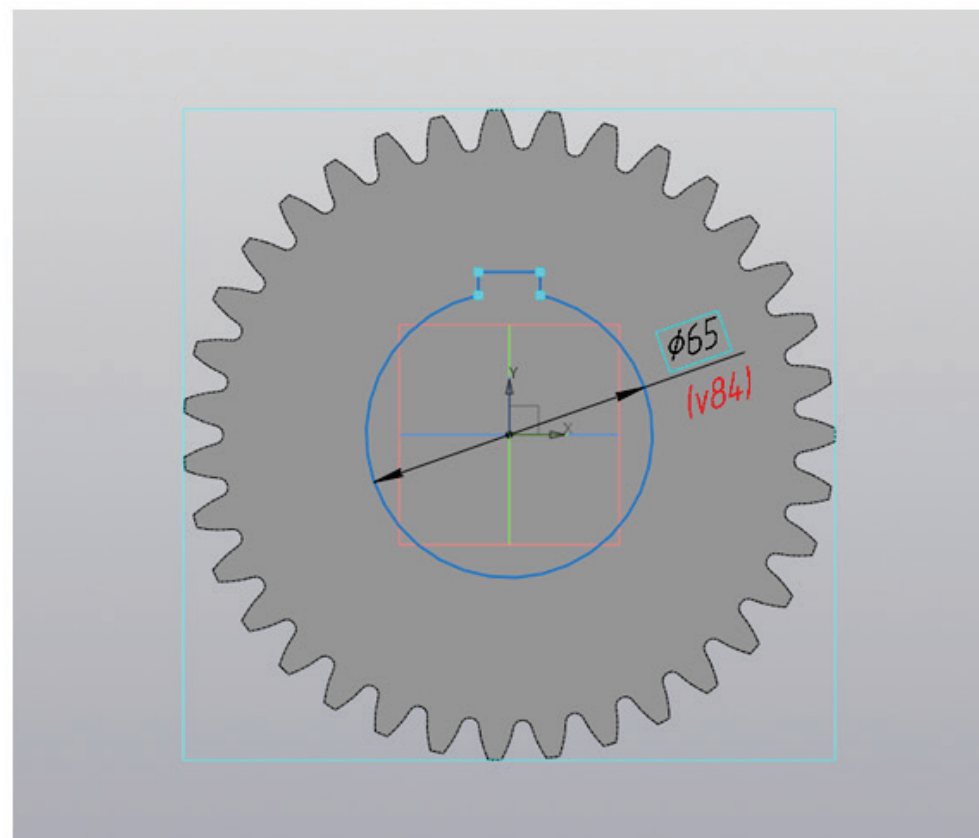
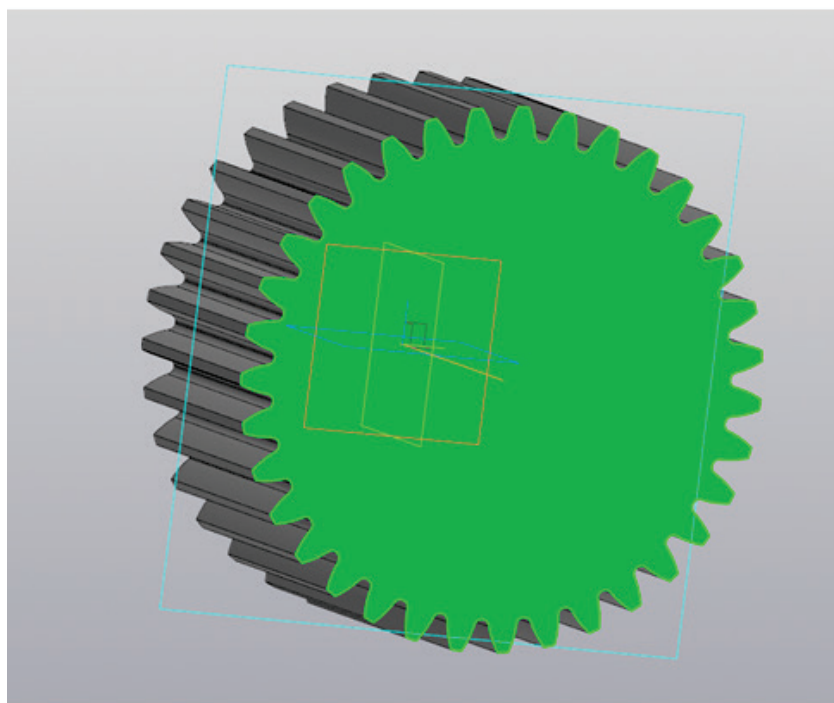


Рисунок 62 – Создание эскиза на плоскости шестерни

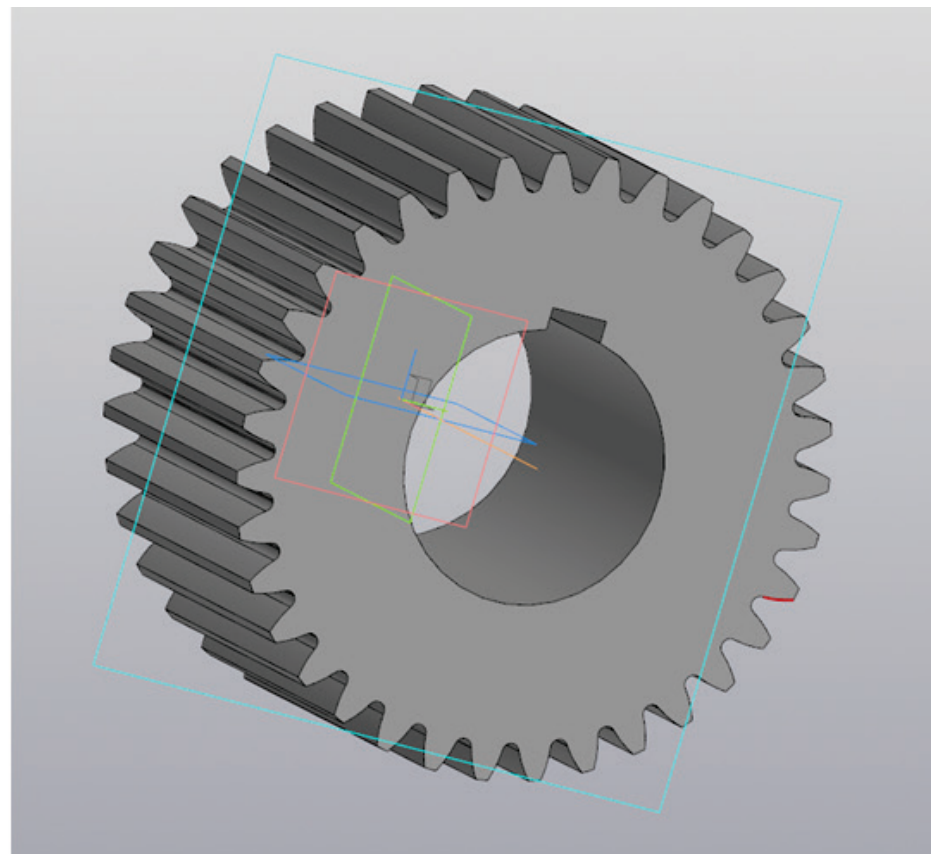
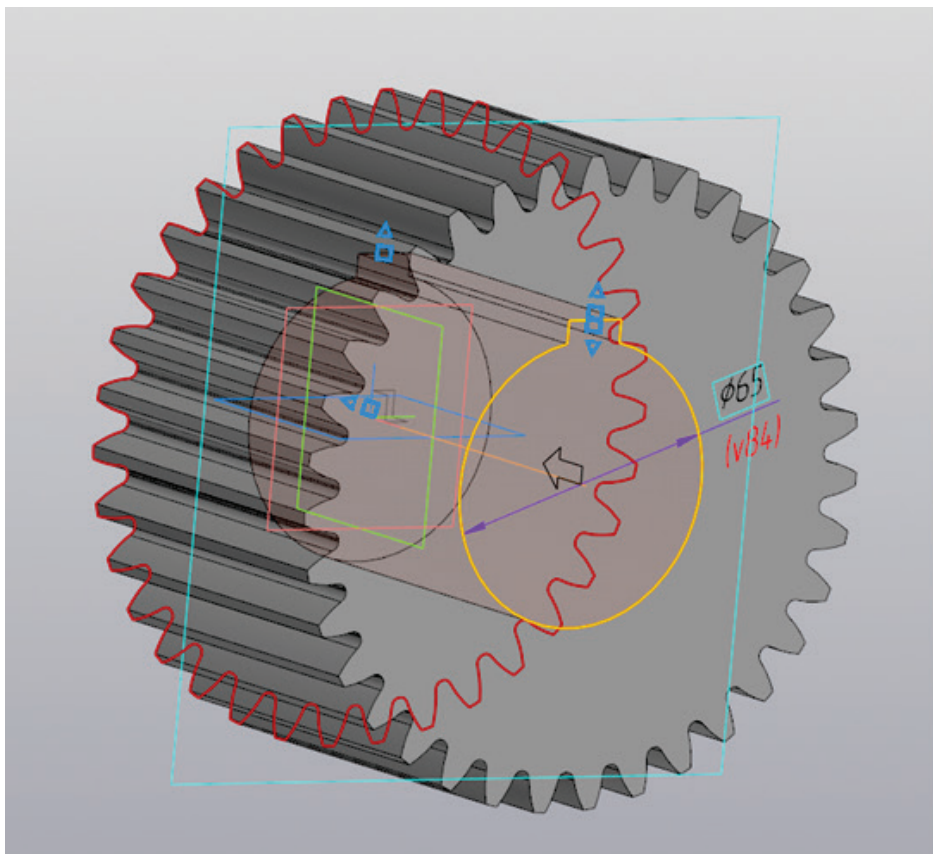


Рисунок 63 – Работа с эскизом, создание отверстия для вала и шпоночного паза

Выполнив эскиз, нужно применить команду «Вырезать выдавливанием» на всю длину зубчатого колеса. После завершения всех итераций необходимо сохранить полученную трехмерную модель.

КОНСТРУИРОВАНИЕ РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ

Перед началом построения необходимо выполнить расчет ременной передачи и сконструировать ведущий и ведомый шкивы ременного привода.

Для создания ременного привода необходимо создать сборку, в которую добавляется ведущий шкив как компонент из файла. Координаты для размещения детали XYZ (0;0;0).

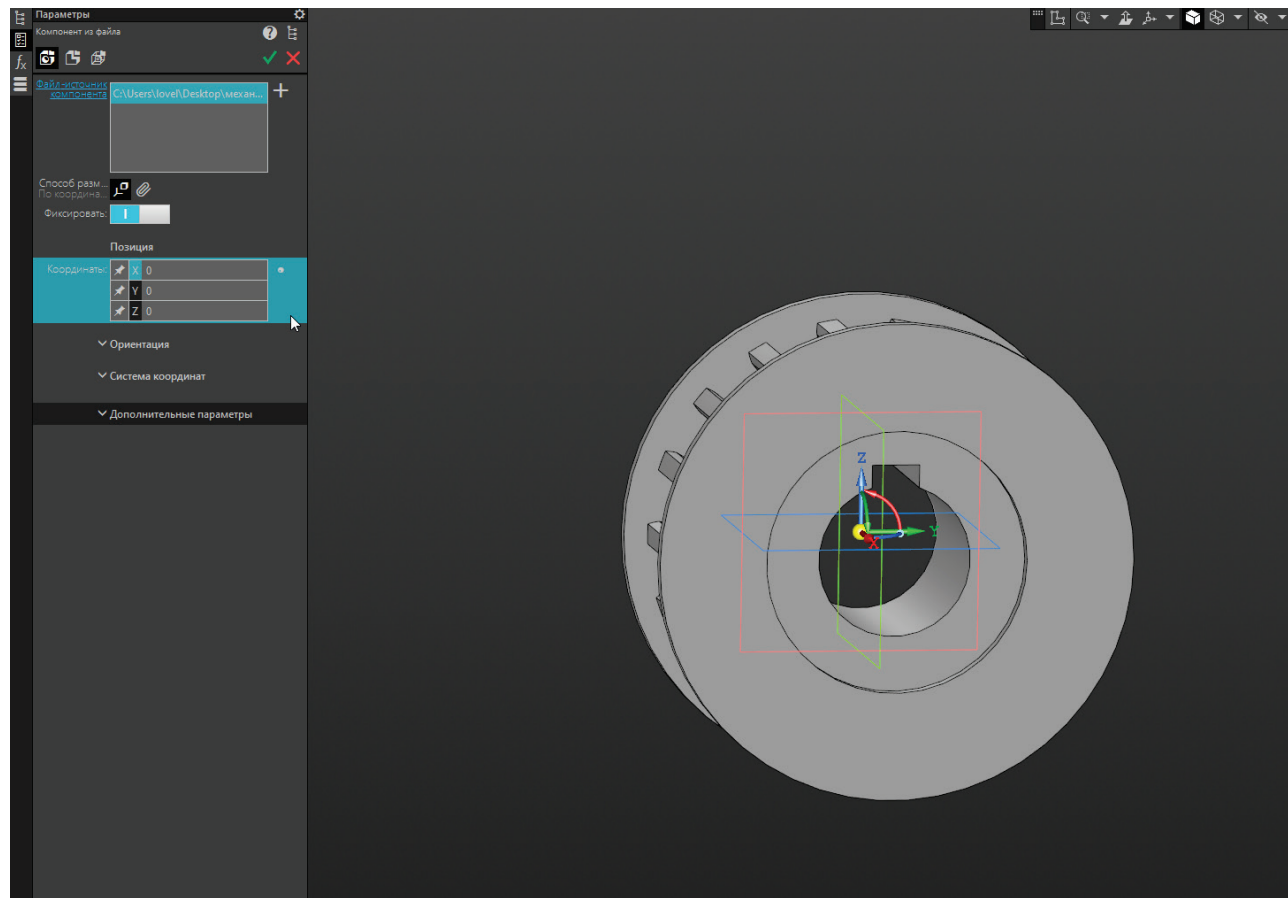


Рисунок 64 – Размещение ведущего шкива в начале координат

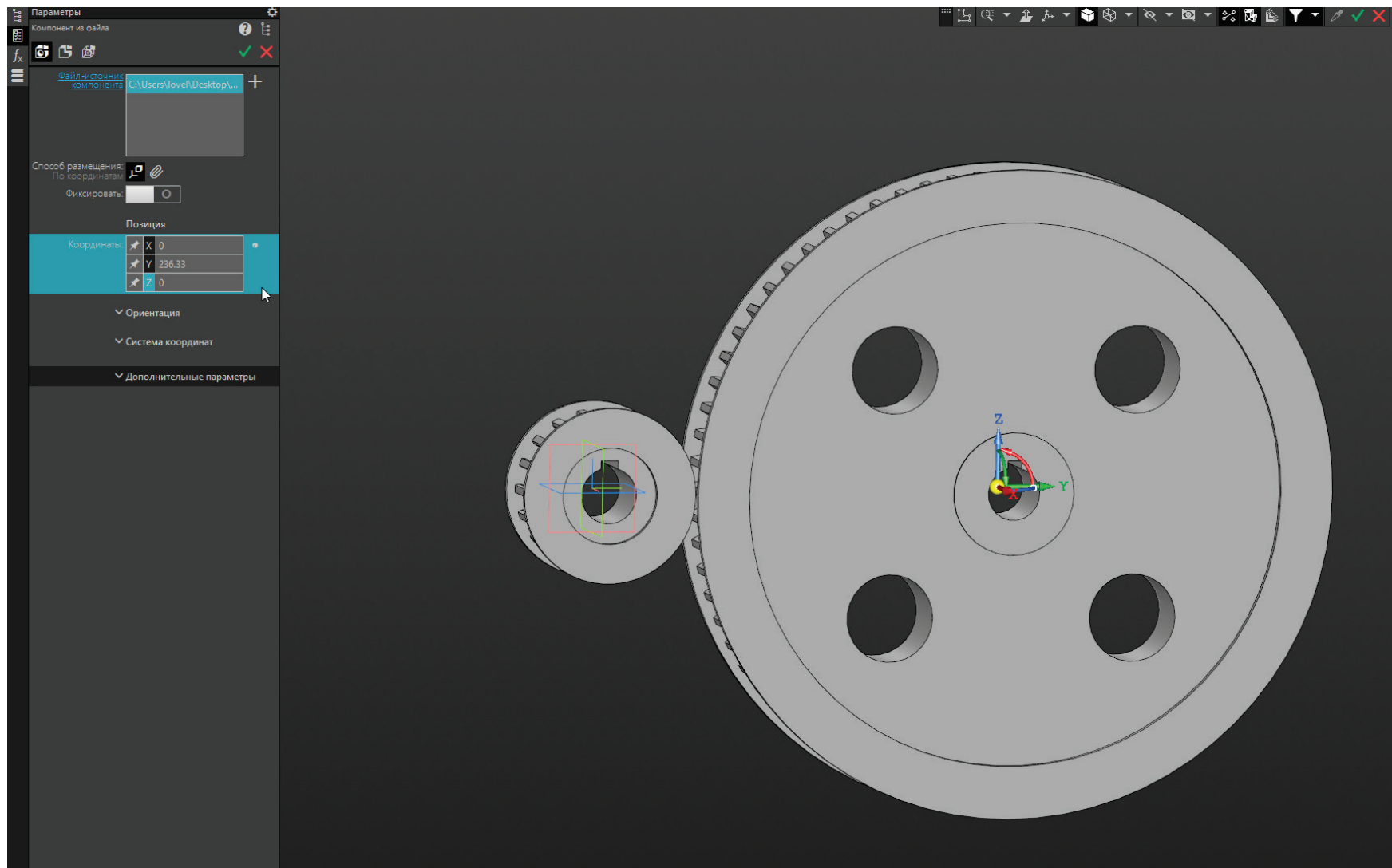


Рисунок 65 – Добавление ведомого шкива ременного привода

По аналогии с добавлением ведущего шкива в пространстве размещается ведомый шкив. Для размещения используются координаты XYZ (0;a;0), где а (координата по оси Y) представляет собой межосевое расстояние.

Для удобства дальнейшей работы необходимо скрыть подпирющие фланцы с любой стороны (рис. 66).

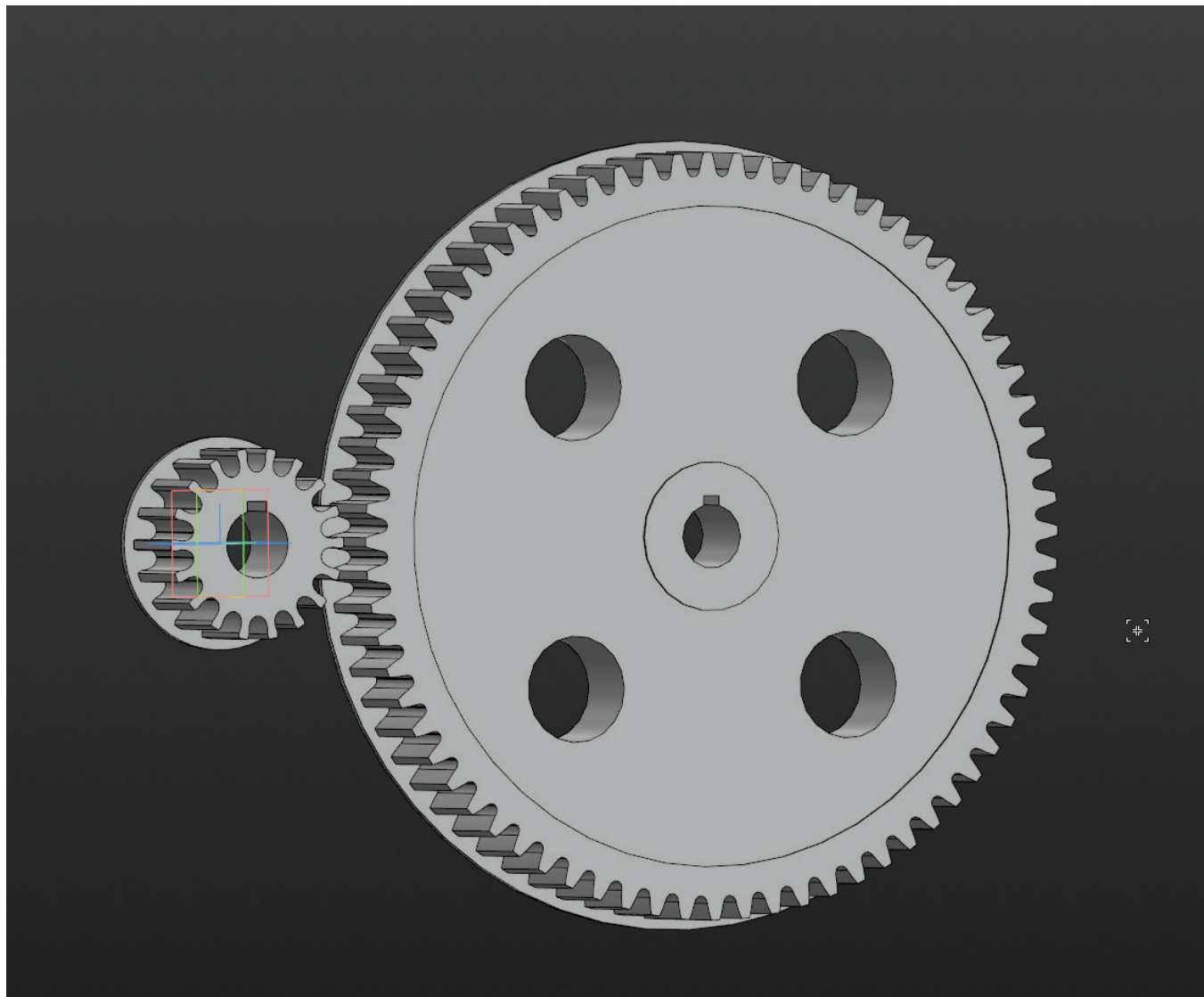


Рисунок 66 – Скрытие подпирющих фланцев

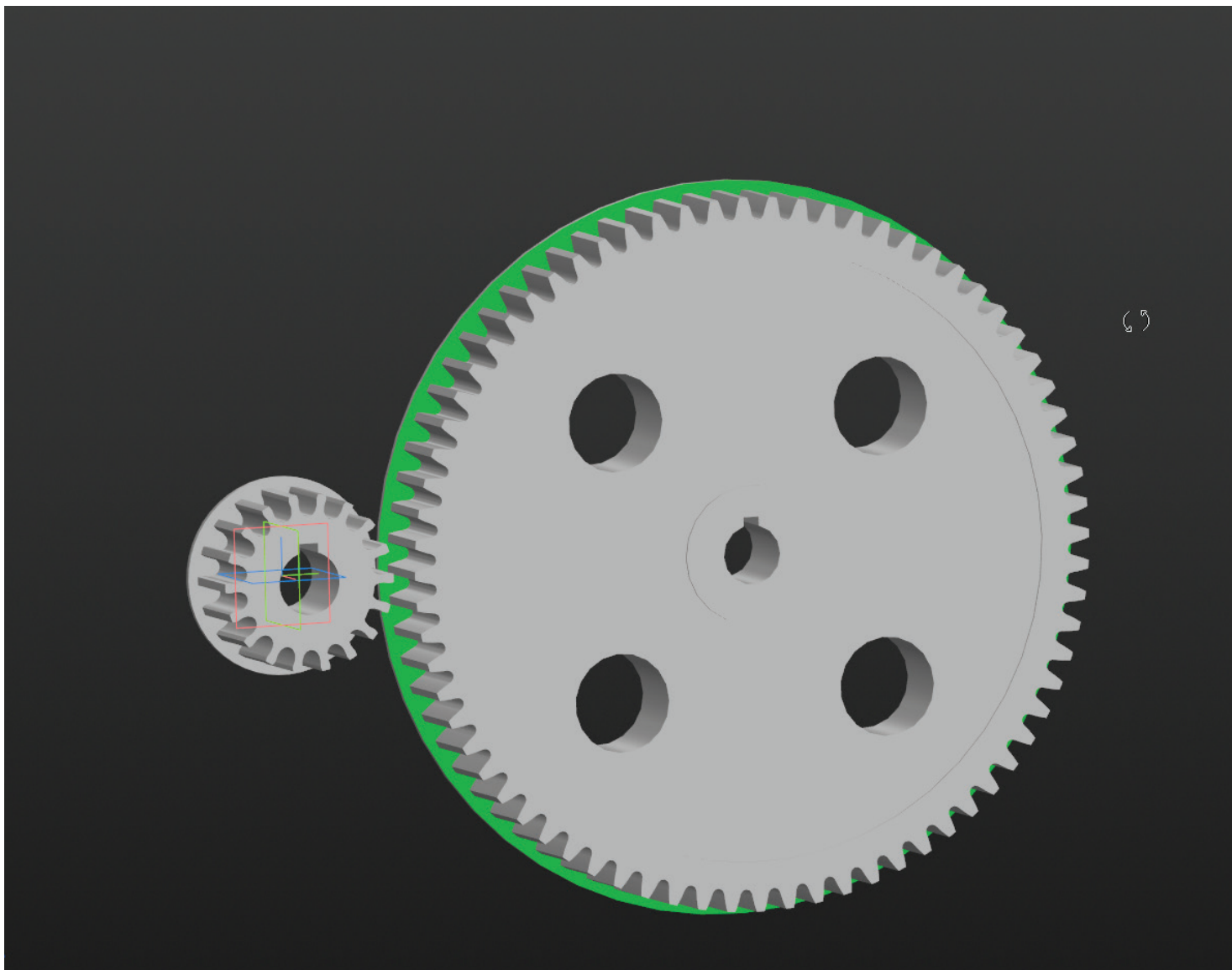


Рисунок 67 – Создание эскиза на внутренней плоскости подпирającego фланца ведомого шкива

На внутренней плоскости подпирającego фланца ведомого шкива необходимо создать эскиз (рис. 67).

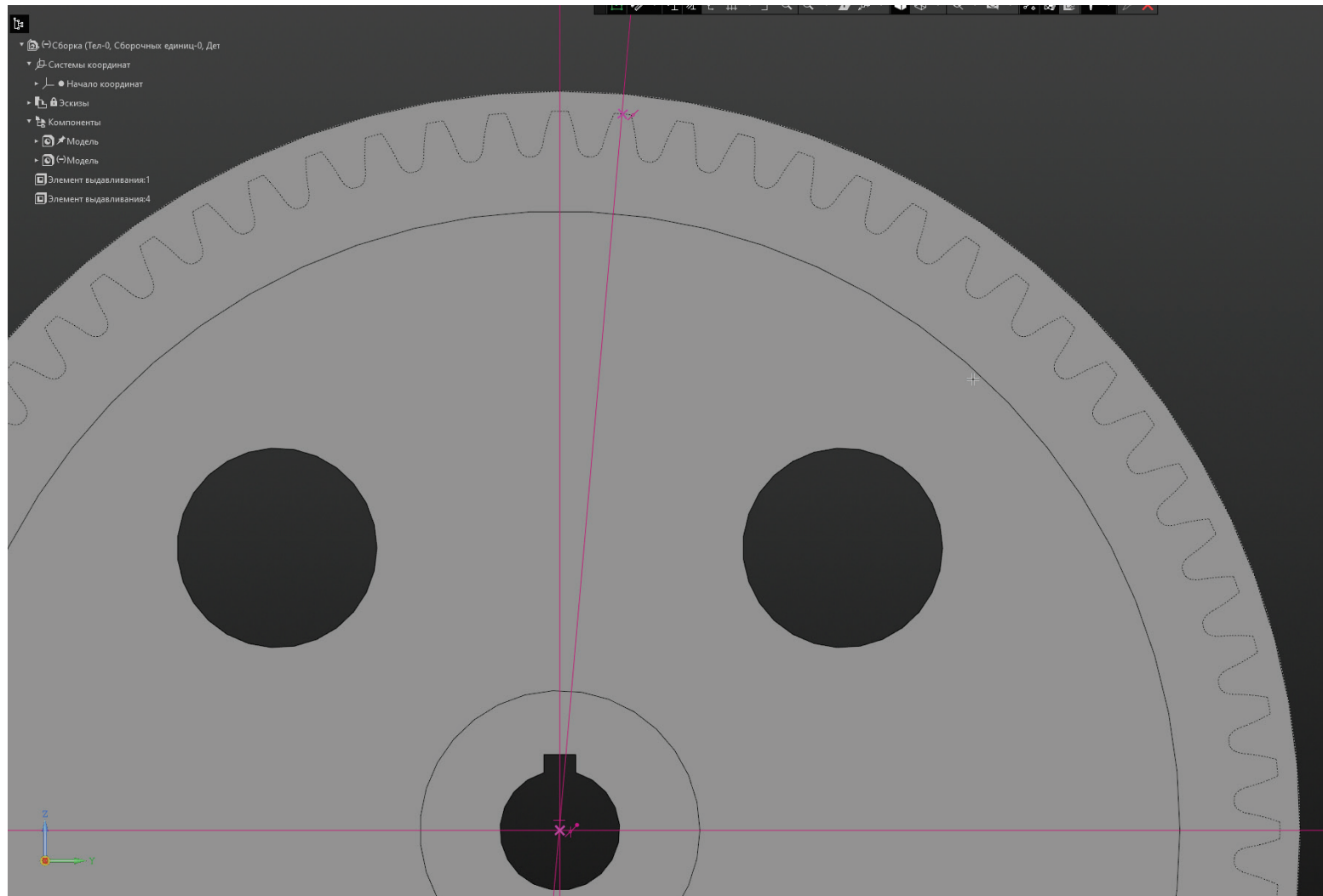


Рисунок 68 – Создание ремня, работа с эскизом, вспомогательные оси

В плоскости эскиза необходимо провести вертикальную и горизонтальную вспомогательные прямые, затем выполняется построение вспомогательной линии от центра шкива до середины соседнего зуба. В качестве проверки используется отрезок между двумя центрами зубьев, расстояние которого равно $t_p = m \cdot n$.

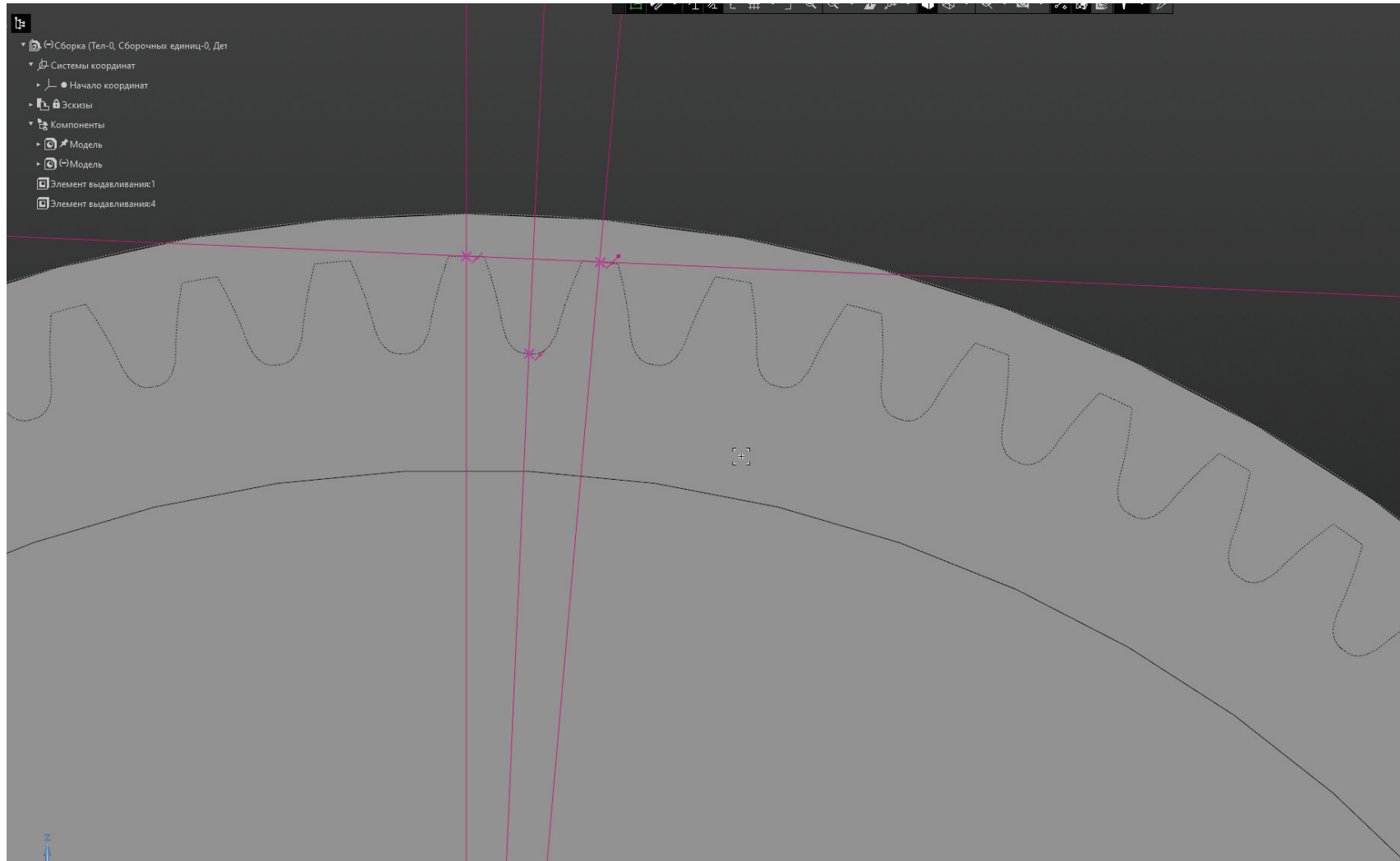


Рисунок 69 – Создание ремня, работа с эскизом, вспомогательные оси

На рисунке 69 показано добавление вспомогательной прямой между центрами соседних зубьев. При включении нужных привязок курсор автоматически прикрепляется к центрам зубьев.

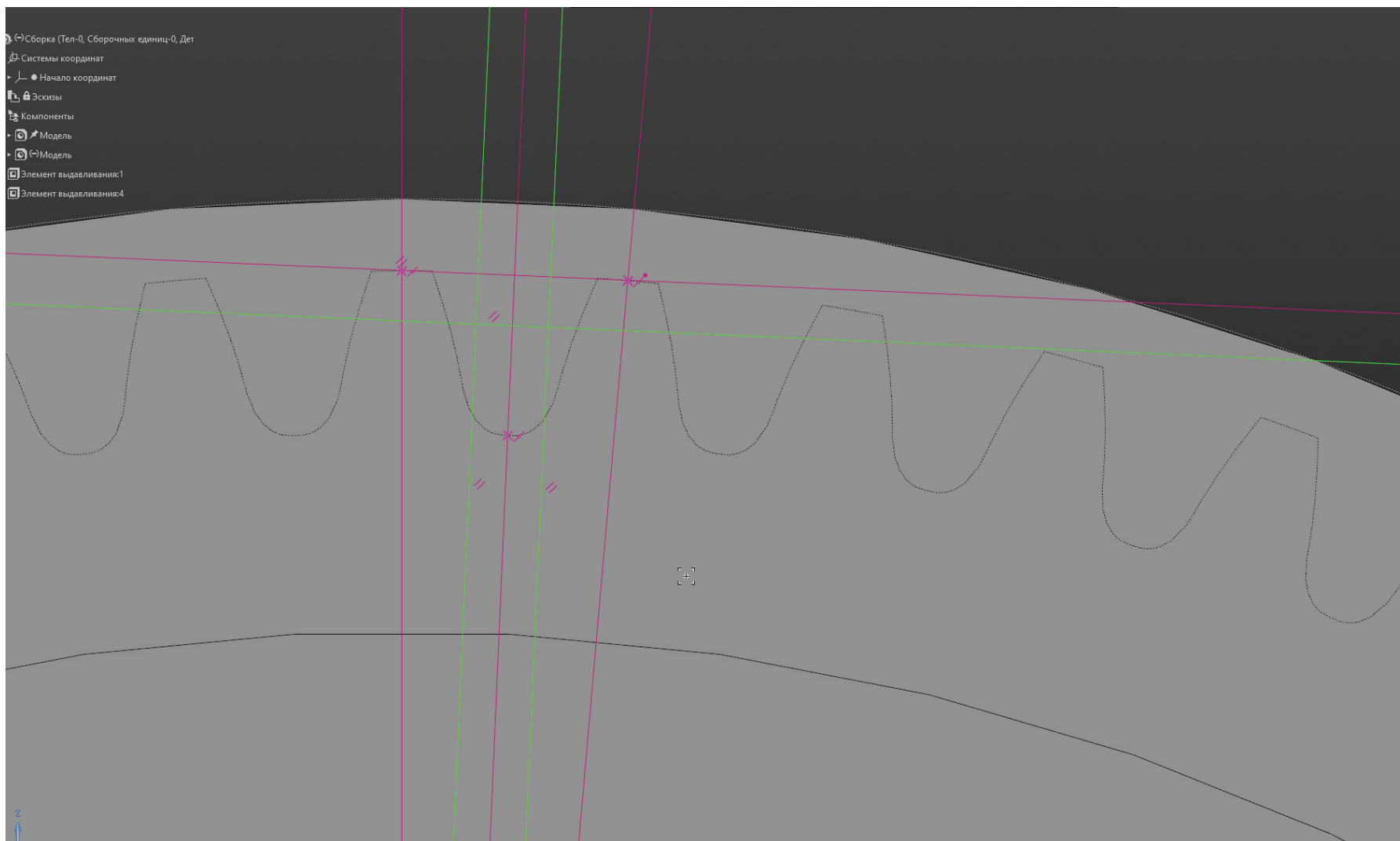


Рисунок 70 – Создание ремня, работа с эскизом, вспомогательные оси

Выполняется построение двух параллельных вертикальных вспомогательных прямых с двух сторон на расстоянии $S/2$, кроме того, выполняется построение горизонтальной вспомогательной прямой относительно верхней прямой на расстоянии h .

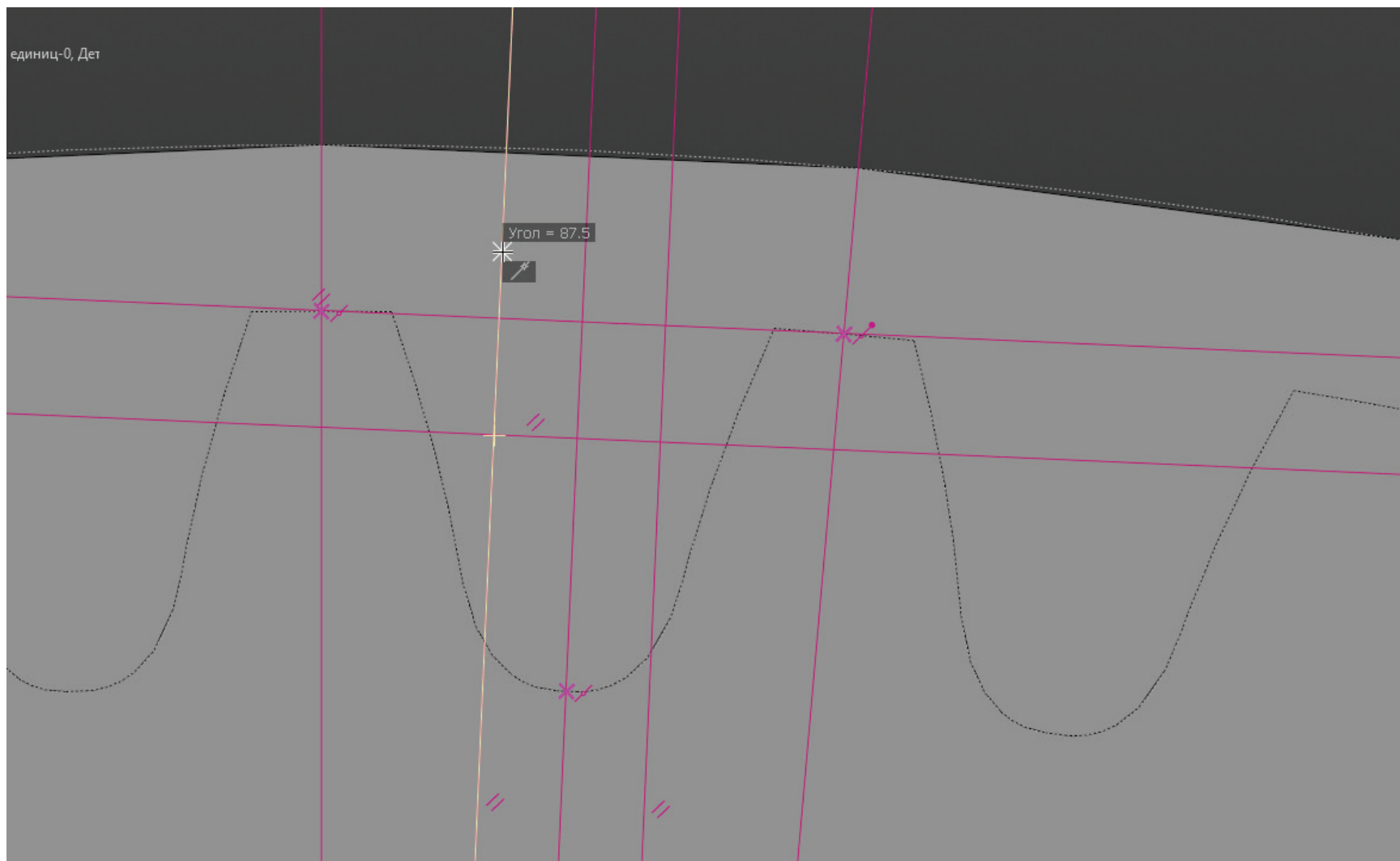


Рисунок 71 – Создание ремня, работа с эскизом, измерение угла наклона вспомогательной прямой

Для дальнейших построений необходимо измерить угол наклона вспомогательной прямой, как показано на рисунке 71.

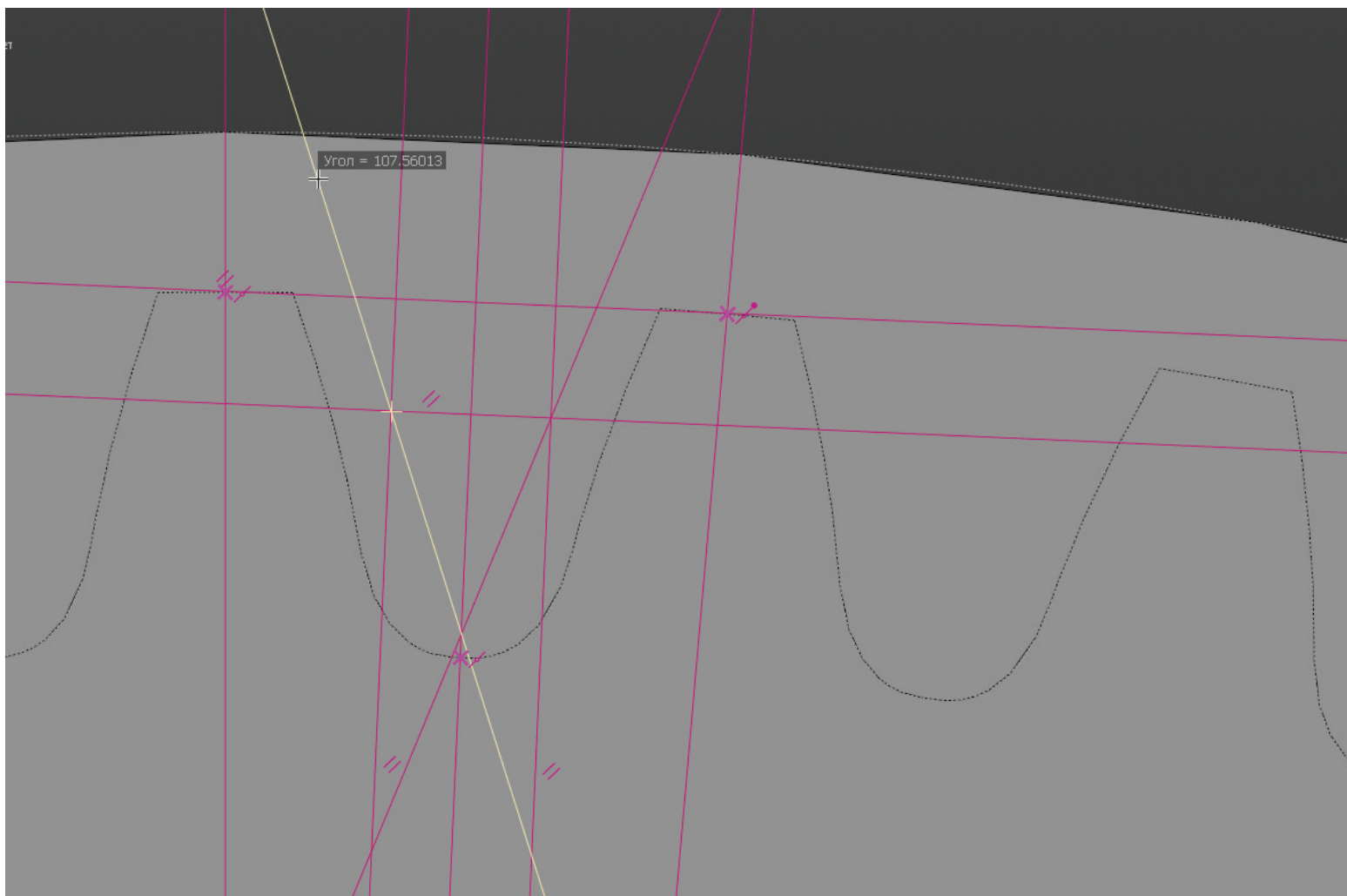


Рисунок 72 – Создание ремня, работа с эскизом, вспомогательные прямые

Из точек пересечения вертикальной и горизонтальной прямых выполняется построение вспомогательной прямой (рис. 72). Построение выполняется на заранее измеренный угол $+\gamma$. В данном случае γ составляет 20 градусов. Следовательно, $87,5 + 20 = 107,5$. Для построения другой вспомогательной прямой выполняется такой же расчет за исключением того, что из угла наклона прямой необходимо вычесть угол γ . Следовательно, $87,5 - 20 = 67,5$.

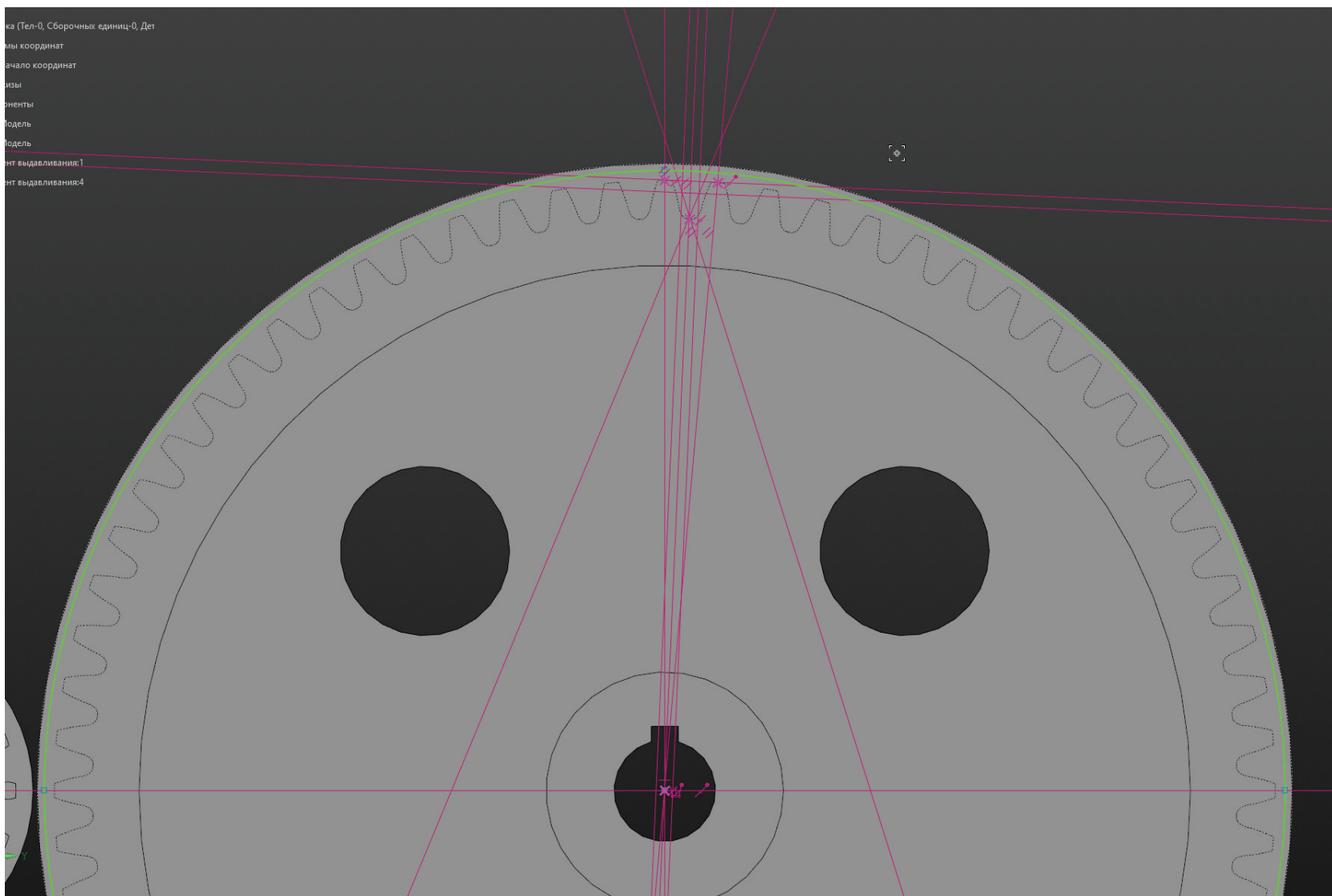


Рисунок 73 – Создание ремня, работа с эскизом, вспомогательные прямые

Выполнив построение вспомогательных прямых необходимо построить окружность из центра шкива на расстояние: $d2/2+(H-h)$, в этом случае $d2$ – диаметр вершин зубьев ведомого шкива.

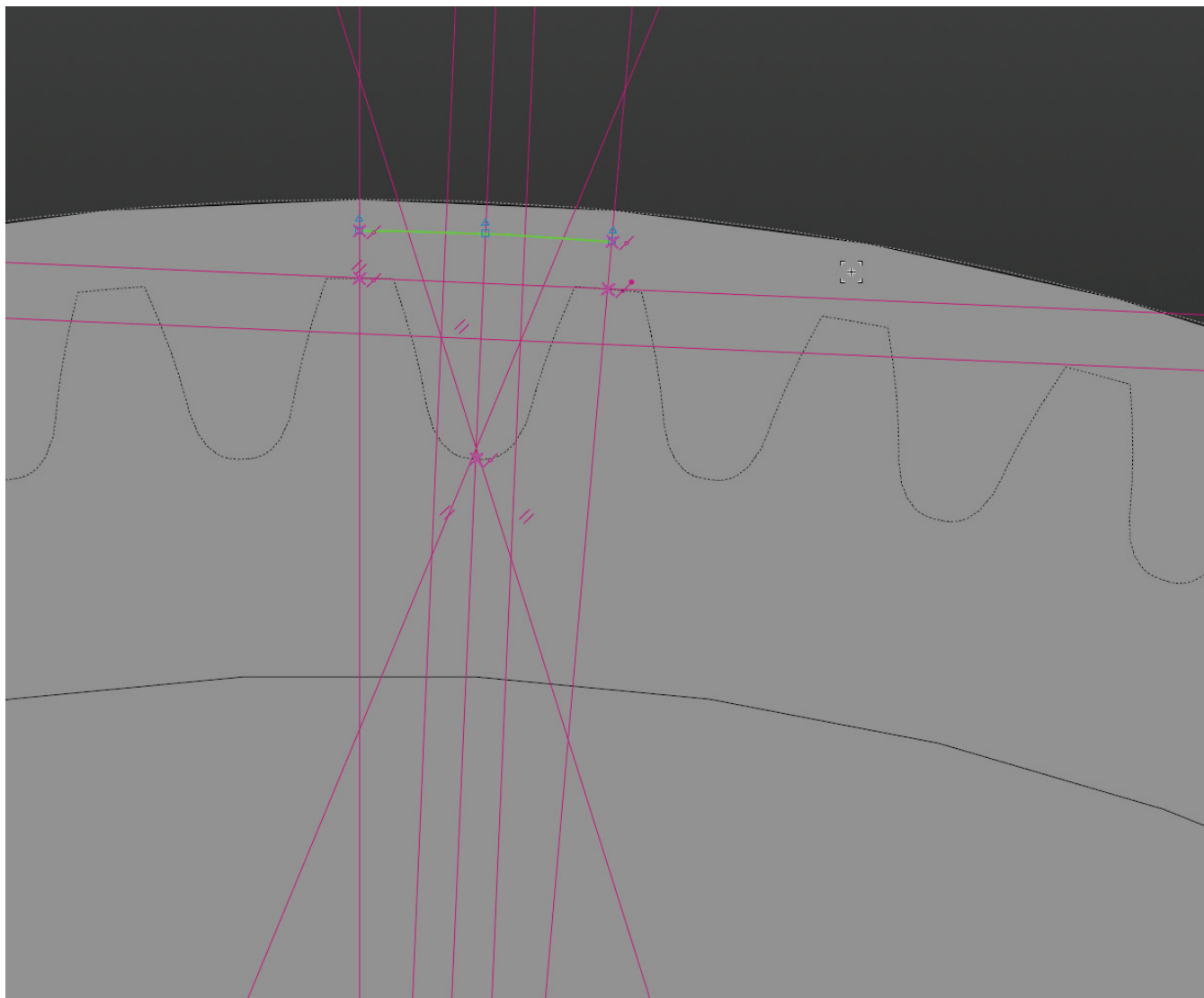


Рисунок 74 – Создание ремня, работа с эскизом, создание формы ремня

Выполнив построение окружности необходимо усечь все, кроме небольшой части между вспомогательными прямыми, как показано на рисунке 74.

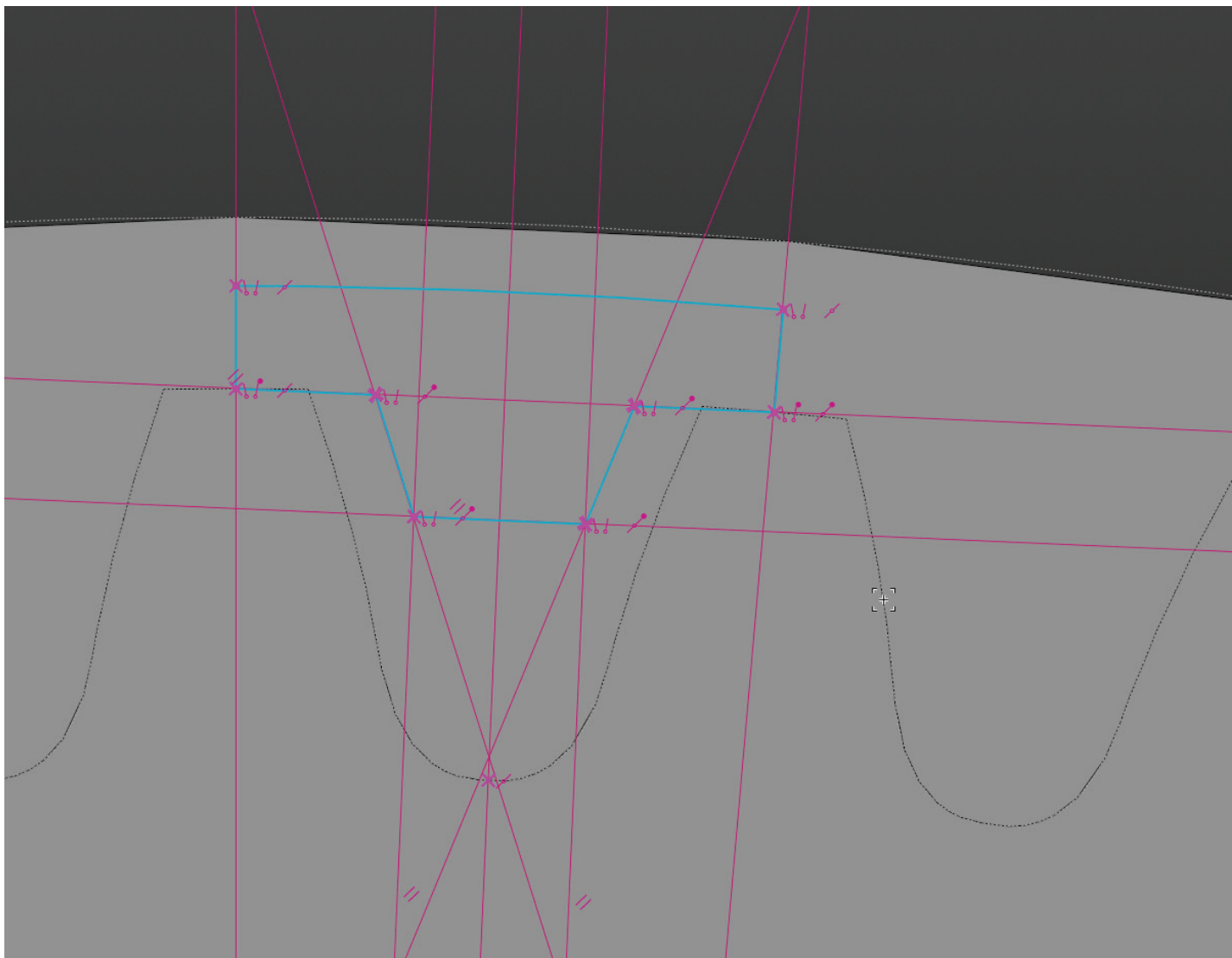


Рисунок 75 – Создание ремня, работа с эскизом, создание формы ремня

Для придания завершения построения эскиза необходимо соединить точки пересечения прямых по контуру (рис. 75).

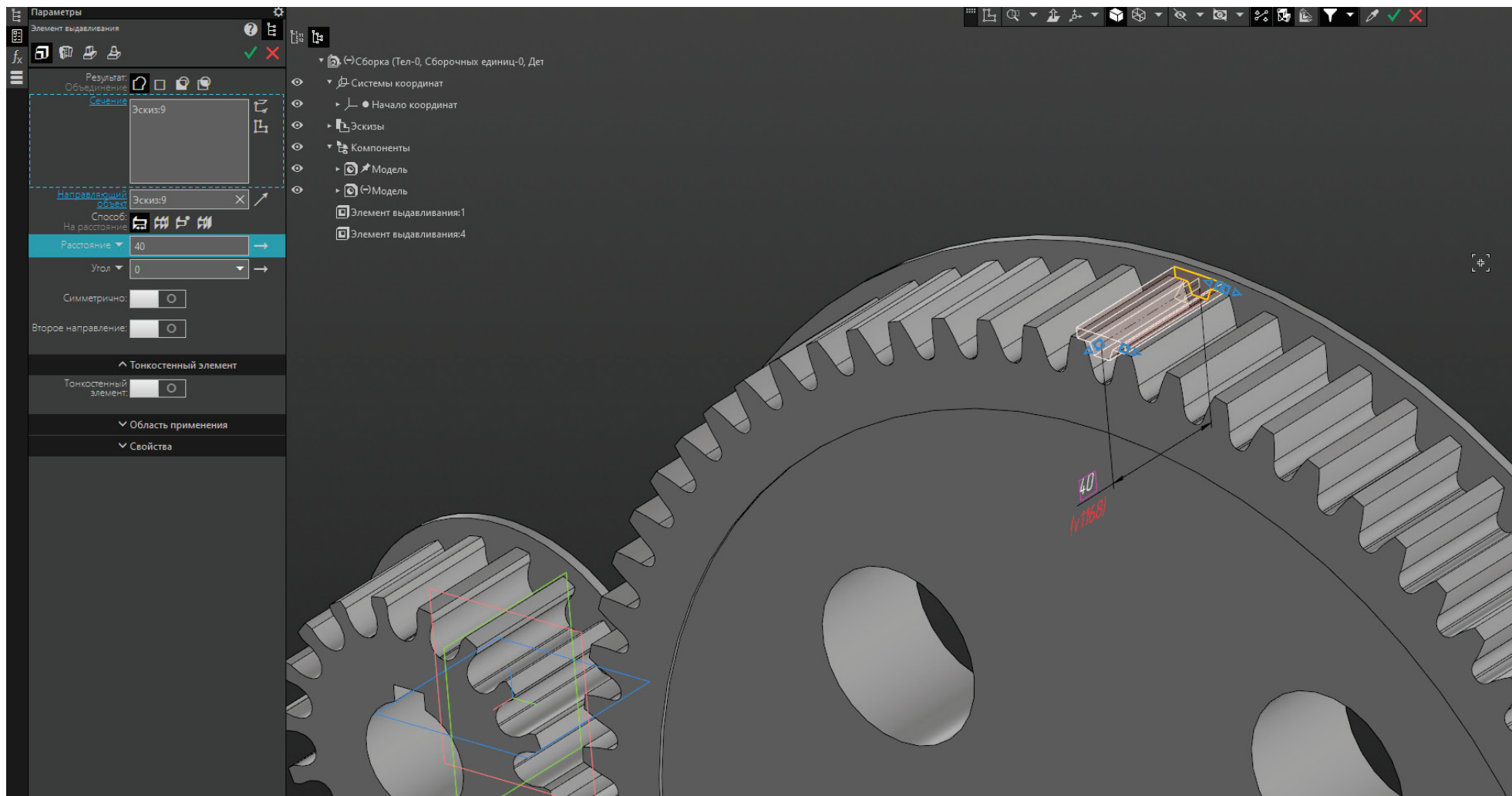


Рисунок 76 – Создание ремня, придание объемной формы эскизу

С помощью команды «Элемент выдавливания» выполняется придание объемной формы построенному ранее эскизу, расстояние выдавливания характеризуется шириной ремня и обозначается переменной b .

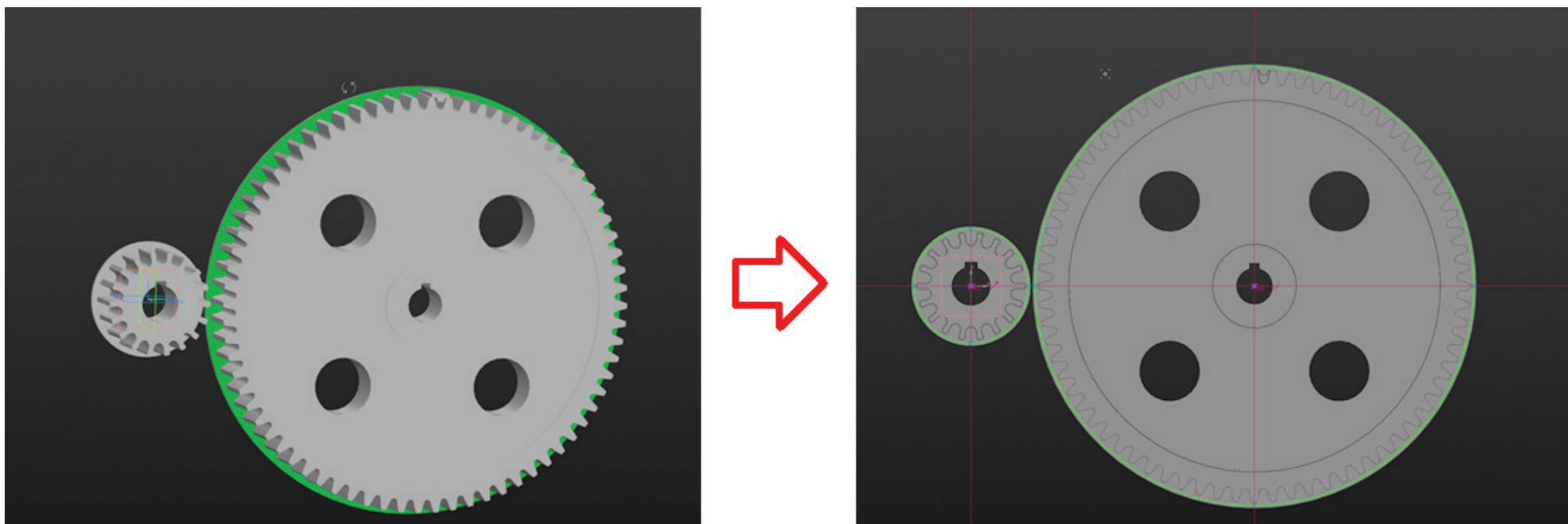


Рисунок 77 – Создание траектории, работа с эскизом, создание окружностей

Выполнив построение одного зуба ремня необходимо построить траекторию, чтобы не строить каждый зуб в отдельности, а размножить его по траектории. Для этого необходимо на внутренней плоскости ведомого шкива снова создать эскиз. В открывшемся эскизе необходимо построить две окружности. Первая окружность на ведущем шкиве равна $d_1 + (H - h)$, вторая окружность располагается на ведомом шкиве и равна $d_2 + (H - h)$.

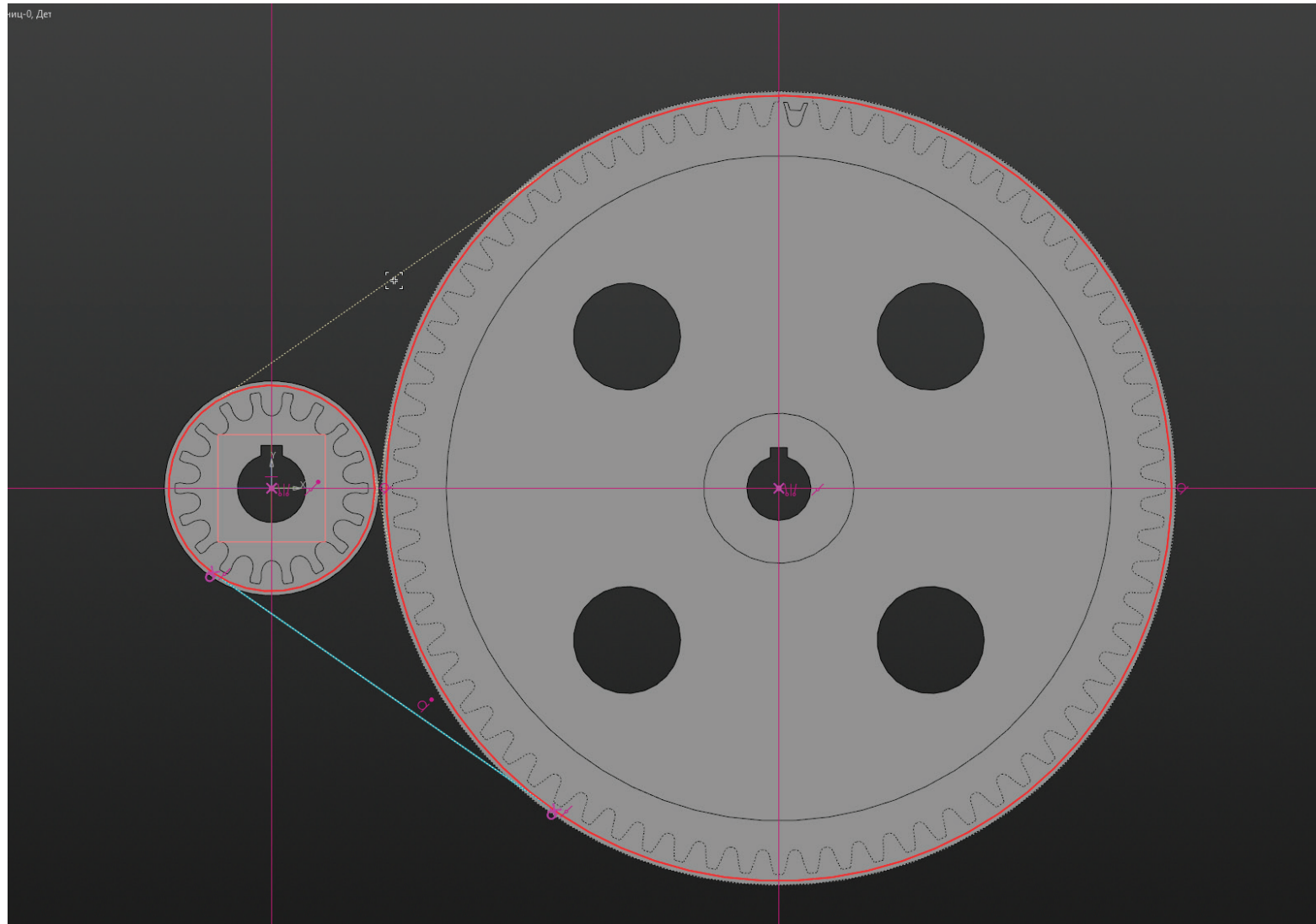


Рисунок 78 – Создание траектории, работа с эскизом, создание отрезков

Для создания траектории необходимо сперва соединить две окружности ведущего и ведомого шкивов посредством прямой линии. Для этого необходимо воспользоваться командой «Отрезок касательный к двум кривым» (рис. 78).

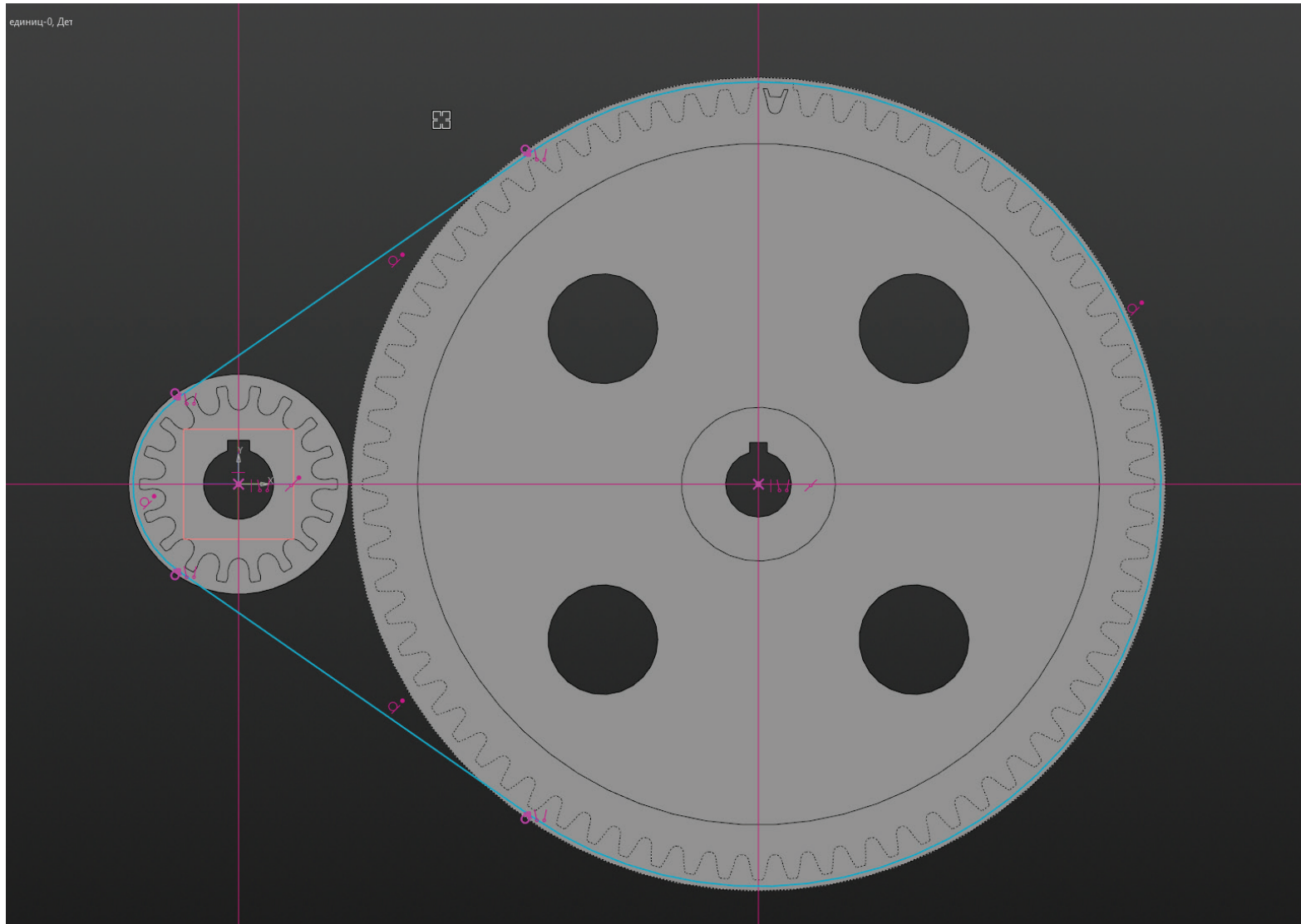


Рисунок 79 – Создание траектории, работа с эскизом, наружный контур ремня

При использовании команды «Усечь кривую» удаляются все лишние элементы окружностей и остается только траектория (рис. 79).

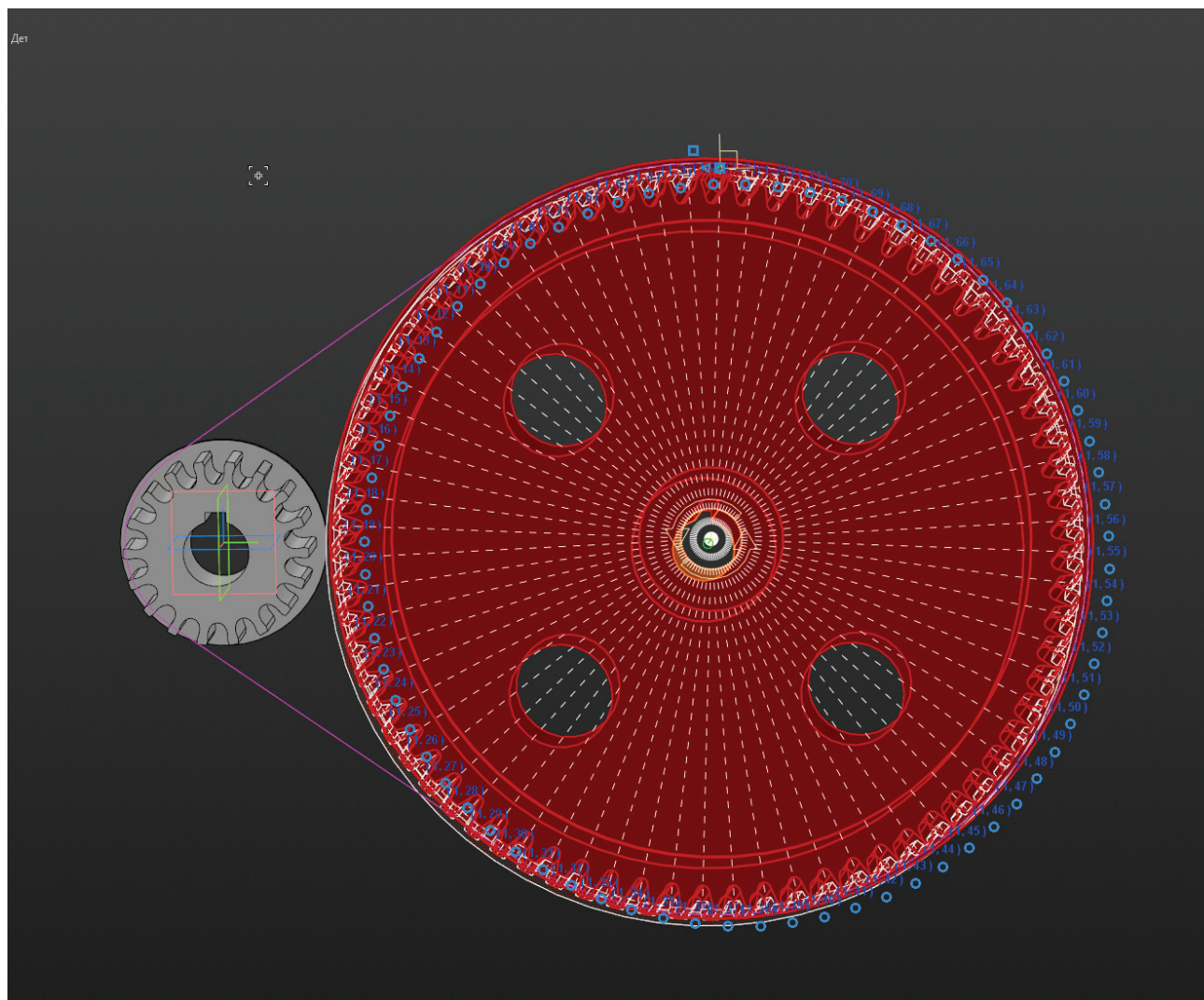


Рисунок 80 – Создание зубьев ремня, принадлежащих части на ведомом шкиве

Для того, чтобы создать зубья ремня на части, которая будет соприкасаться с ведомым шкивом, необходимо выйти из эскиза и создать массив по концентрической сетке. Для этого необходимо выбрать созданный зуб ремня. В качестве оси вращения выбрать центр ведомого шкива. Количество экземпляров равно Z_2 .

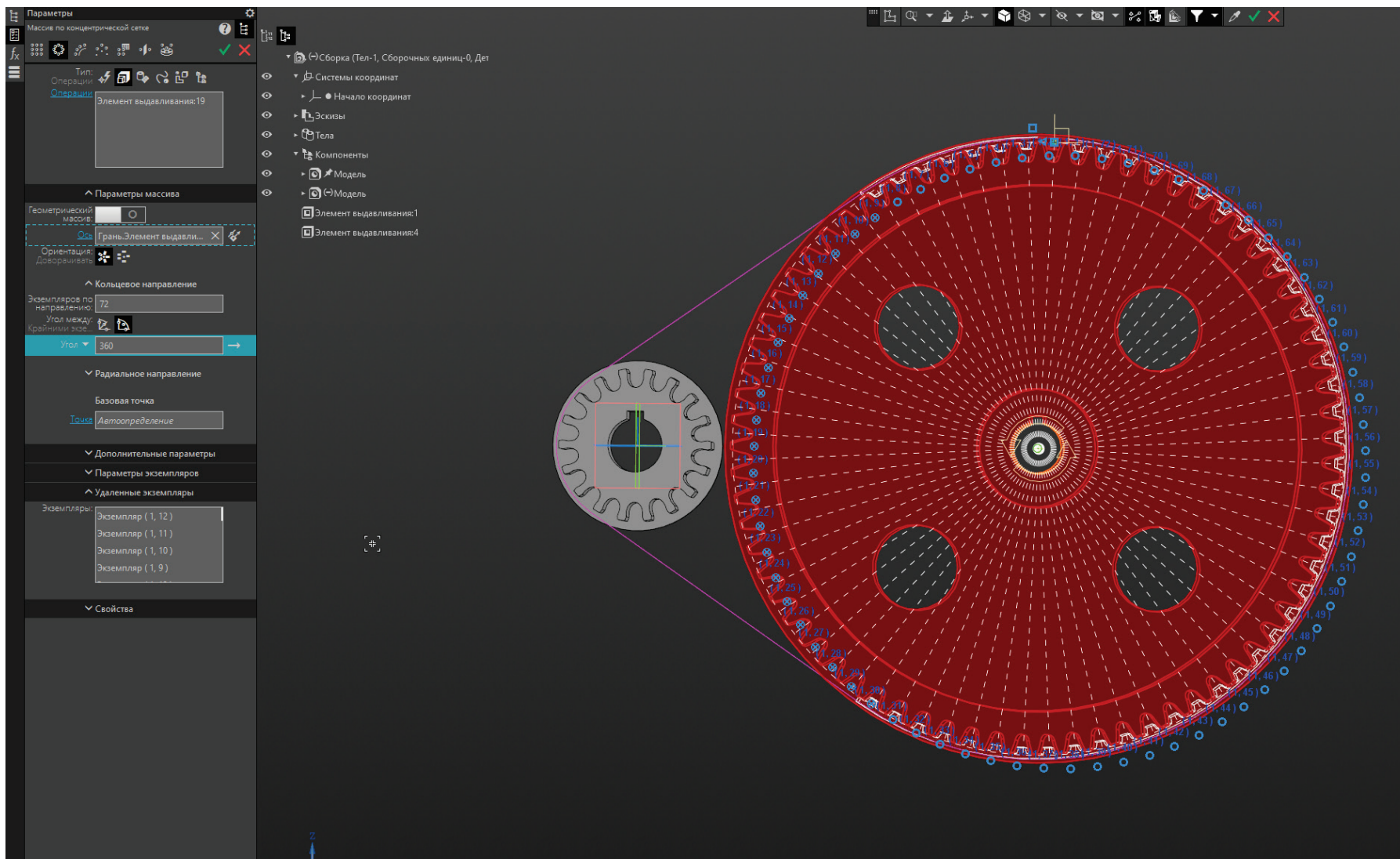


Рисунок 81 – Удаление элементов массива

На панели свойств массива необходимо раскрыть вкладку «Удаление экземпляров». Предстоит удалить все зубья, не прилегающие к ведомому шкиву. Для этого предстоит нажимать на синие окружности рядом с элементами массива.

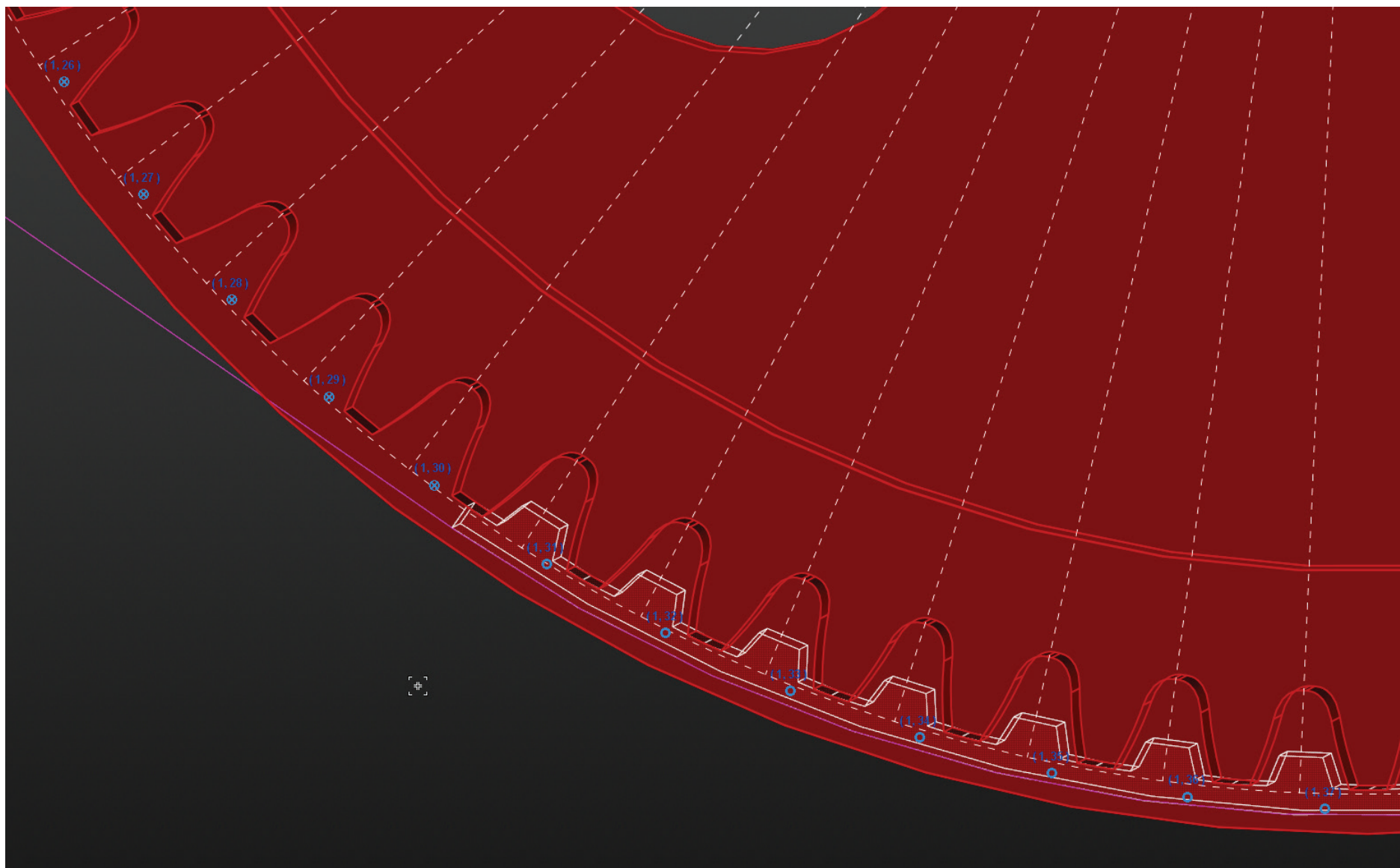


Рисунок 82 – Удаление элементов массива

На рис. 82 показан крайний идеально прилегающий зуб ременного привода, прилегающего к ведомому шкиву.

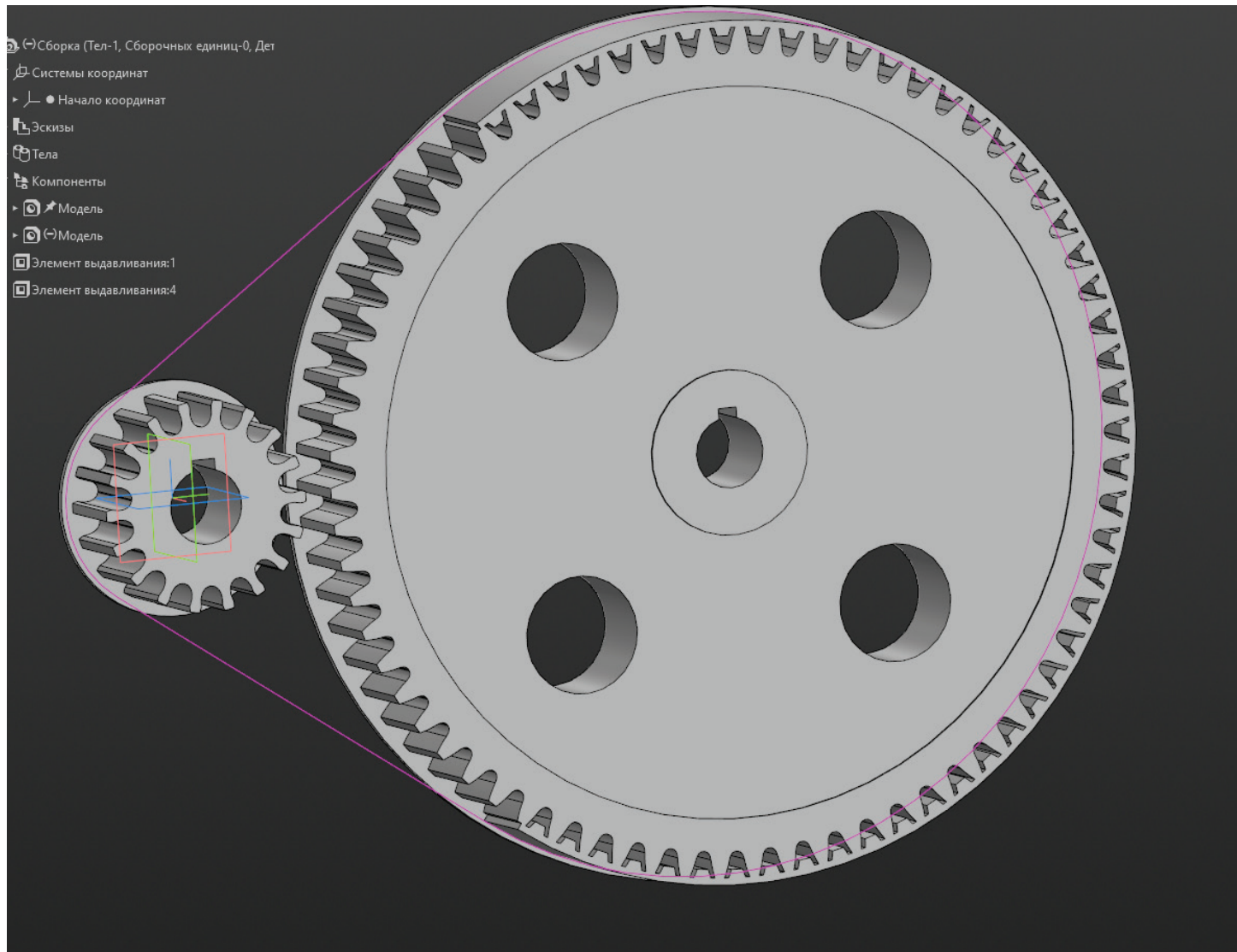


Рисунок 83 – Результат выполнения массива

При правильном выполнении на экране компьютера формируется трехмерная модель, пример данной модели демонстрируется на рисунке 83.

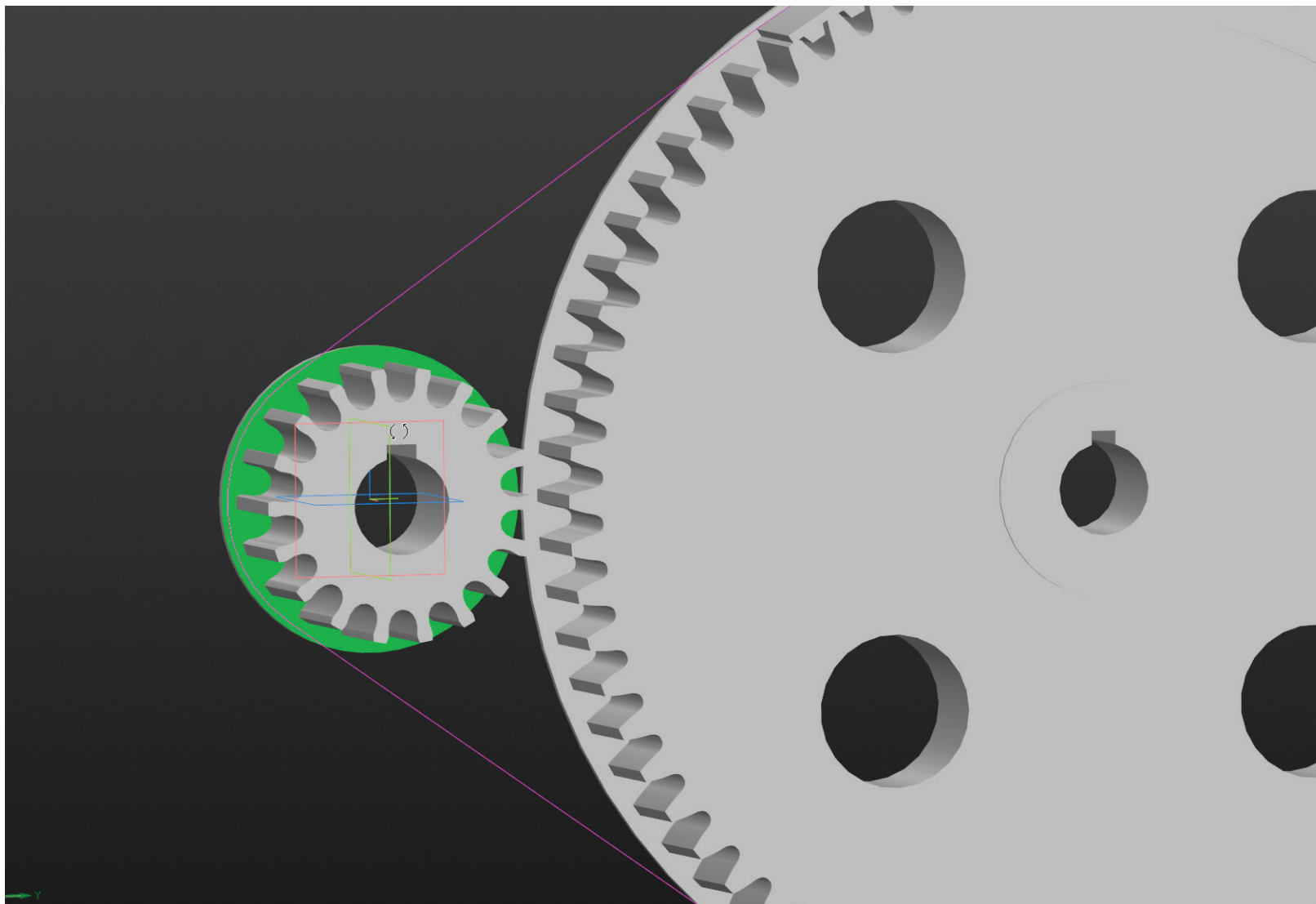


Рисунок 84 – Создание эскиза на внутренней плоскости подпирającego фланца ведущего шкива

Для создания недостающей части ременной передачи выполняется эскиз на внутренней плоскости подпирającego фланца ведущего шкива.

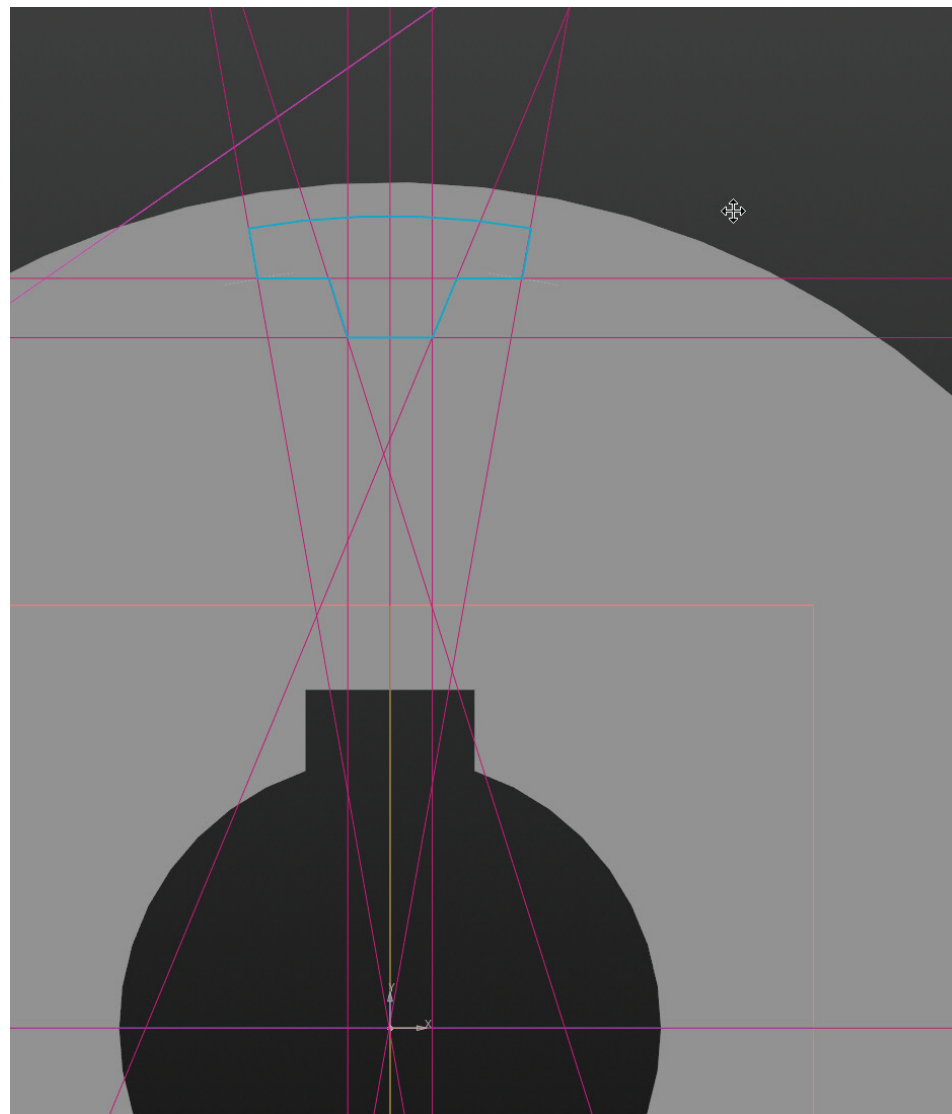


Рисунок 85 – Работа с эскизом, создание зуба на ведущем шкиве

Технология создания эскиза, представленного на рисунке 85, ничем не отличается от создания зуба на ведомом шкиве, за исключением того, что теперь для построения используется d_1 , а не d_2 .

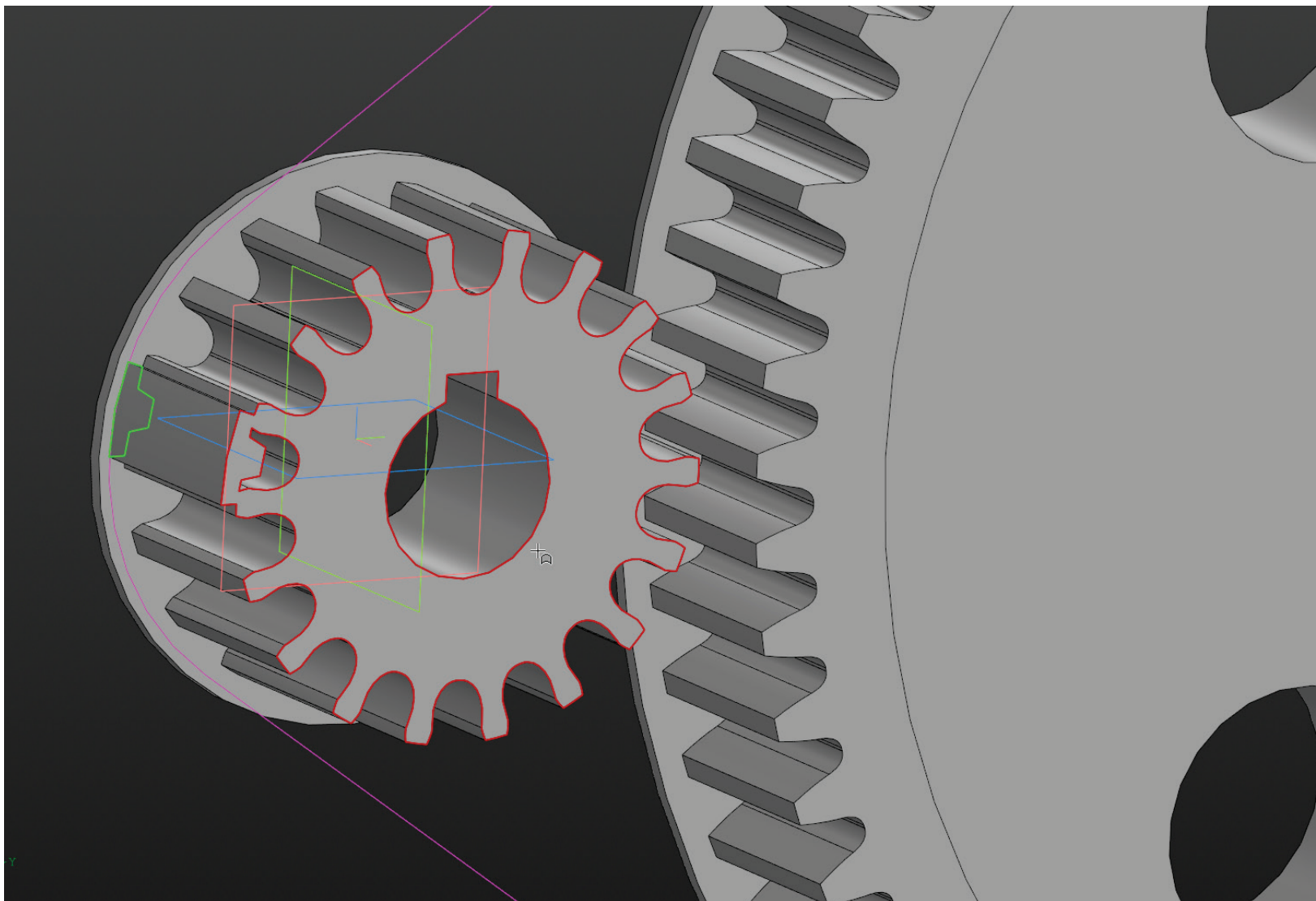


Рисунок 87 – Придание формы эскизу на ведущем шкиве

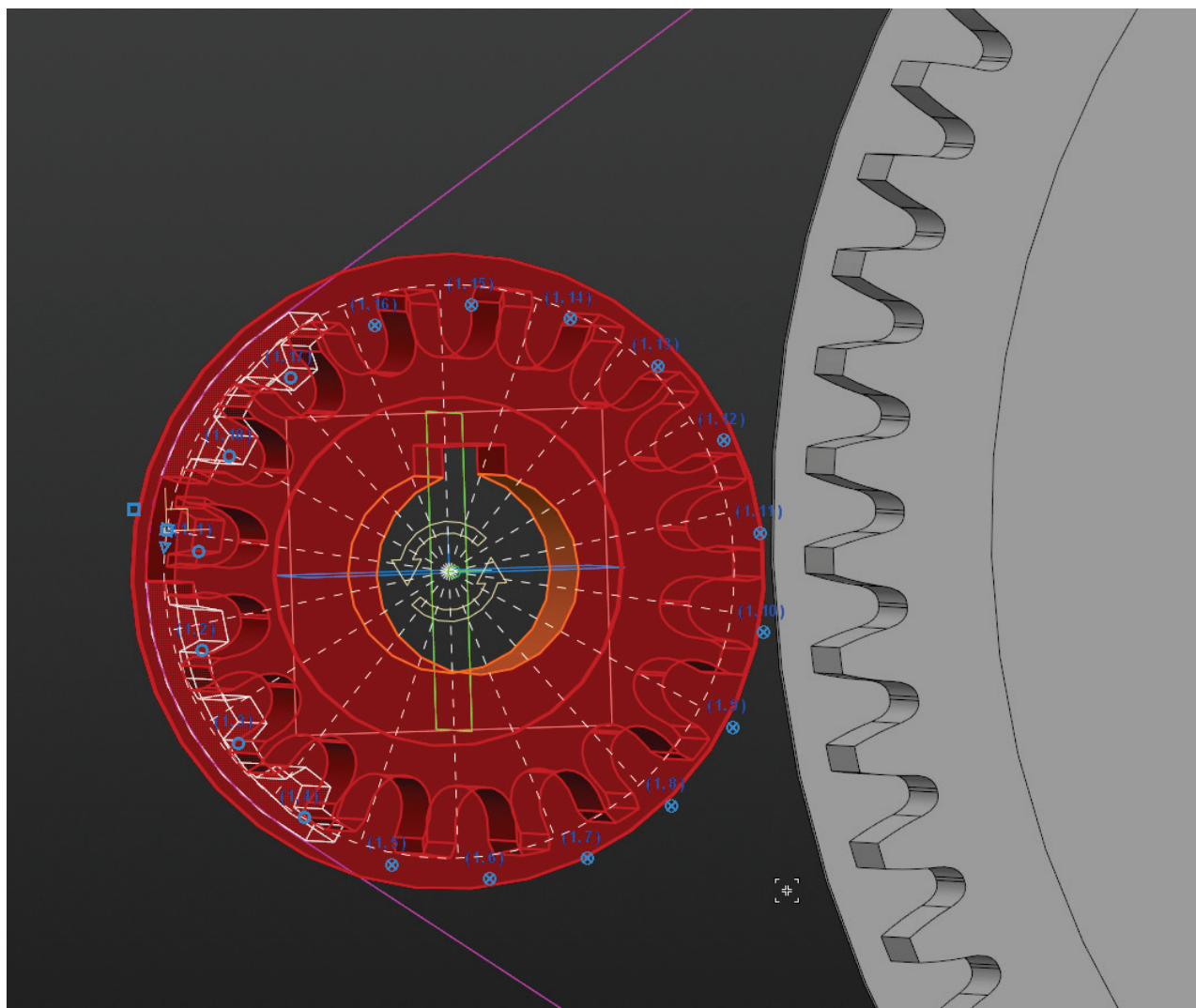


Рисунок 88 – Применение массива по концентрической сетке для увеличения количества зубьев

Необходимо применять массив по концентрической сетке с осью вращения относительно центра шкива и количеством экземпляров Z1 (рис. 88) с дальнейшим удалением лишних элементов массива. Результат такого действия представлен на рисунке 89.

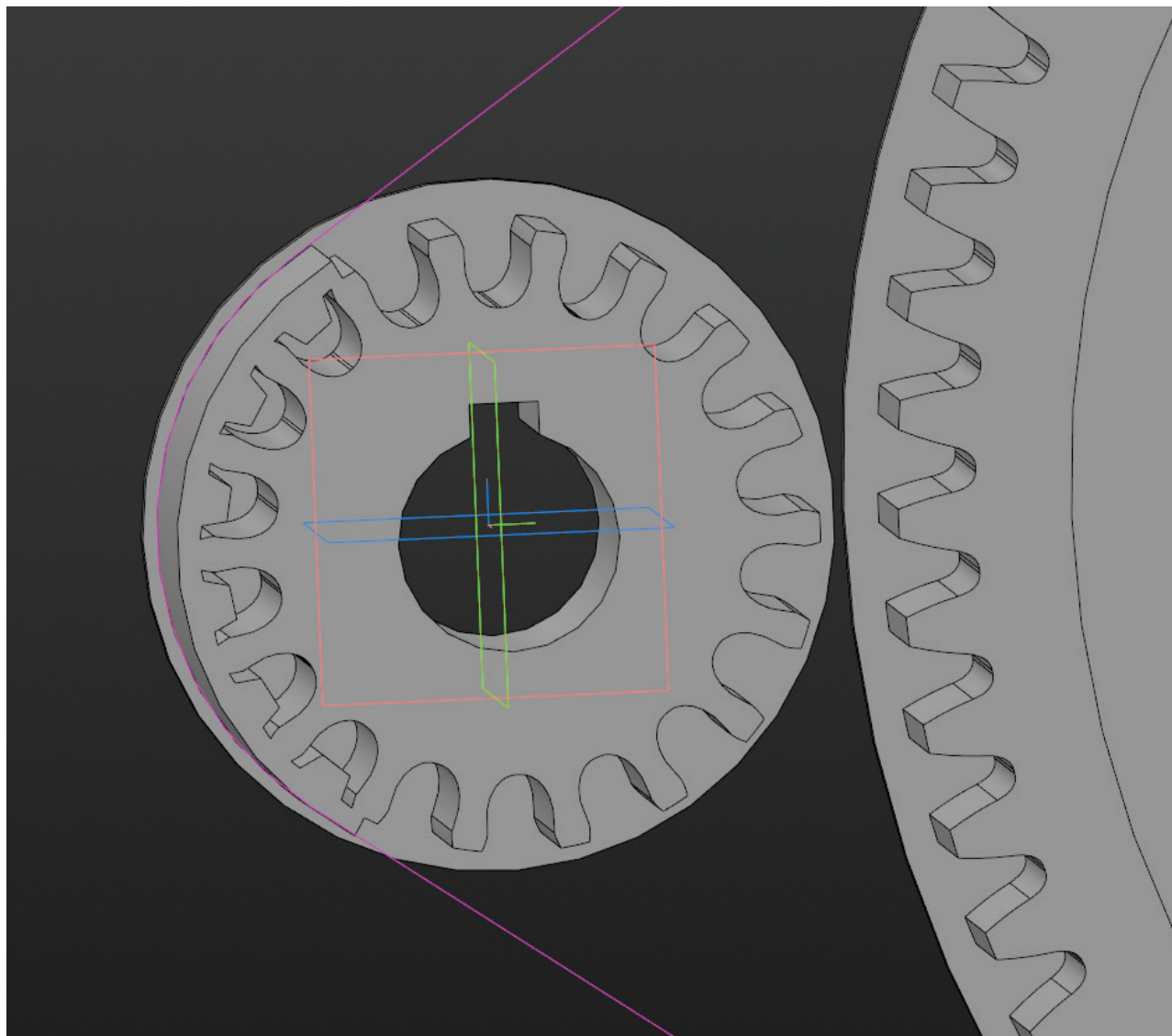


Рисунок 89 – Результат выполнения массива

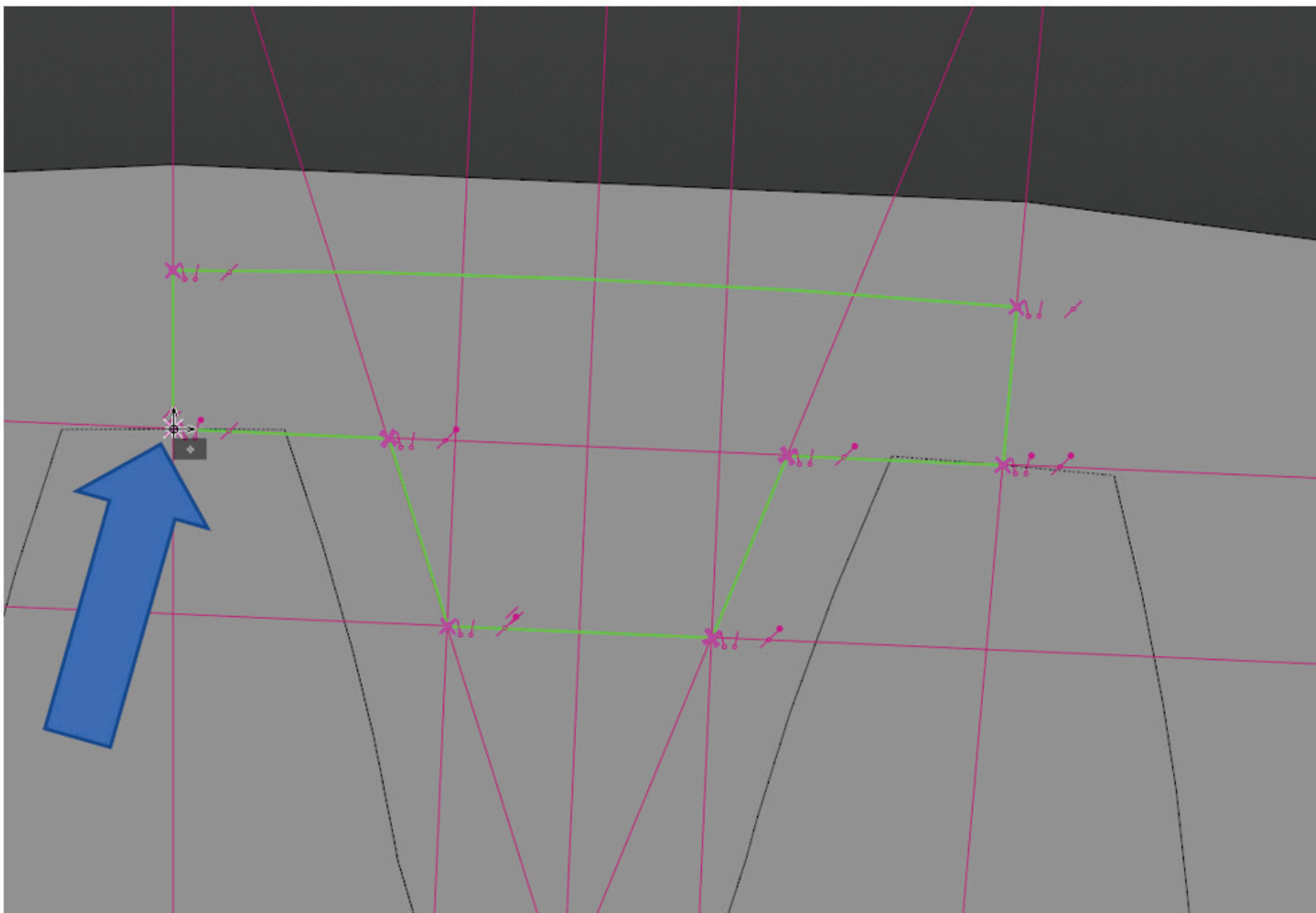


Рисунок 90 – Работа с эскизом зуба ведомого шкива

Необходимо открыть самый первый эскиз, в котором создавался зуб ведомого шкива. Далее, выделив контур зуба, его предстоит копировать за левый угол, как показано на рисунке 90.

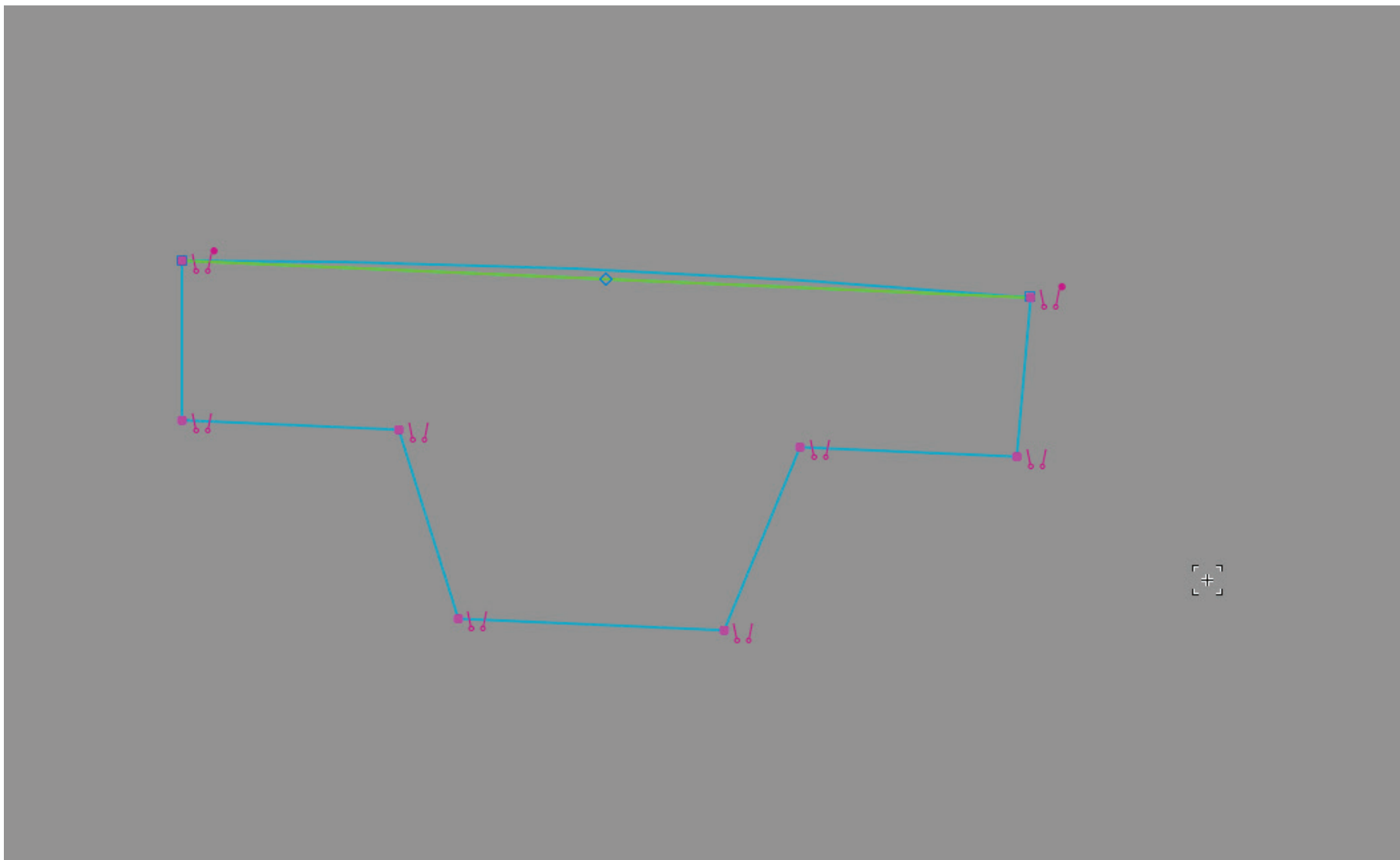


Рисунок 91 – Работа с эскизом, недостающие части зубчатого ремня

Скопированный контур предстоит вставить в произвольное место в эскизе. После чего нужно заменить верхнюю кривую отрезком. После построения отрезка кривую нужно удалить.

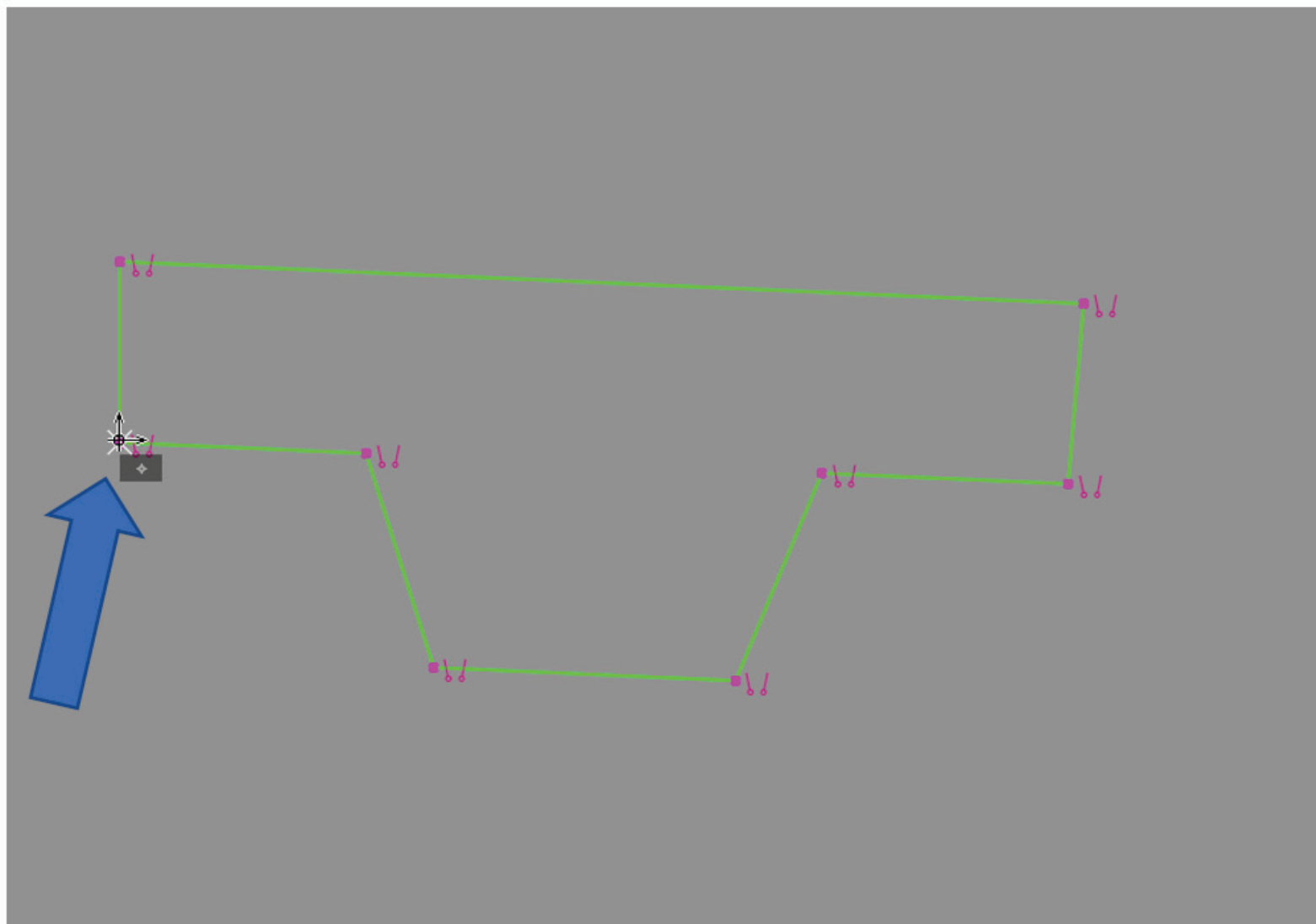


Рисунок 92 – Работа с эскизом, недостающие части зубчатого ремня

Выделив полученную часть зубчатого ремня необходимо скопировать ее за левый угол, как показано на рисунке 92. После копирования выделенную часть эскиза необходимо удалить, чтобы не разрушить имеющееся построение массива.

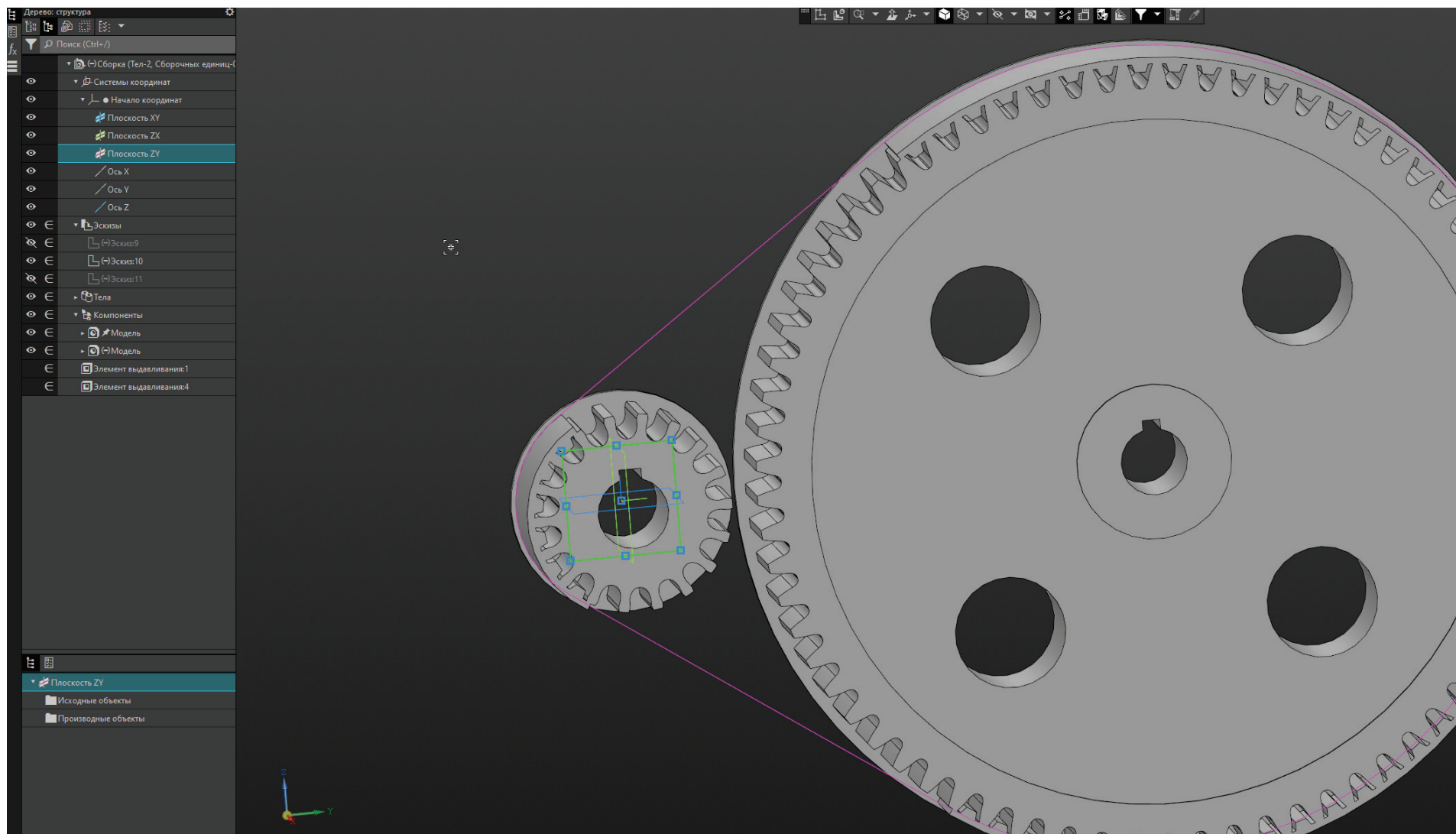


Рисунок 93 – Создание эскиза в плоскости ZY

Имея в распоряжении скопированный в буфер обмена эскиз зуба ремня, предстоит создать новый эскиз на плоскости ZY, как показано на рисунке 93.

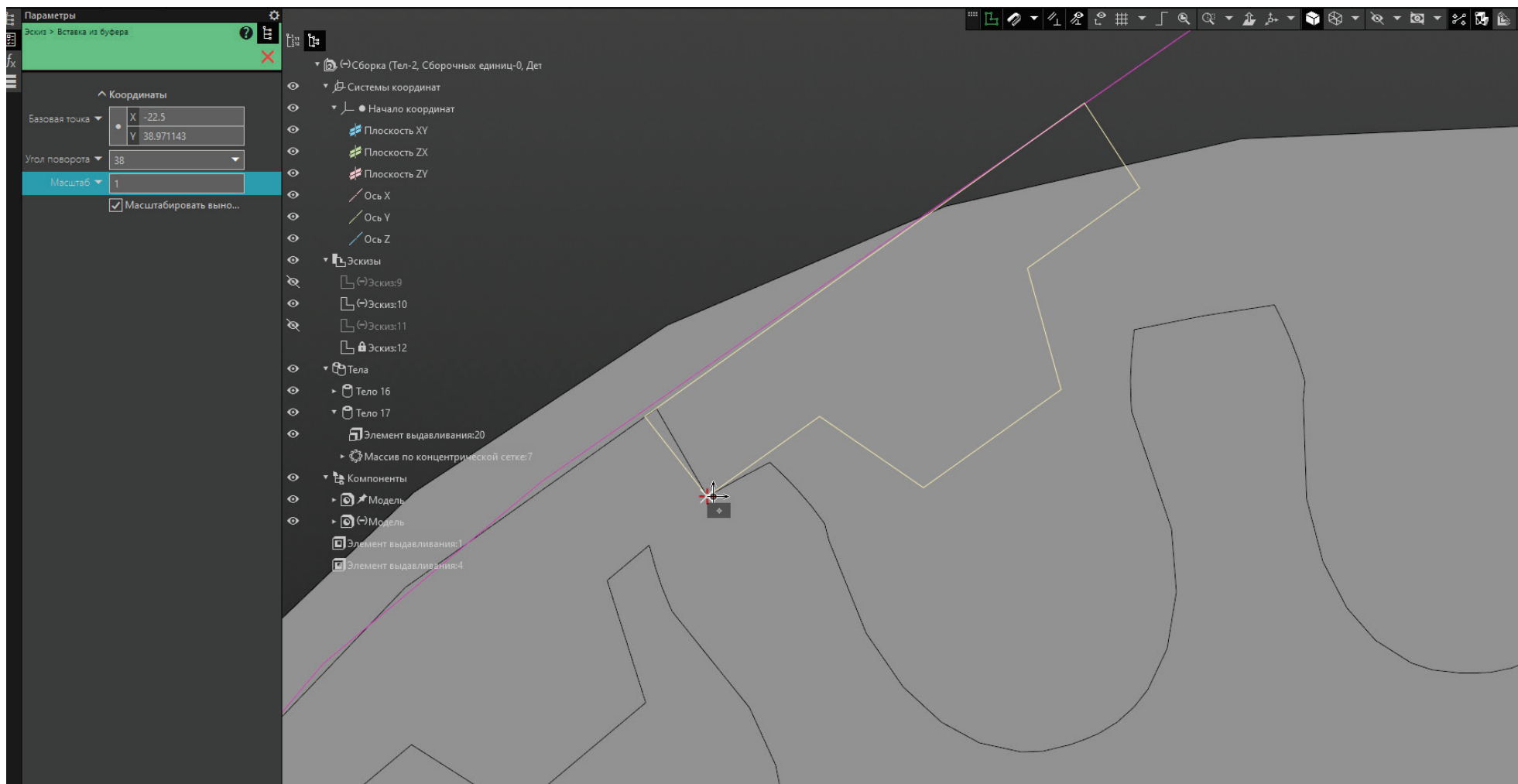


Рисунок 94 – Работа с эскизом, вставка зуба ременной передачи

Используя магнитные свойства привязок, необходимо произвести вставку скопированного зуба сверху ведомого шкива так, чтобы базовая точка копирования автоматически соприкоснулась с углом соседнего зуба. Слева в меню предстоит подобрать такой угол, чтобы зуб встал ровно.

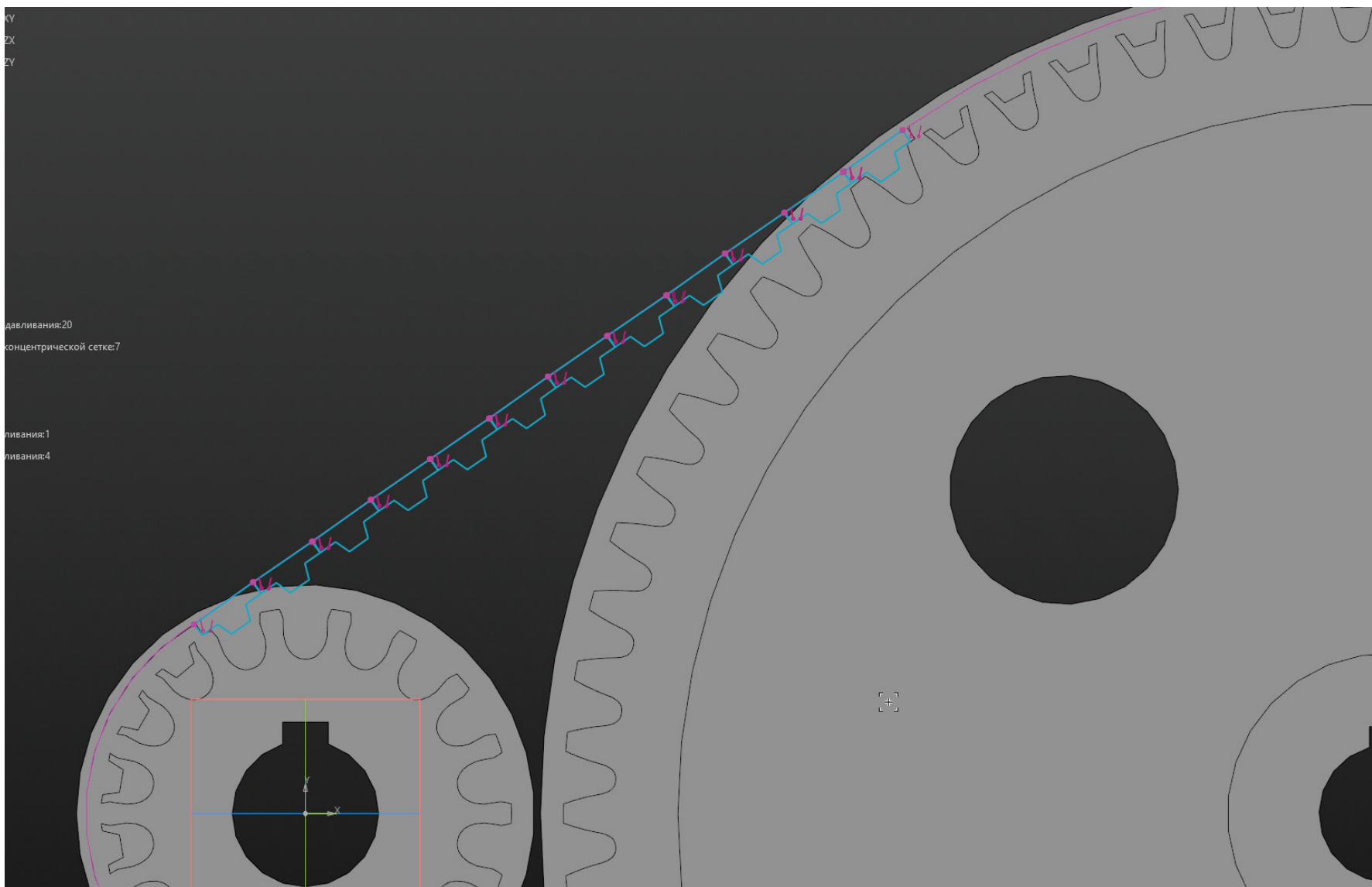


Рисунок 95 – Работа с эскизом, создание недостающего участка ременной передачи

Зубья предстоит вставлять и менять углы до тех пор, пока они ровно не соприкоснутся с зубьями на ведомом шкиве.



Рисунок 96 – Редактирование эскиза

При вставке и повороте нового элемента эскиза могут возникать моменты, когда зубья не стыкуются максимально ровно, в этом случае возникает наложение или разрывы. Для исправления данной ситуации (рис. 96) предстоит переместить одну линию к другой.

Есть вероятность, что на стыке зубьев останется небольшой зазор, его предстоит устранить вручную, протянув боковую часть зуба к границе (рис. 97).

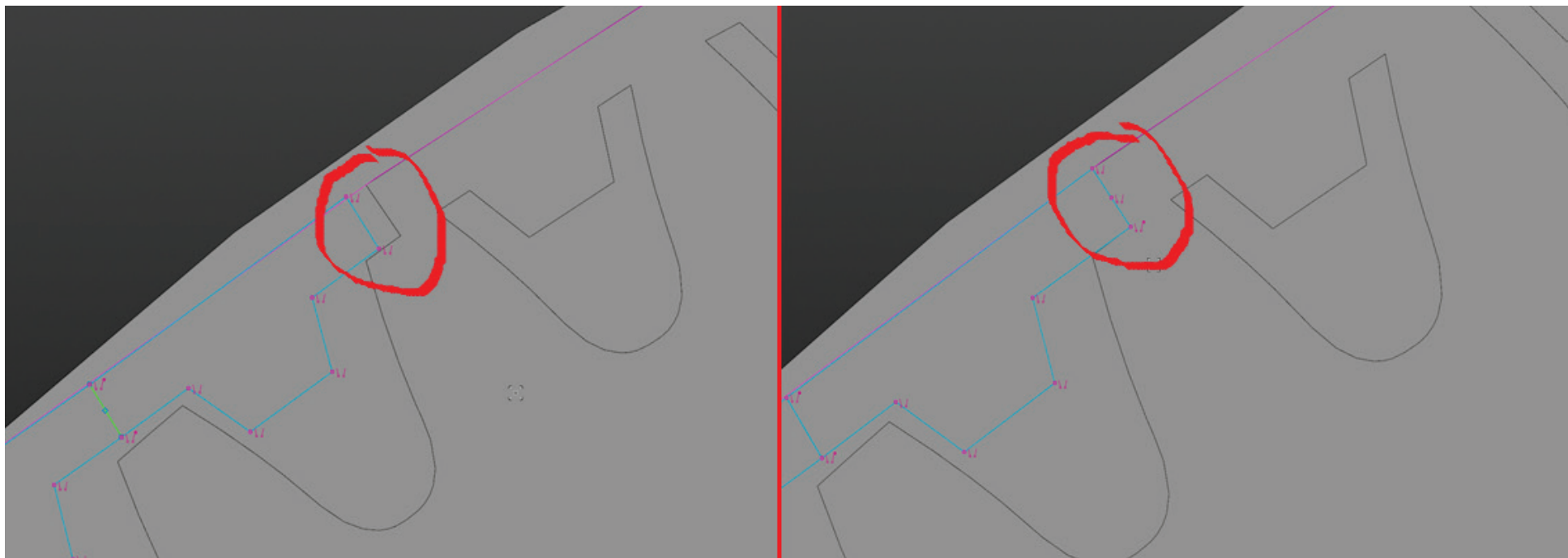


Рисунок 97 – Редактирование эскиза

Закончив редактирование контура зубьев необходимо удалить все поперечные линии, отделяющие один зуб от другого, для того, чтобы получить контур эскиза (рис. 98). После того, как все элементы выровнены, выполняется операция выдавливания на ширину b (рис. 99). На рисунке 100 представлен конечный результат выдавливания эскиза.

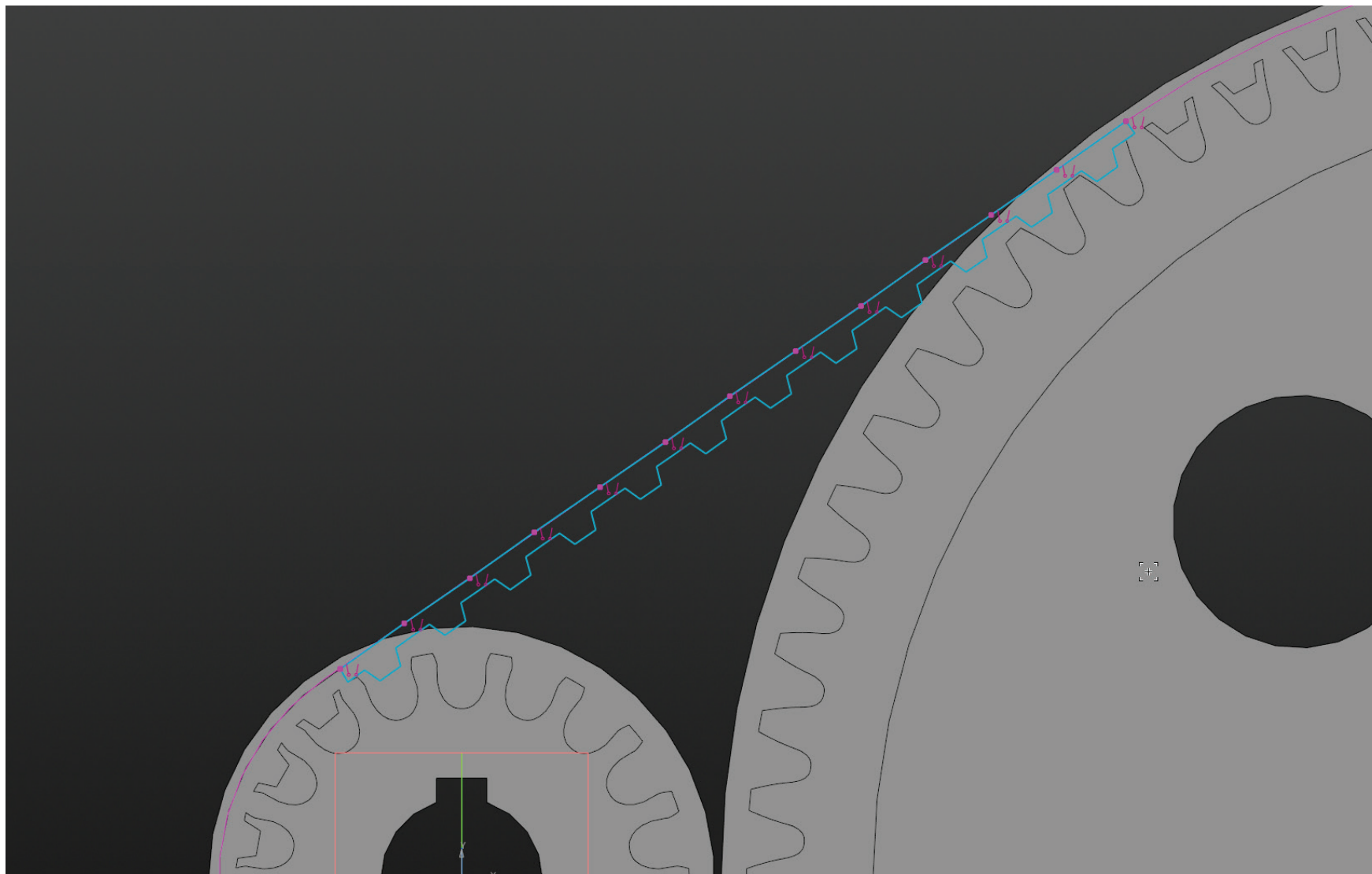


Рисунок 98 – Создание эскиза с цельным контуром

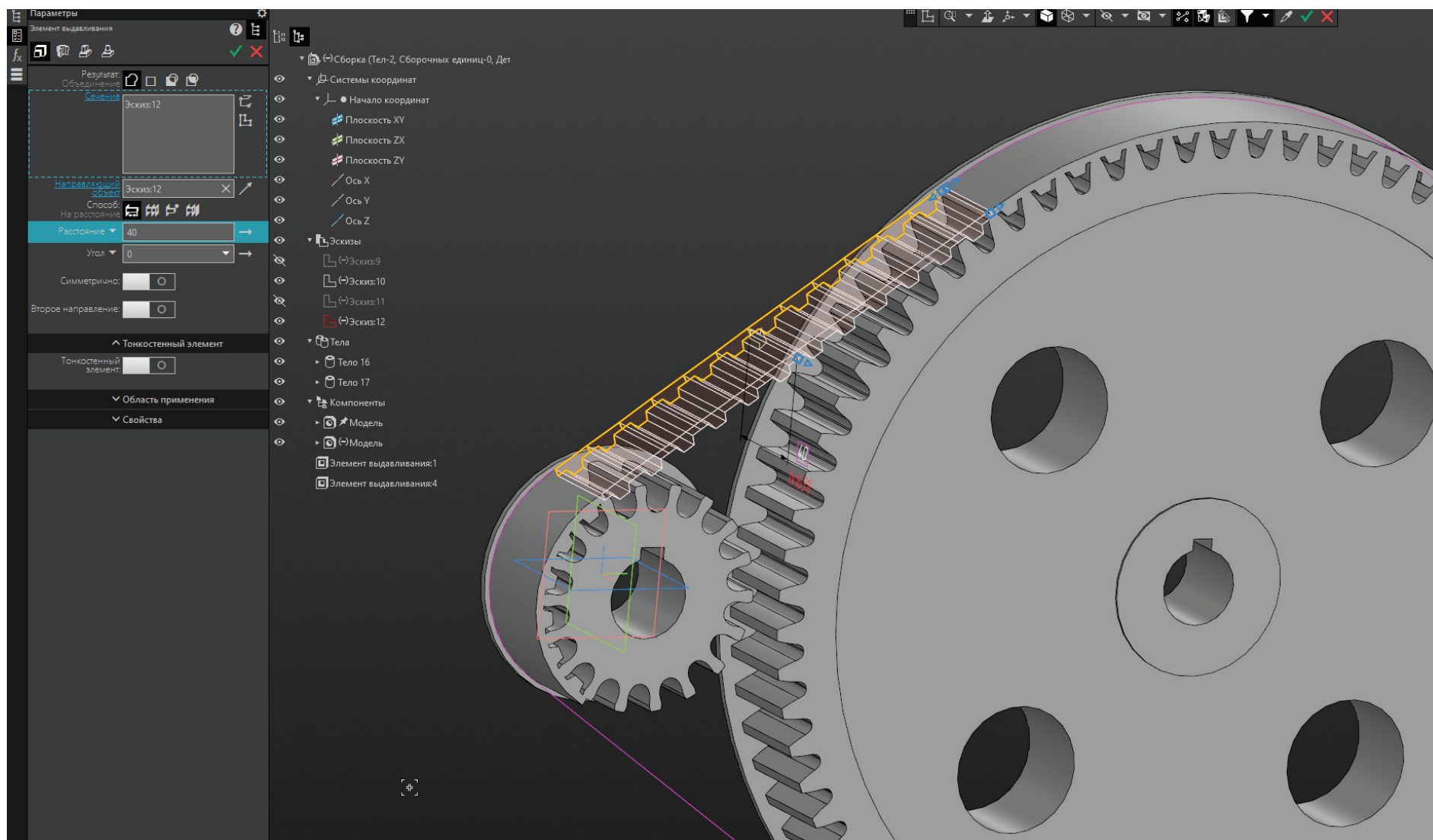


Рисунок 99 – Придание объема выполненному эскизу

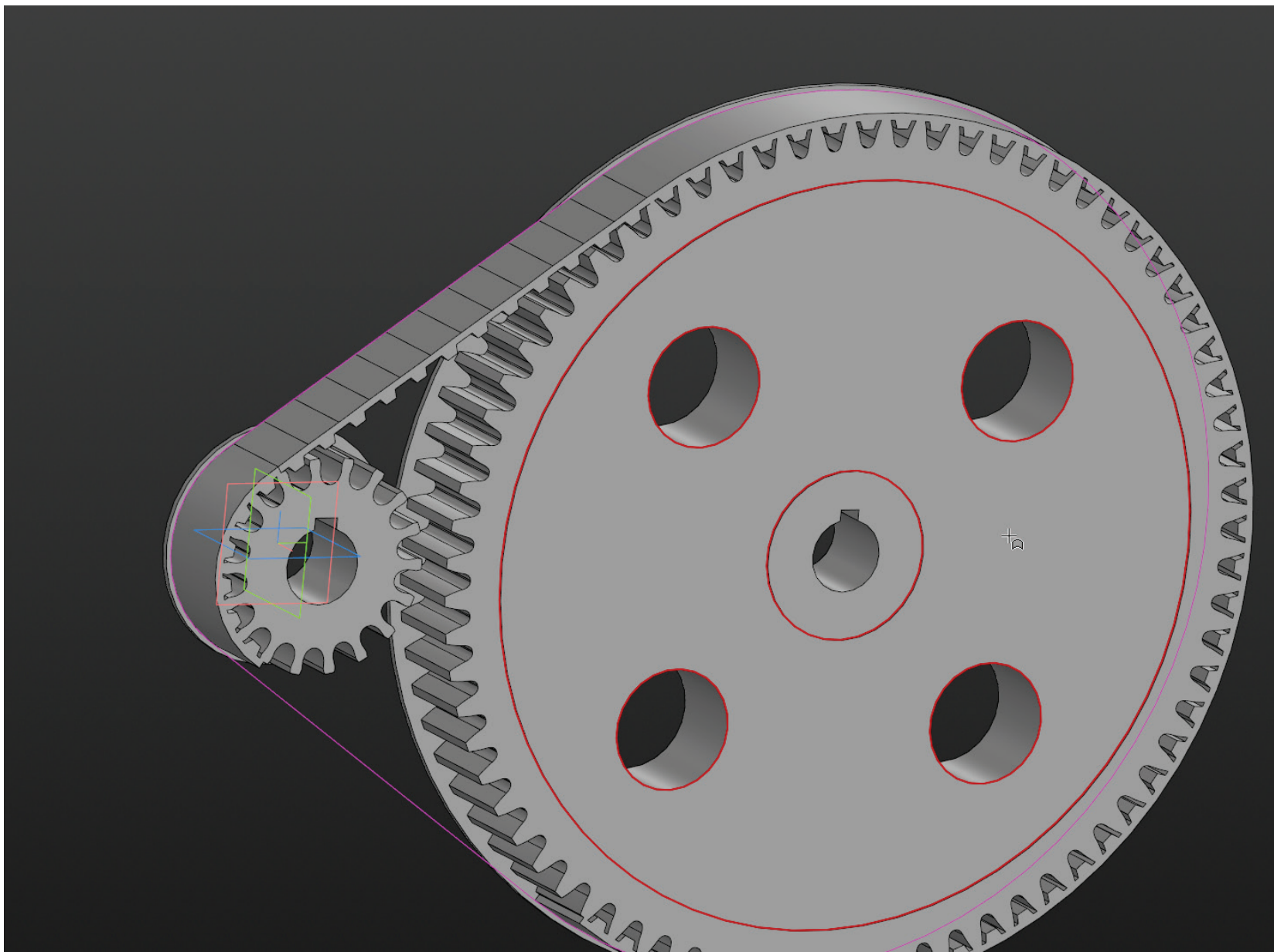


Рисунок 100 – Создание соединительного участка ременной передачи

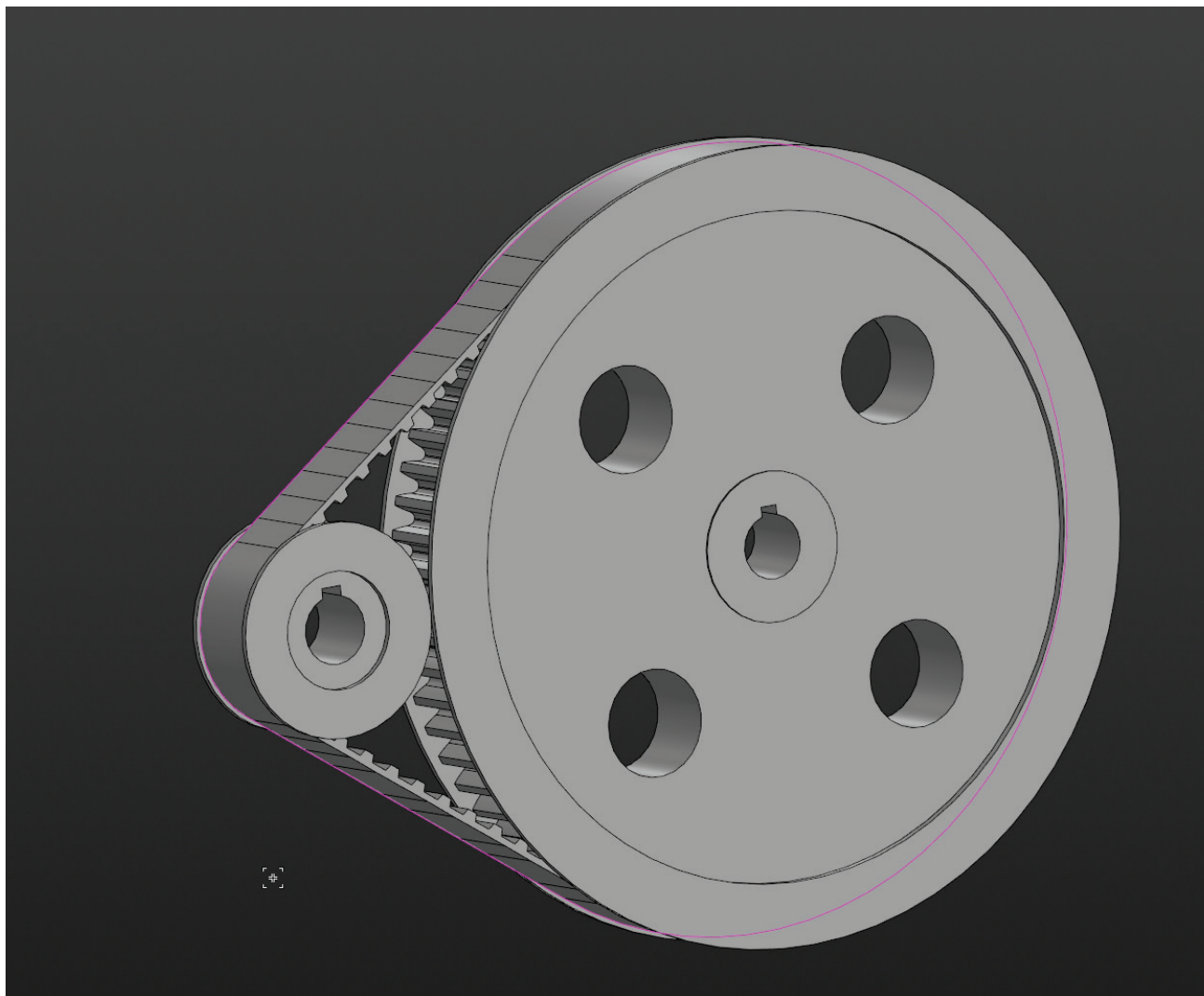


Рисунок 101 – Ременной привод в сборе

После того, как построена верхняя часть соединительного участка, между шкивами необходимо подобным образом создать нижнюю часть. Также, для создания нижней части можно воспользоваться зеркальным массивом относительно плоскости XY.

КОНСТРУИРОВАНИЕ ЦЕПНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Моделирование цепной передачи заключается в создании ведущей и ведомой шестерней, а также цепи соединяющей шестерни открытой передачи.

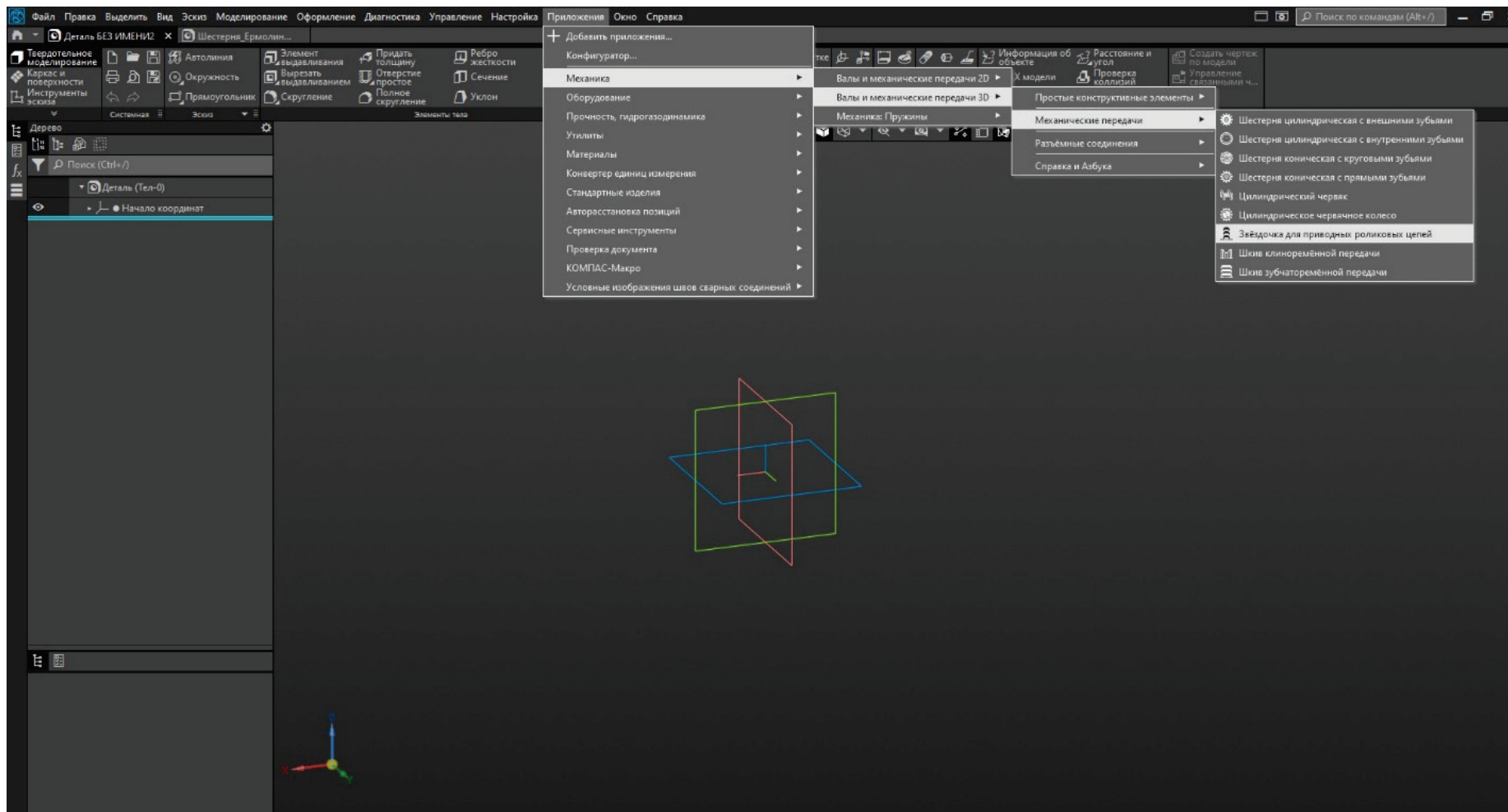


Рисунок 102 – Создание звездочки для приводной роликовой цепи

Создав новую деталь во вкладке «Приложение», необходимо перейти в раздел «Механика». В нем предстоит выбрать «Валы и механические передачи в 3D», затем найти вкладку «Механические передачи» и выбрать пункт «Звездочки для приводных роликовых цепей» (рис. 102). После этого в левой части экрана открывается окно, где необходимо выбрать «Расчет» и нажать «Геометрический расчет» (рис. 103).

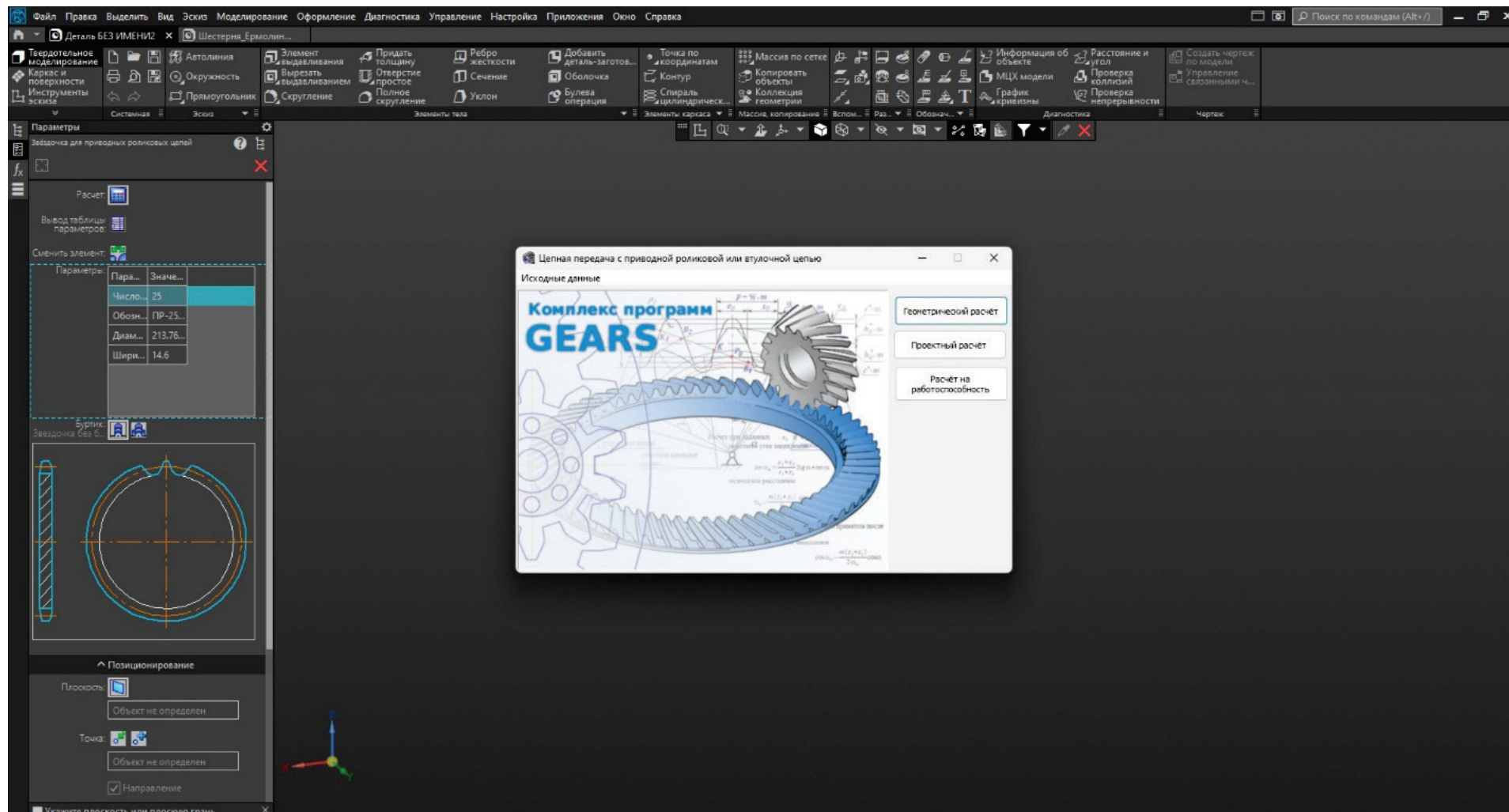


Рисунок 103 – Запуск геометрического расчета

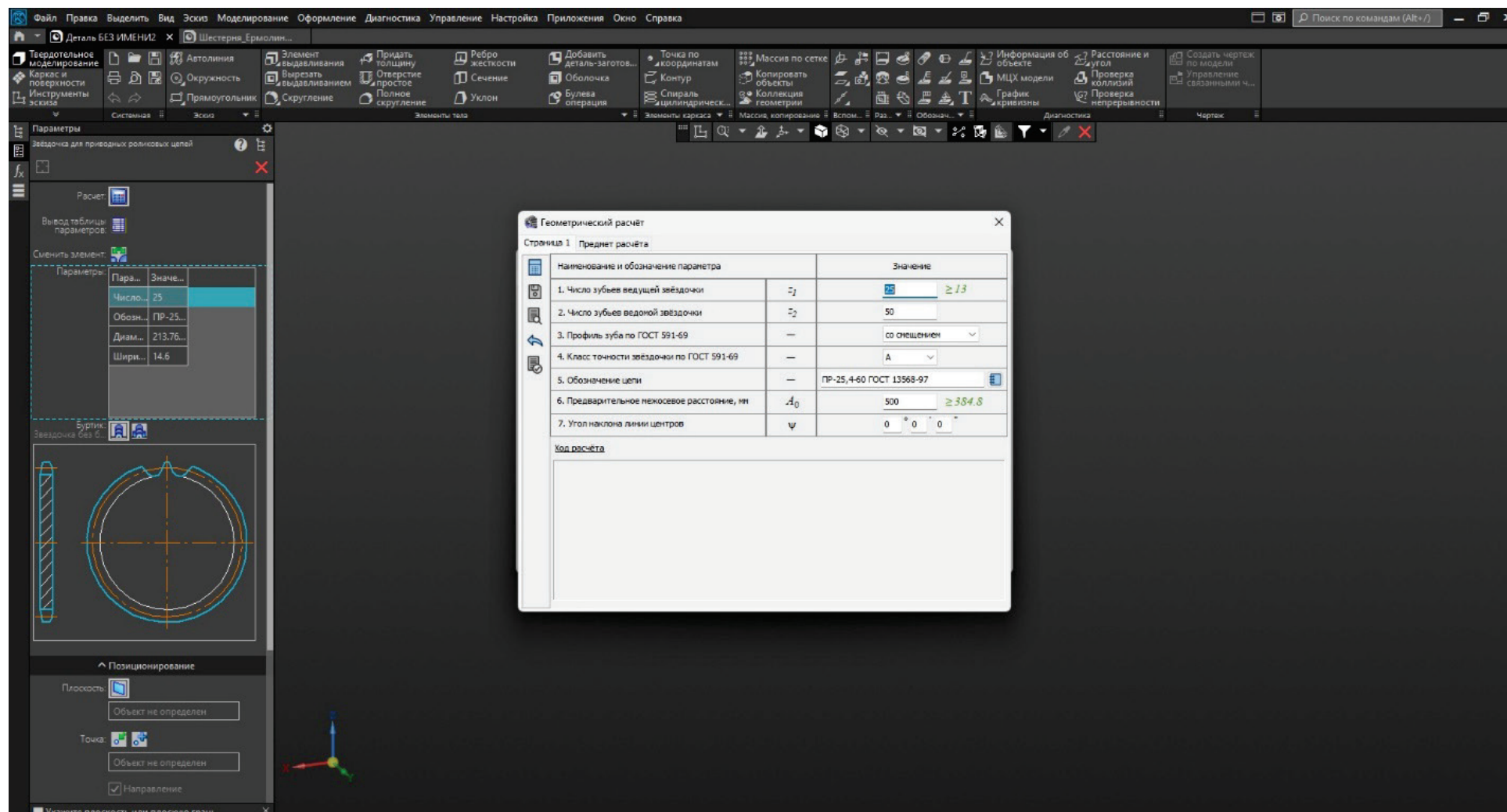


Рисунок 104 – Заполнение данных для расчета ведомой шестерни

В открывшемся окне (рис. 104) предстоит заполнить данные, характерные для выбранного варианта цепной передачи.

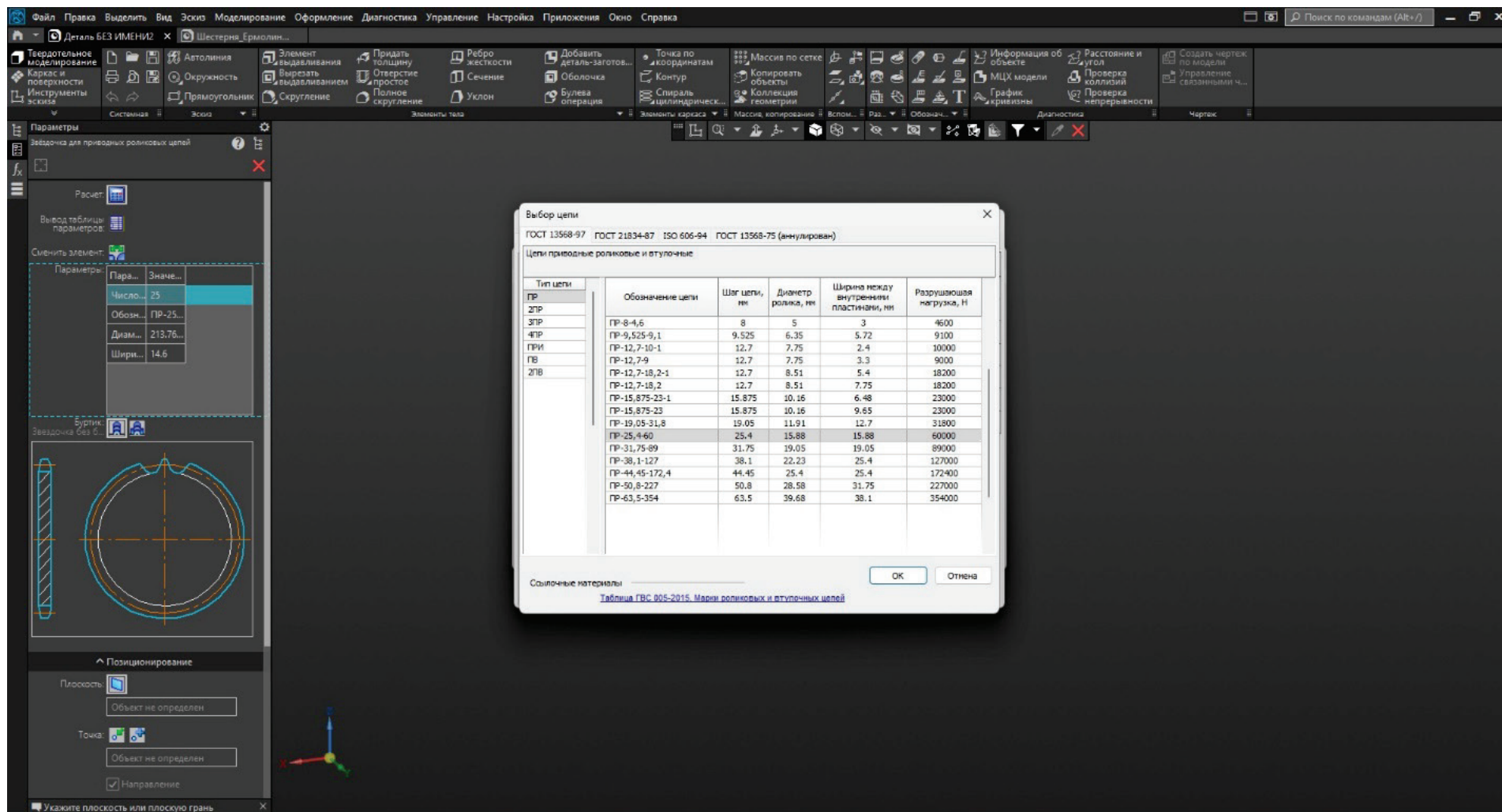


Рисунок 105 – Выбор цепи

После заполнения данных предстоит выбрать подходящую цепь. Для этого в окне геометрического расчета необходимо раскрыть перечень цепей, нажав в пункте «5. Обозначение цепи» на синий блокнот. Выбрав цепь, необходимо завершить расчет (рис. 105).

Выбрав цепь, необходимо завершить общий расчет, для этого предстоит нажать на значок «Калькулятор» (рис. 104).

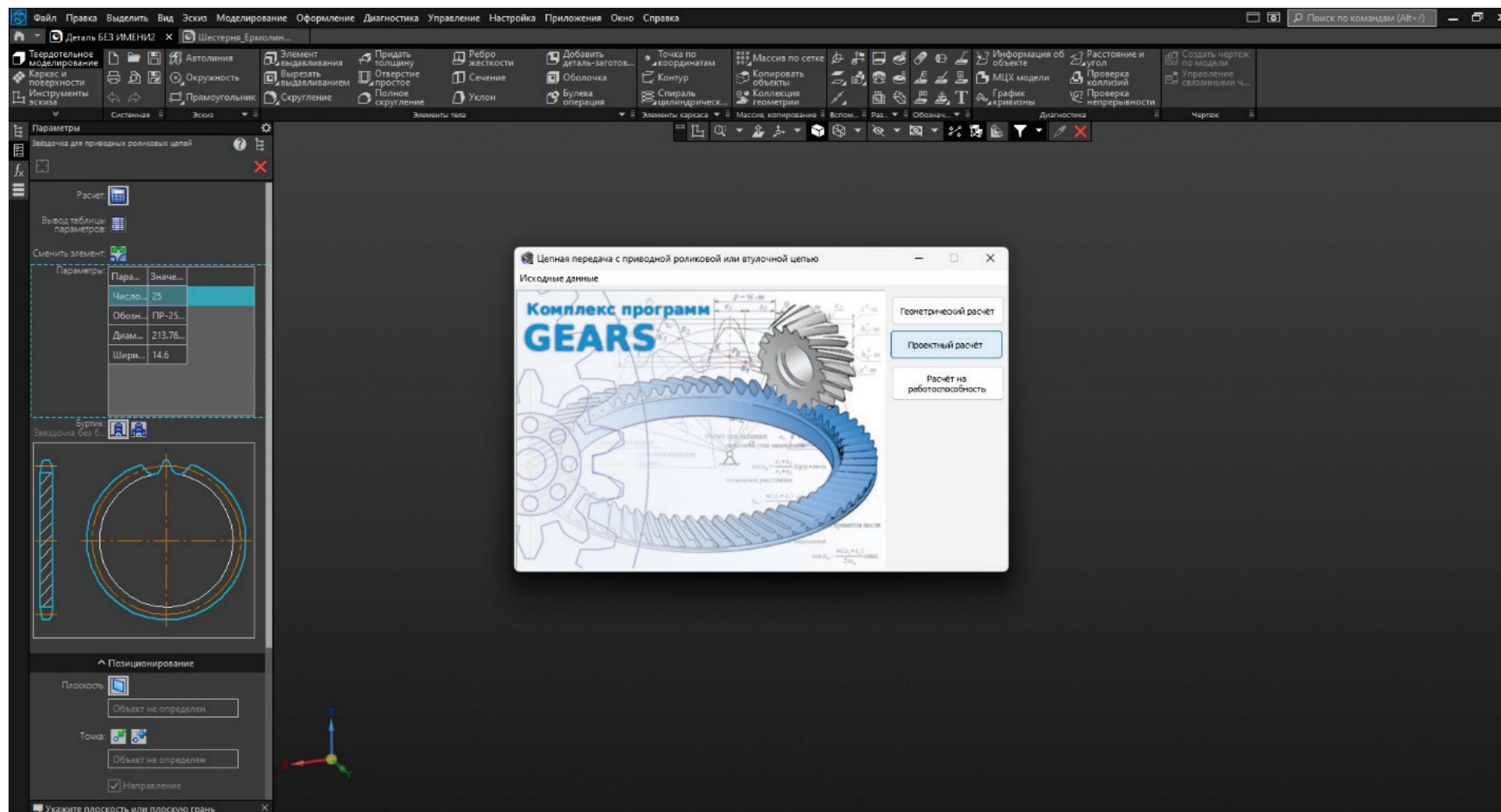


Рисунок 106 – Проектный расчет

После выполнения геометрического расчета предстоит выполнить и проектный (рис. 106). Для этого предстоит повторить последовательность действий, выполненную ранее, а именно запустить расчет в левом верхнем углу экрана.

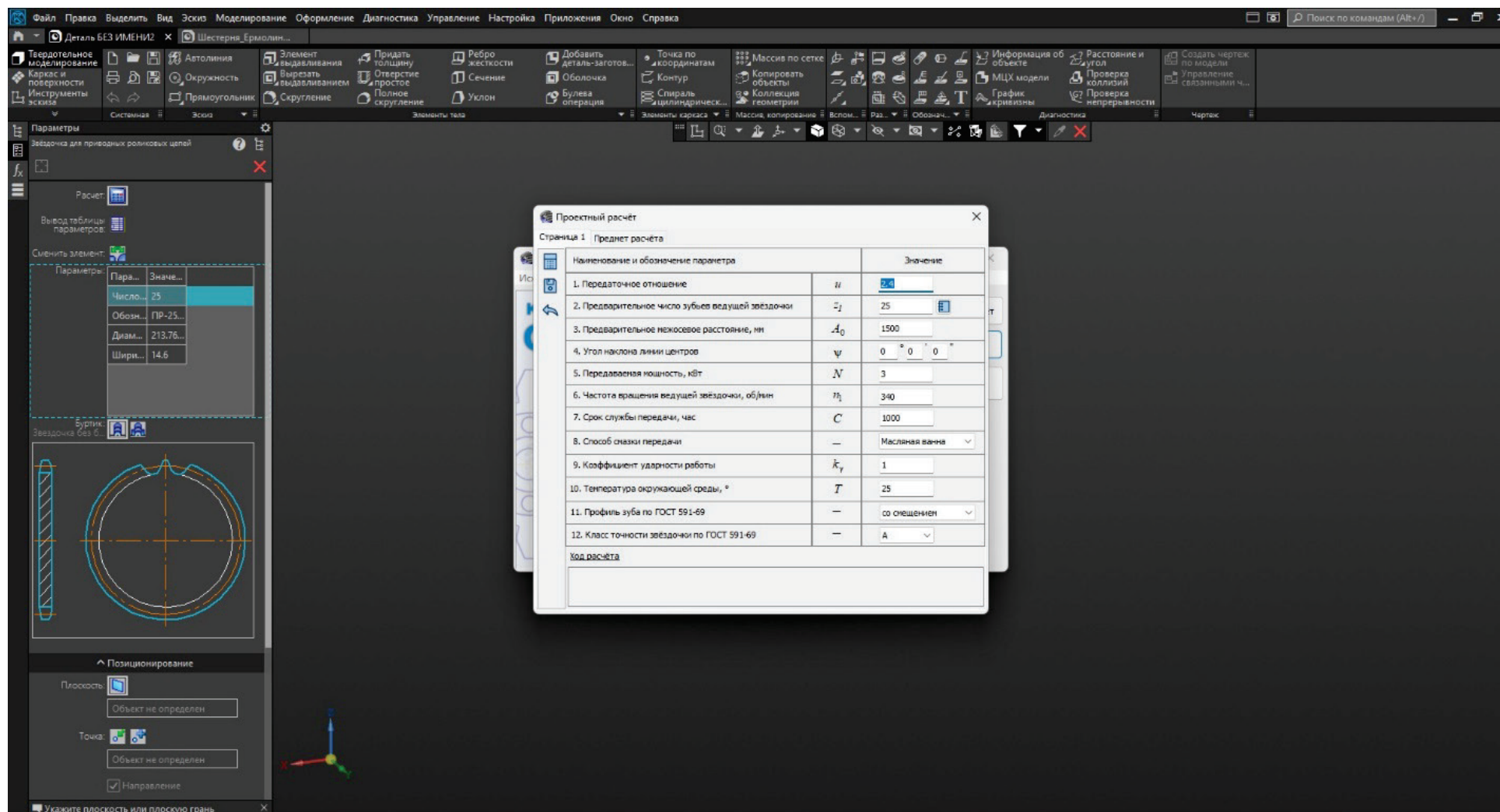


Рисунок 107 – Выполнение проектного расчета

Для выполнения проектного расчета необходимо заполнить данные, как показано на рисунке 107, согласно расчетным значениям цепной передачи. После чего запускается проектный расчет нажатием на «Калькулятор». После этого оба окна нужно закрыть.

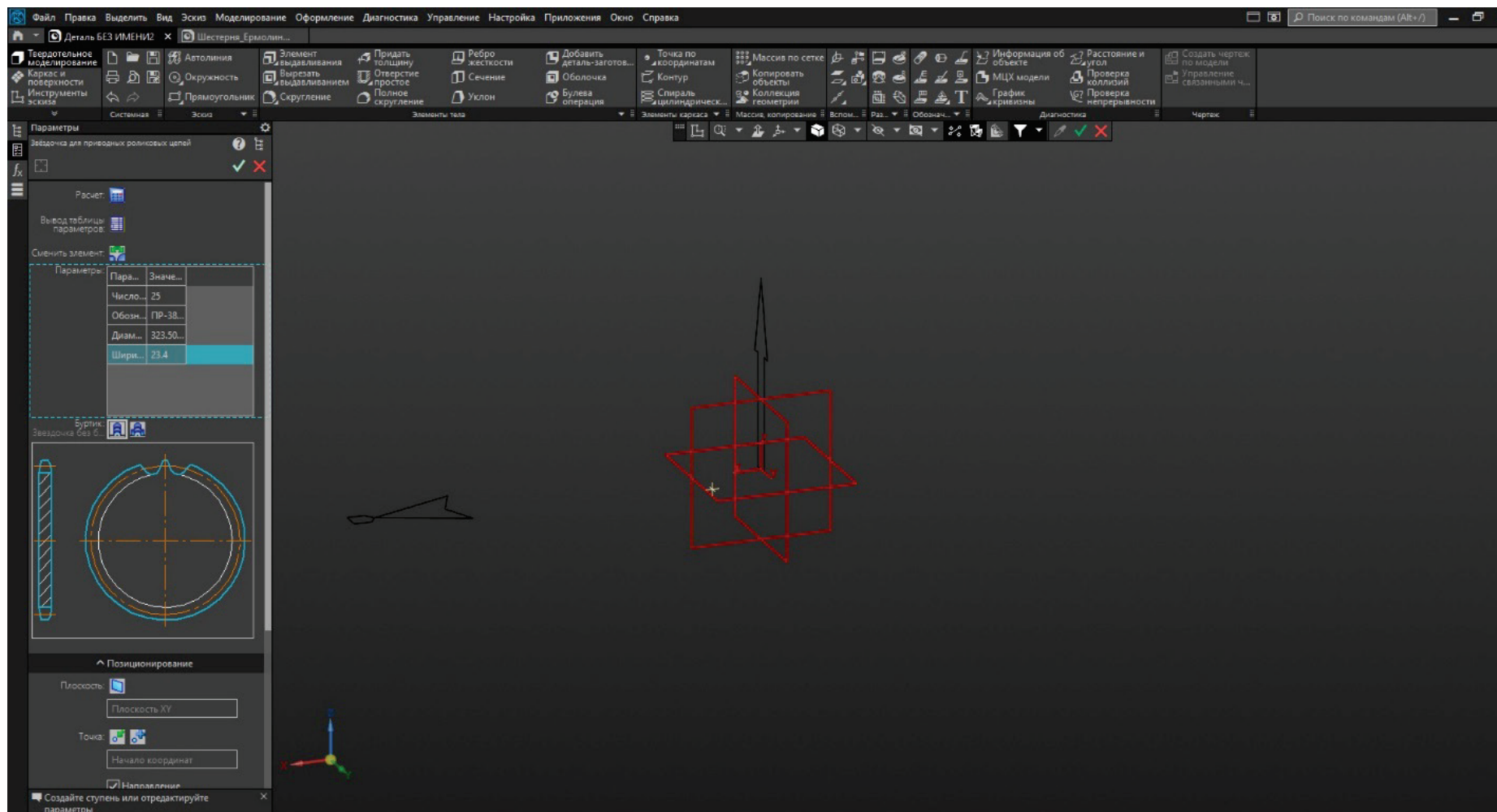


Рисунок 108 – Создание трехмерной модели ведущей шестерни

В левом углу экрана необходимо найти панель «Плоскость» и указать, на какой именно плоскости будет построена шестерня, после чего предстоит подтвердить создание модели нажатием на зеленую галочку (рис. 108).

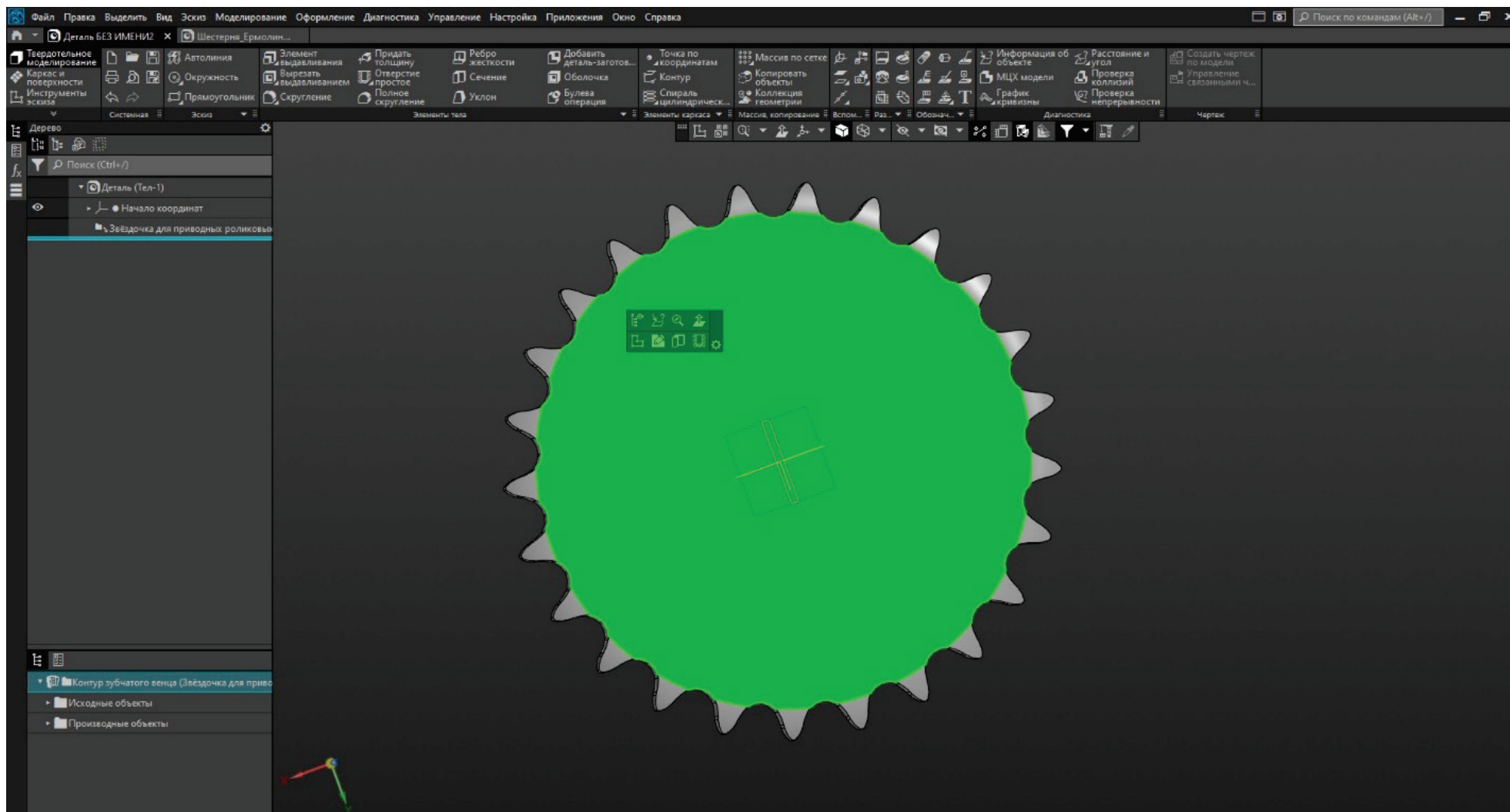


Рисунок 109 – Создание эскиза на плоскости

После того, как программа выполнит построение трехмерной модели, предстоит выбрать одну из боковых плоскостей и создать на ней эскиз, как показано на рисунке 109.

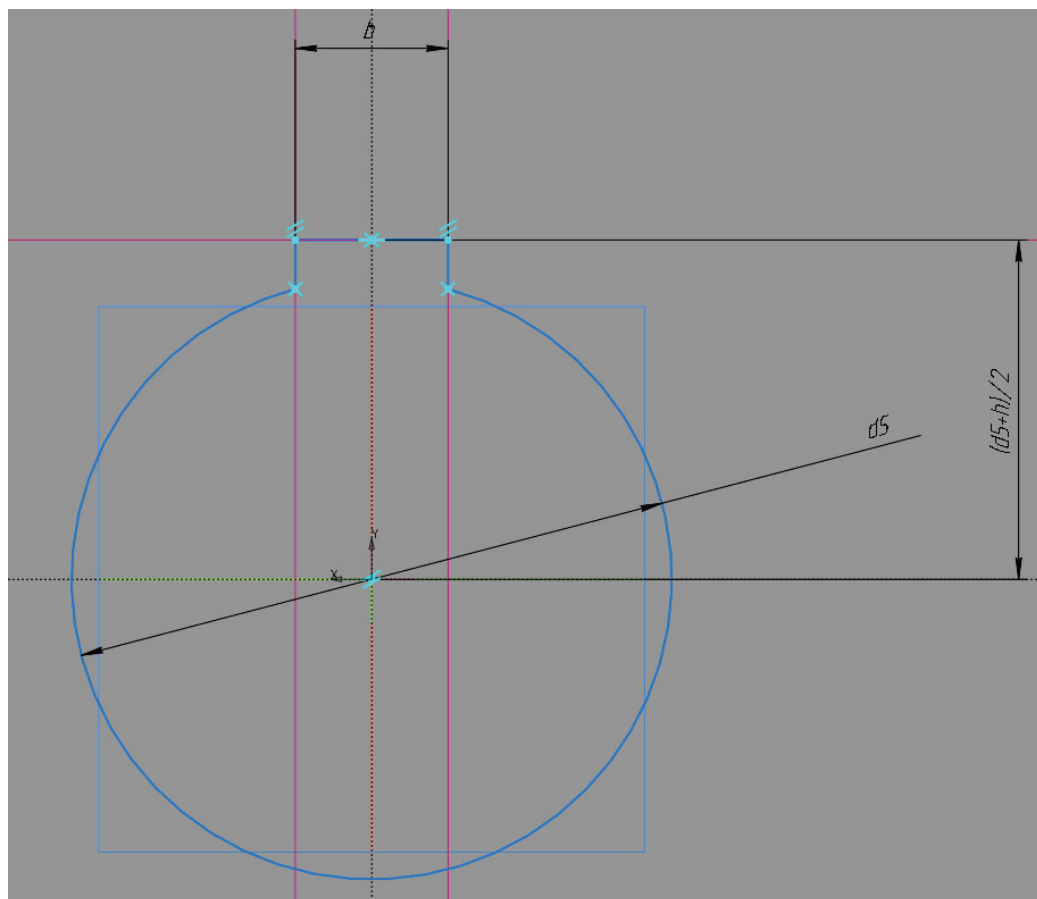


Рисунок 110 – Работа с эскизом, создание отверстия под промежуточный вал со шпонкой

На рисунке 110 показан готовый эскиз для создания отверстия под промежуточный вал со шпонкой. Для получения данного эскиза необходимо расставить вспомогательные прямые, как показано на рисунке. В центре располагаются вертикальная и горизонтальная прямые. От горизонтальной прямой откладывается параллельная прямая на расстояние, равное сумме половины диаметра и половины шпонки. От вертикальной прямой в обе стороны откладываются параллельные прямые на расстояние, равное половине ширины шпонки. После чего выполняется построение окружности диаметром, соответствующим пятому диаметру промежуточного вала, того участка вала, на котором располагается ведущее колесо.

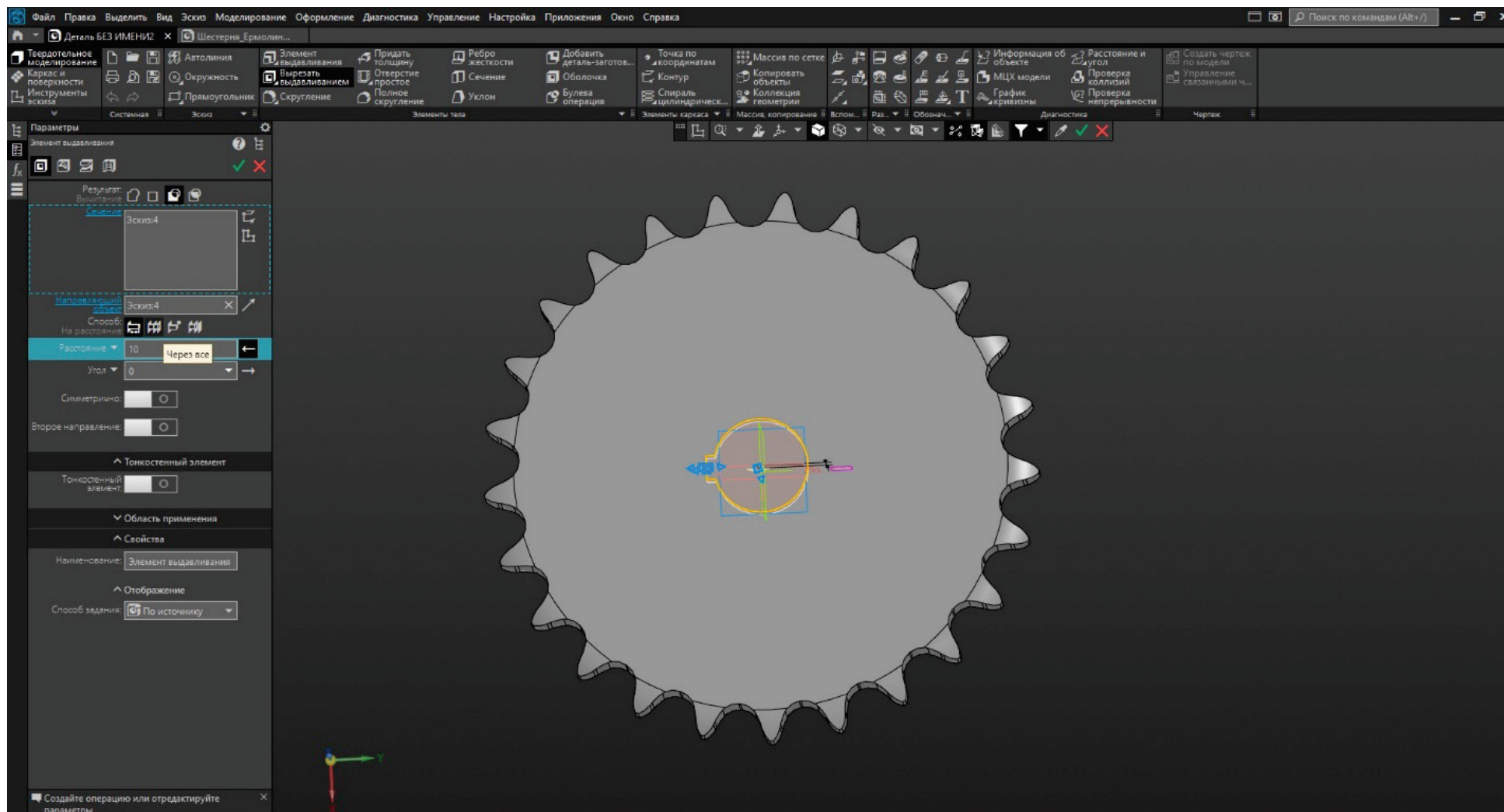


Рисунок 111 – Создание отверстия со шпоночным пазом

К законченному эскизу необходимо применить операцию «Вырезать выдавливанием» на расстояние до последней поверхности объекта, чтобы получить сквозное отверстие (рис. 111).

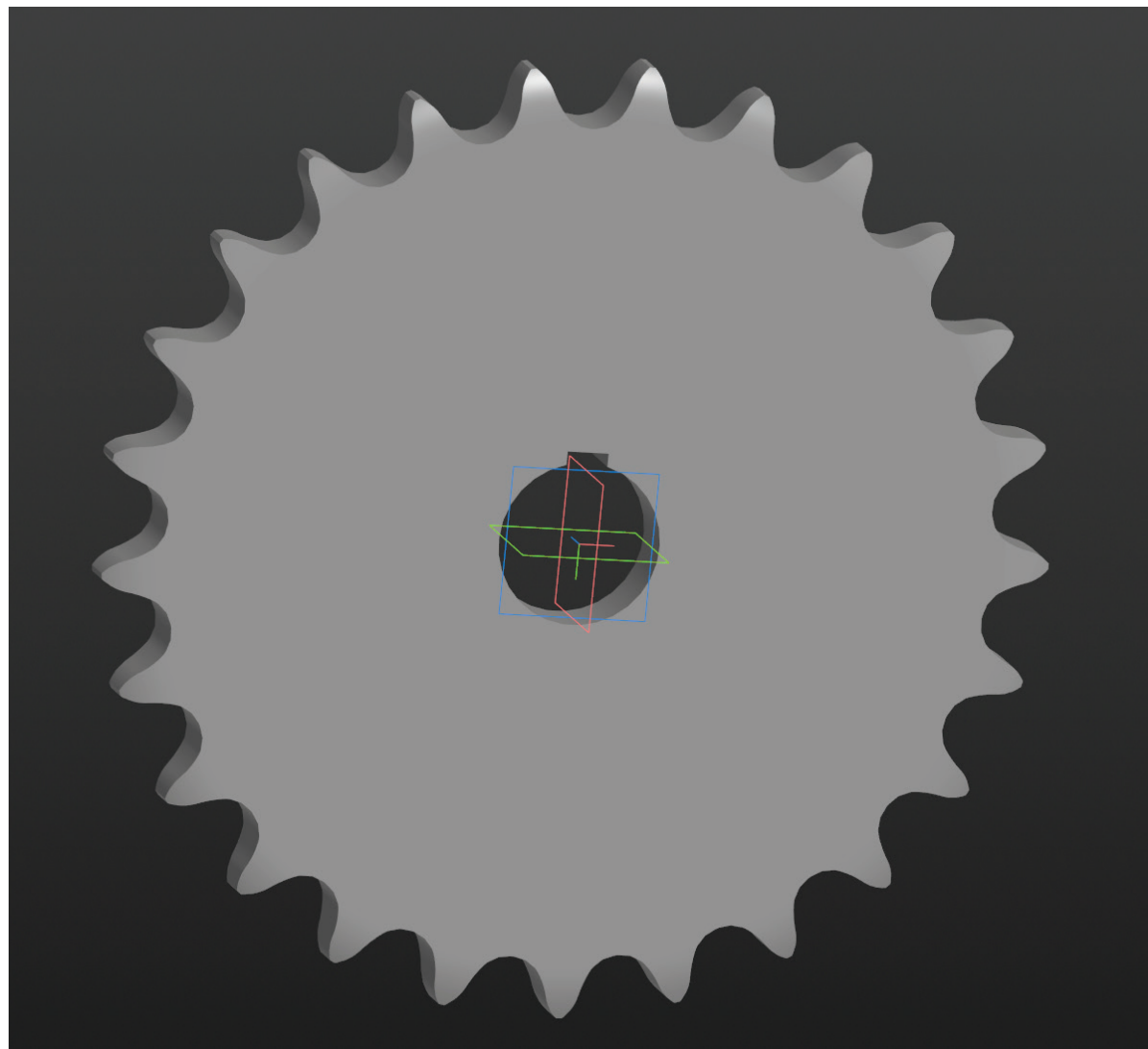


Рисунок 112 – Трехмерная модель ведущей шестерни

Моделирование ведомой шестерни выполняется аналогичным образом в новой детали. Однако во время проведения расчета необходимо поменять число зубьев местами.

Типоразмер цепи	t	b_1 , не менее	d_2	d_1, d_4	h , не более	b_7 , не более	b , не более	Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса 1 м цепи (расчетная), кг
Цепи приводные роликовые однорядные типа ПР									
ПР-8-4,6	8,0	3,00	2,31	5,00	7,5	12	7	4,6	0,20
ПР-9,525-9,1	9,525	5,72	3,28	6,35	8,5	17	10	9,1	0,45
ПР-12,7-10-1	12,7	2,40	3,66	7,75	10,0	10,5	6,3	10,0	0,30
ПР-12,7-9	12,7	3,30	3,66	7,75	10,0	12	7	9,0	0,35
ПР-12,7-18,2-1	12,7	5,40	4,45	8,51	11,8	19	10	18,2	0,65
ПР-12,7-18,2	12,7	7,75	4,45	8,51	11,8	21	11	18,2	0,75
ПР-15,875-23-1	15,875	6,48	5,08	10,16	14,8	20	11	23,0	0,80
ПР-15,875-23	15,875	9,65	5,08	10,16	14,8	24	13	23,0	1,00
ПР-19,05-31,8	19,05	12,70	5,94	11,91	18,2	33	18	31,8	1,90
ПР-25,4-60	25,4	15,88	7,92	15,88	24,2	39	22	60,0	2,60
ПР-31,75-89	31,75	19,05	9,53	19,05	30,2	46	24	89,0	3,80
ПР-38,1-127	38,1	25,40	11,10	22,23	36,2	58	30	127,0	5,50
ПР-44,45-172,4	44,45	25,40	12,70	25,40	42,4	62	34	172,4	7,50
ПР-50,8-227	50,8	31,75	14,27	28,58	48,3	72	38	227,0	9,7
ПР-63,5-354	63,5	38,10	19,84	39,68	60,4	89	48	354,0	16,0
Цепи приводные втулочные однорядные типа ПВ									
ПВ-9,525-11,5	9,525	7,60	3,59	5,0	8,80	18,5	10	11,5	0,50
ПВ-9,525-13,0	9,525	9,52	4,45	6,0	9,85	21,2	12	13,0	0,65
Цепи приводные роликовые с изогнутыми пластинами типа ПРИ									
ПРИ-78,1-360	78,1	38,1	17,15	33,3	45,5	102	51	360	14,5
ПРИ-78,1-400	78,1	38,1	19,00	40,0	56,0	102	51	400	19,8
ПРИ-103,2-650	103,2	49,0	24,00	46,0	60,0	135	73	650	28,8
ПРИ-140-1200	140	80,0	36,0	65,0	90,0	182	94	1200	63,0

Рисунок 113 – Размеры однорядных цепей согласно ГОСТ 13568-97

На рисунке 113 приведены типоразмеры однорядных цепей. Выбрав нужную строчку, предстоит выполнить создание звеньев цепи согласно размерам. Для этого необходимо создать новую деталь и на одной из плоскостей, например, XY, выполнить построение эскиза (рис. 114).

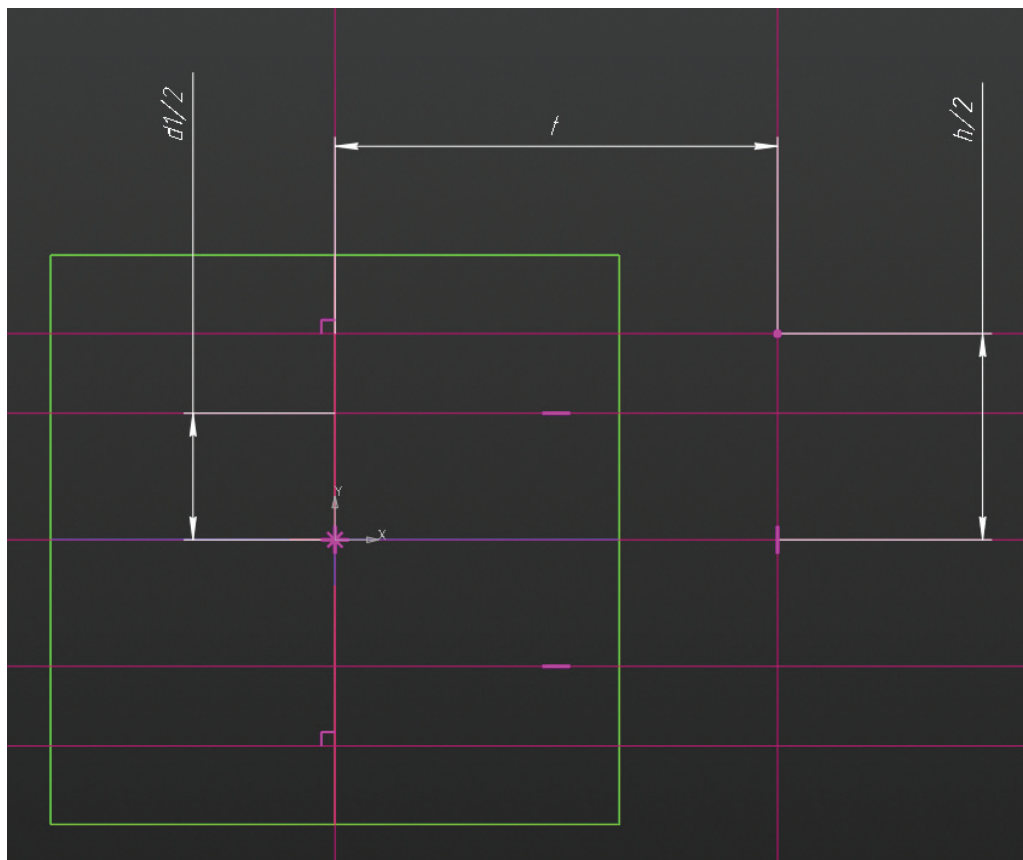


Рисунок 114 – Работа с эскизом, вспомогательные прямые

В начале координат выполняется построение вертикальной и горизонтальной вспомогательных прямых. Затем от вертикальной прямой откладывается параллельная прямая на расстояние t (мм), после этого от горизонтальной прямой в обе стороны откладываются параллельные прямые на расстояние $h/2$ (мм). От горизонтальной прямой, расположенной в центре, также выполняется построение двух параллельных прямых с двух сторон на расстояние $d_1/2$ (мм).

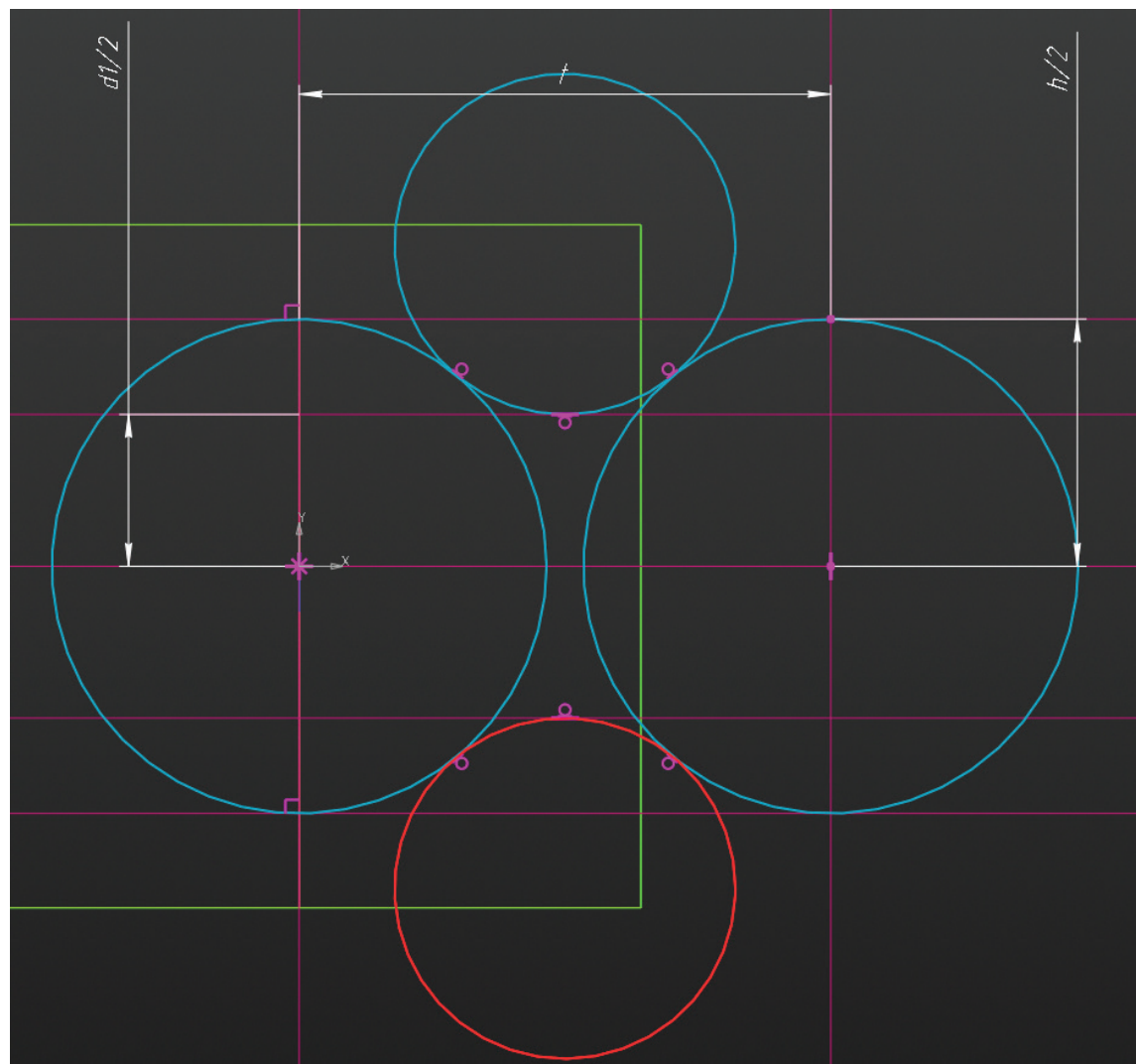


Рисунок 115 – Работа с эскизом, построение окружностей

Из точек пересечения вертикальных и горизонтальных прямых выполняется построение окружностей касательной к двум кривым. После этого выполняется построение окружностей касательной к трем кривым между двумя большими окружностями, как показано на рисунке 115.

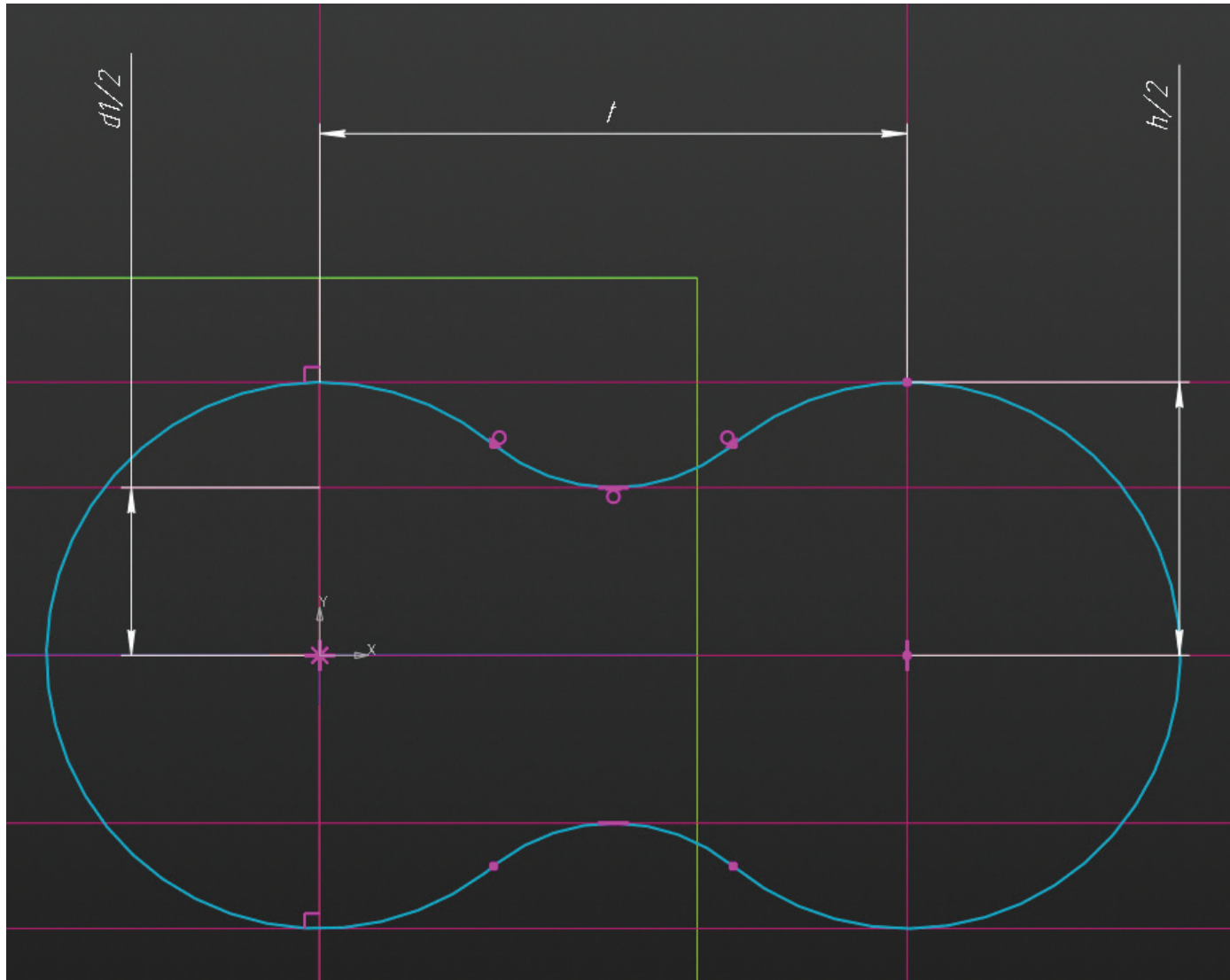


Рисунок 116 – Работа с эскизом, создание контура

Выполнив построение окружностей, необходимо усечь все ненужные элементы и получить контур звена однорядной цепи, как показано на рисунке 116.

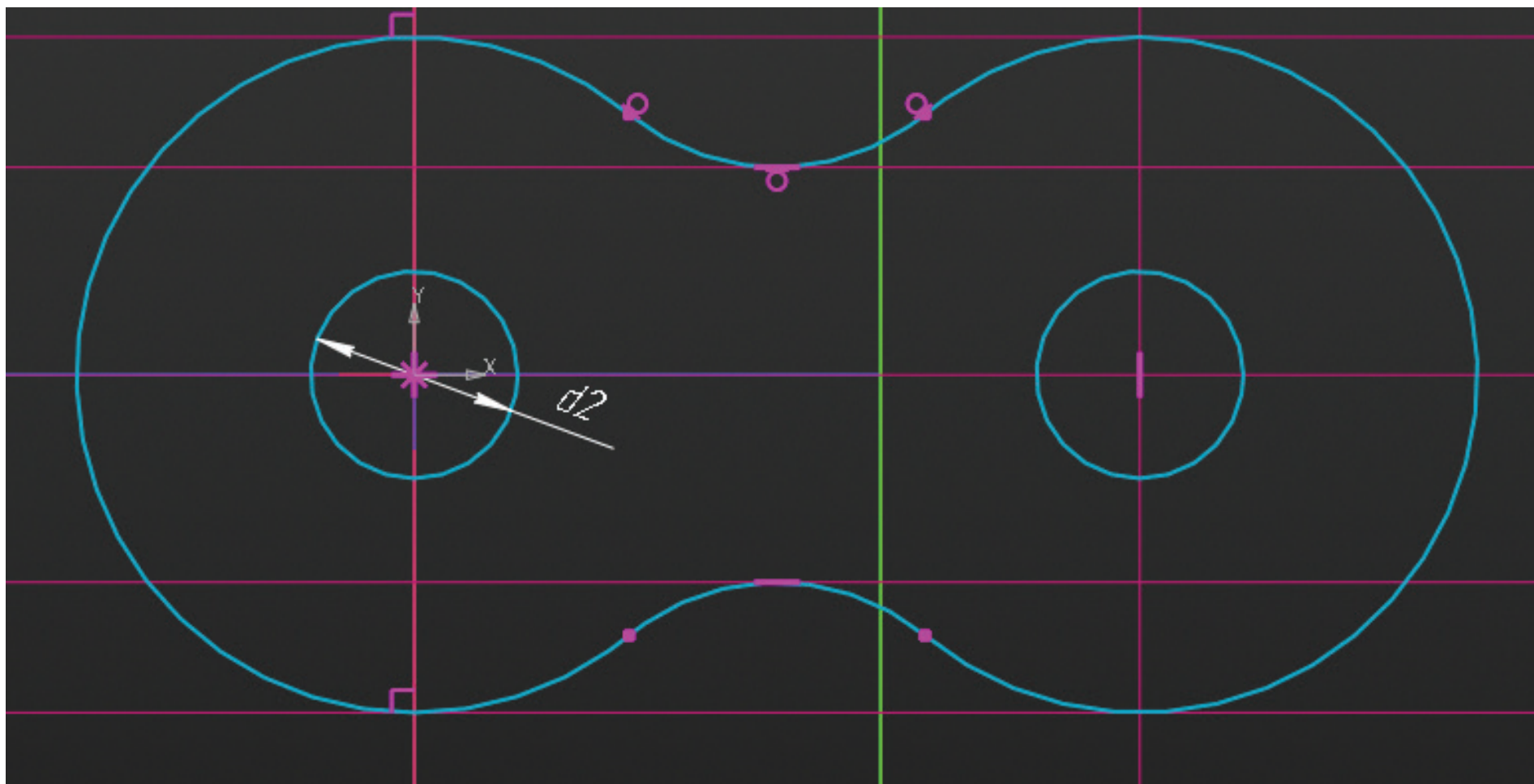


Рисунок 117 – Работа с эскизом, создание контура

Закончив создание контура звена однорядной цепи, необходимо выполнить построение отверстий, для этого в точках пересечения вертикальных и горизонтальной прямой выполняется построение окружностей диаметром d_2 (мм) (рис. 117).

К полученному эскизу применяется операция «Элемент выдавливания» на расстояние, равное $(b-b_1)/2$ (мм) (рис. 118).

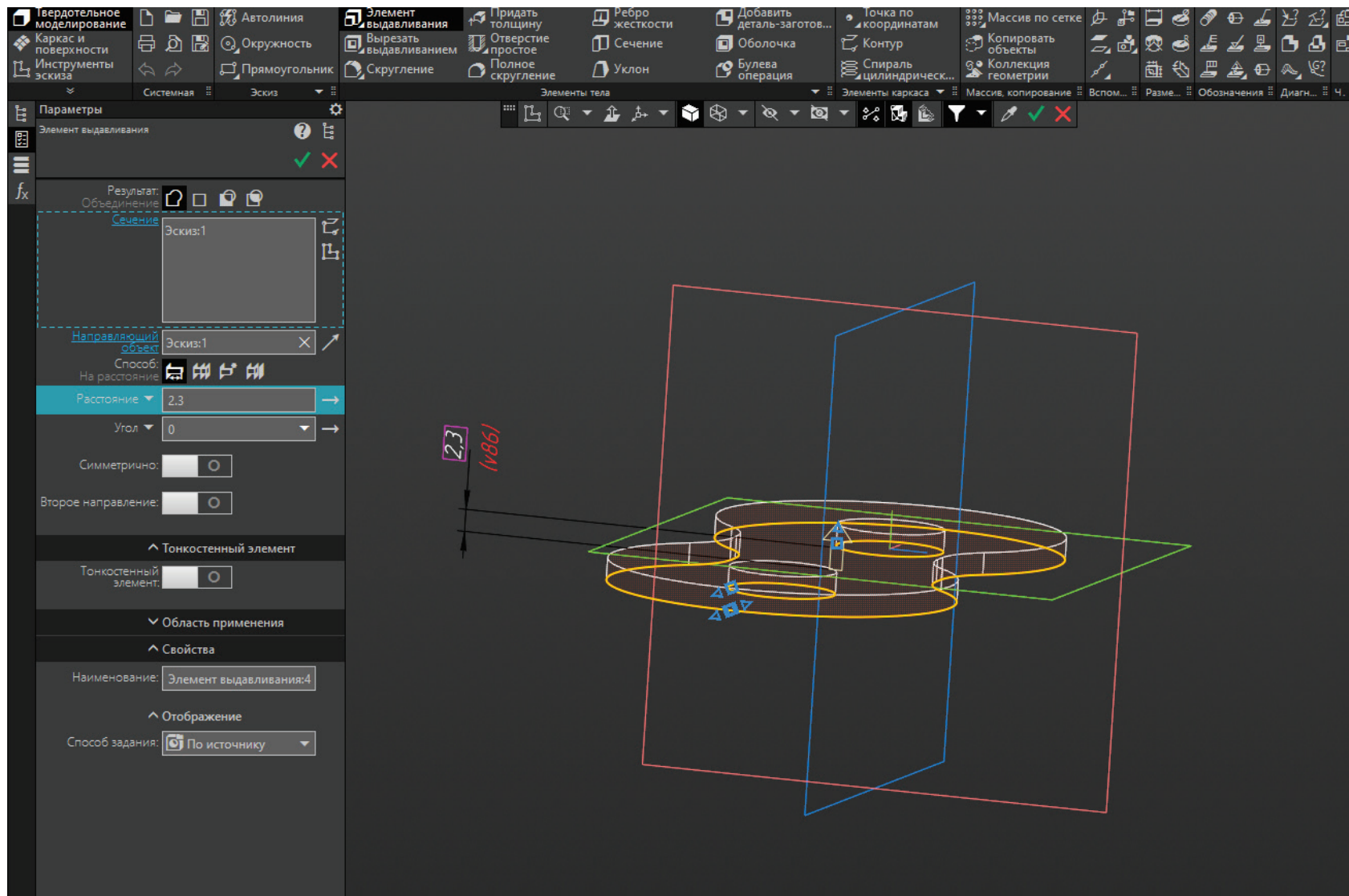


Рисунок 118 – Создание объемной модели по эскизу

После того, как операция выдавливания завершена, необходимо сохранить деталь отдельным файлом, как соединительную часть между звеньями цепи.

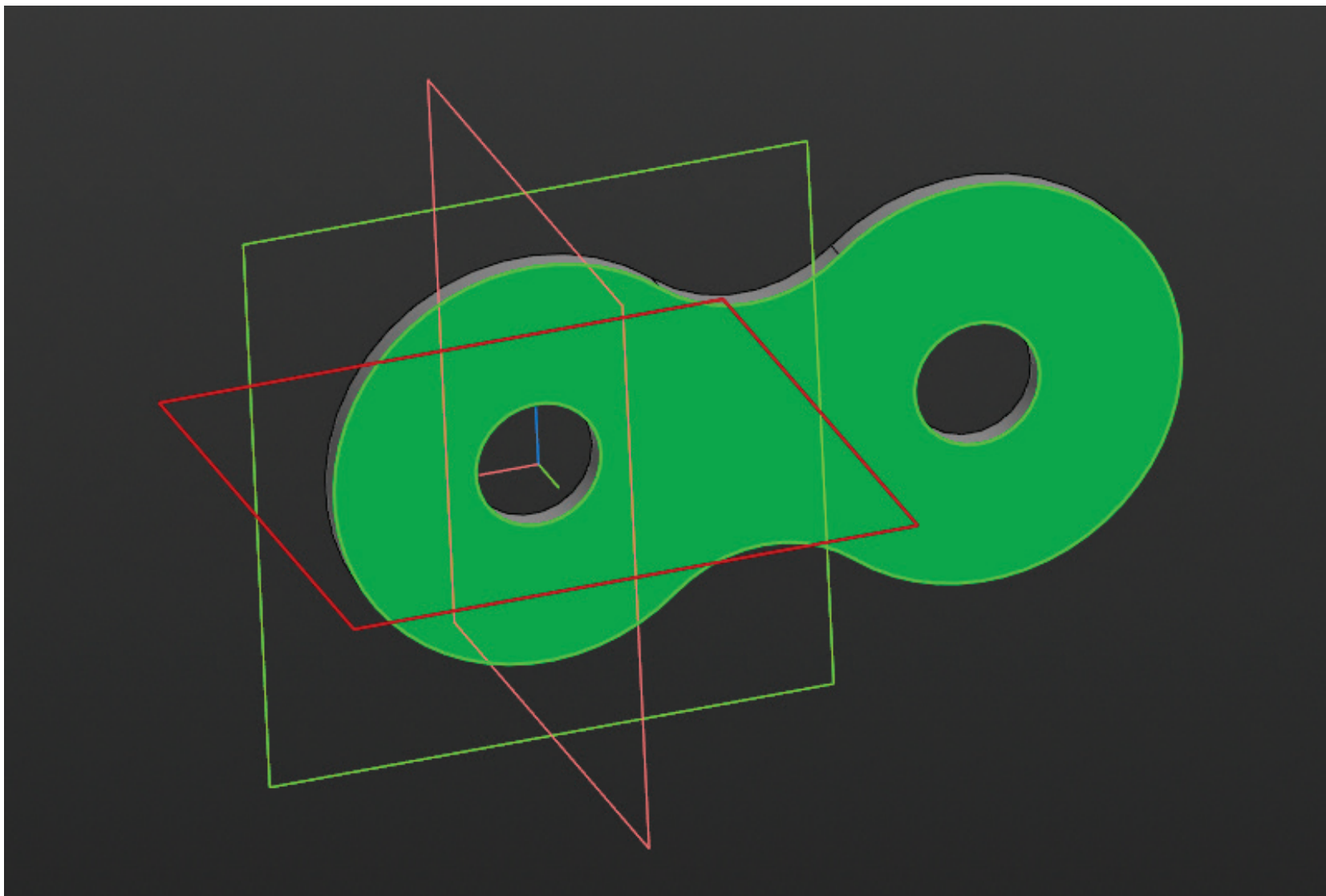


Рисунок 119 – Создание эскиза на плоскости

Необходимо вновь сохранить деталь, но уже под названием «Звено цепи». После этого на одной из плоскостей необходимо создать эскиз (рис. 119).

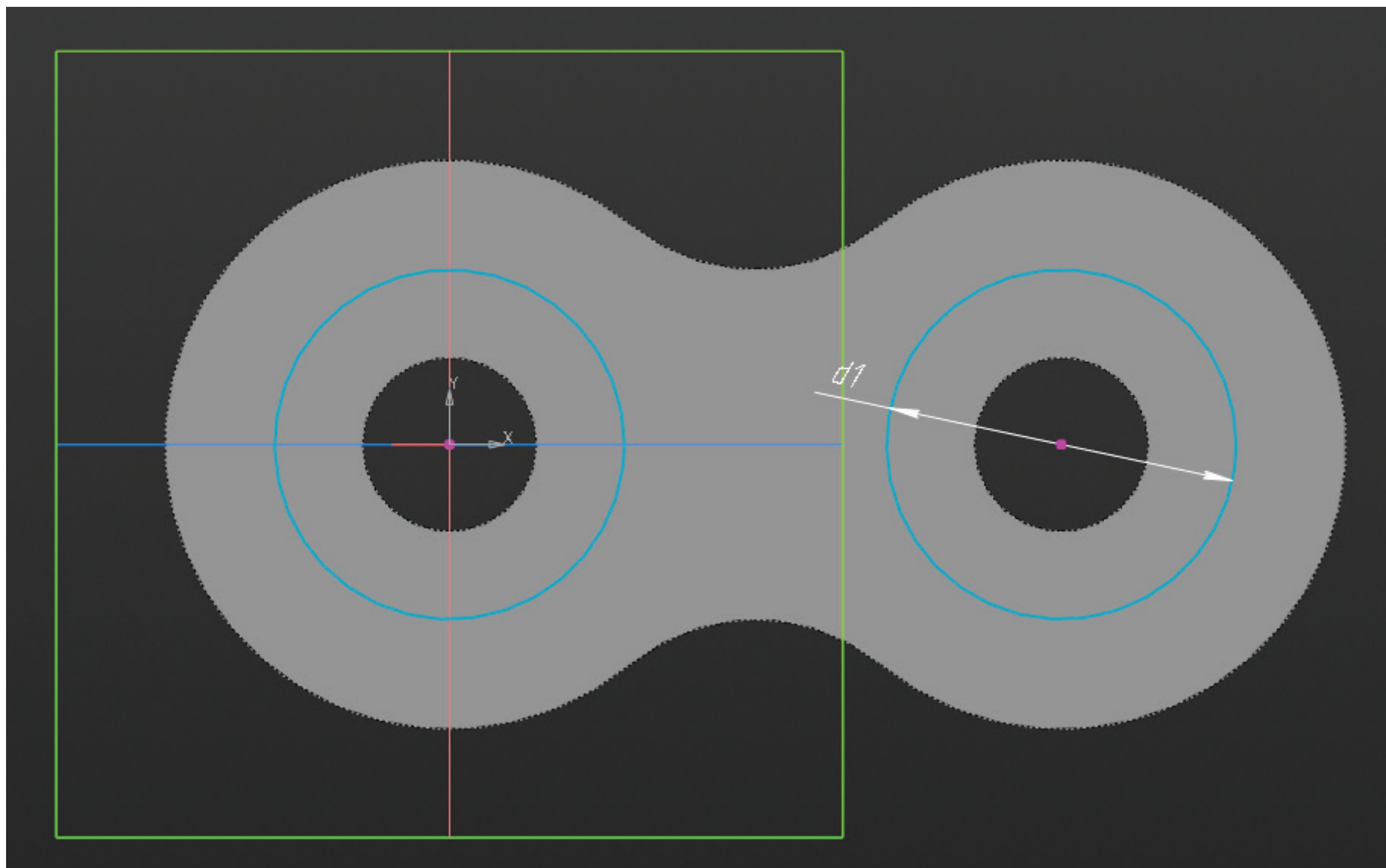


Рисунок 120 – Работа с эскизом, создание окружностей

Из центра отверстий выполняется построение окружностей диаметром d_1 (мм), как показано на рисунке 120.

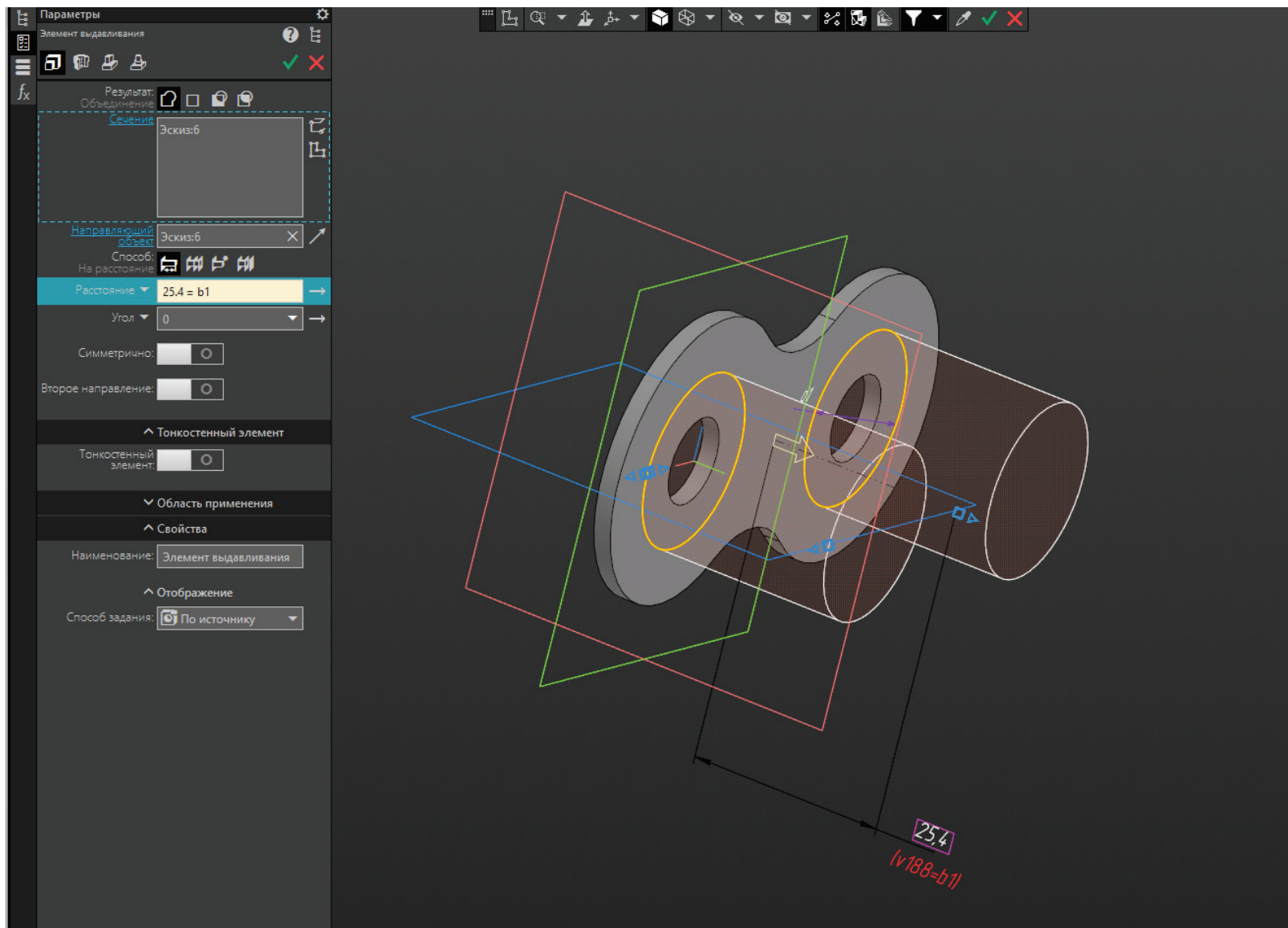


Рисунок 121 – Применение операции выдавливания к эскизу

К полученному эскизу применяется операция выдавливания на расстояние b_1 (мм) (рис. 121).

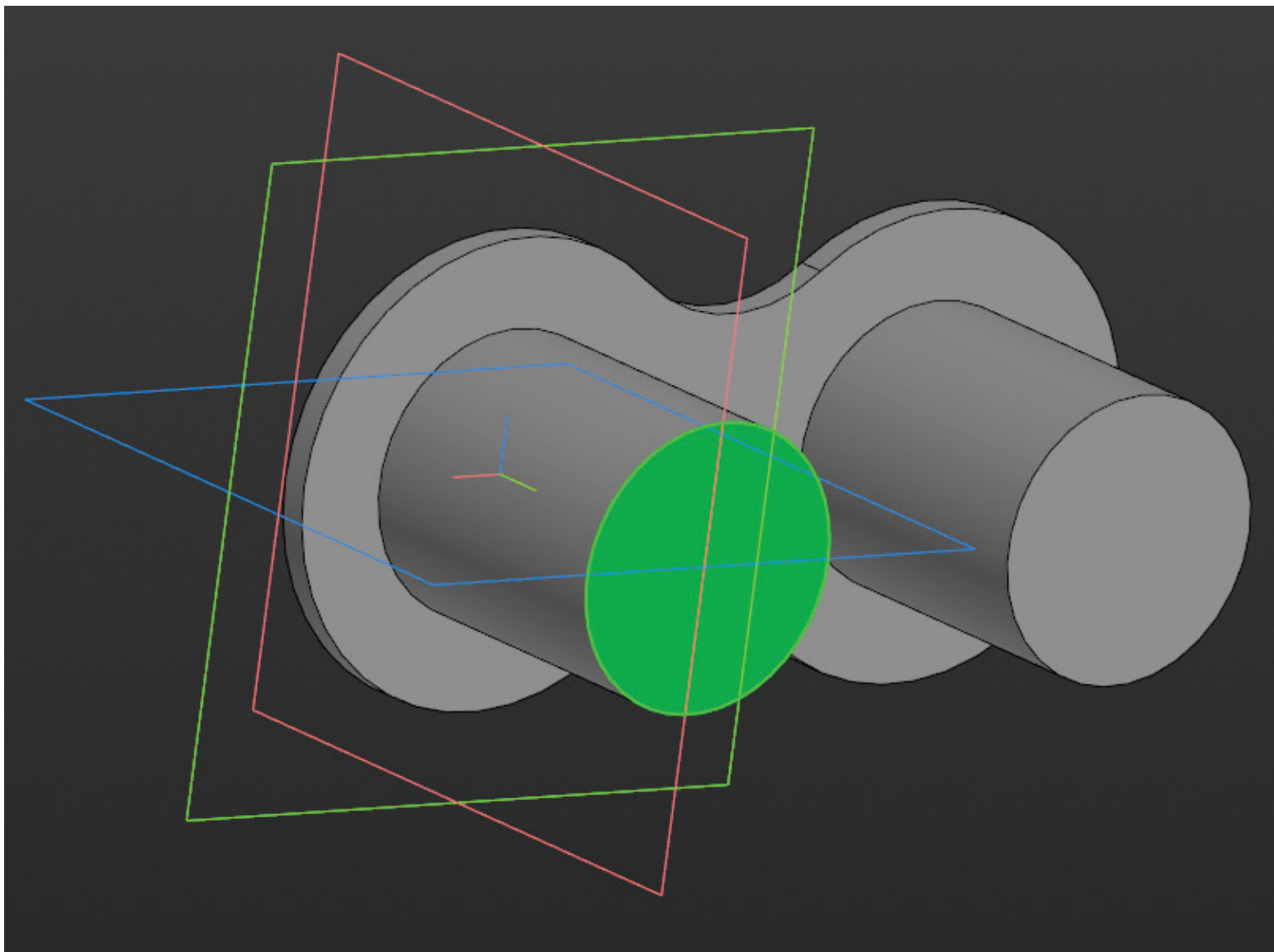


Рисунок 122 – Создание эскиза на плоскости

На образованной плоскости необходимо создать новый эскиз (рис. 122).

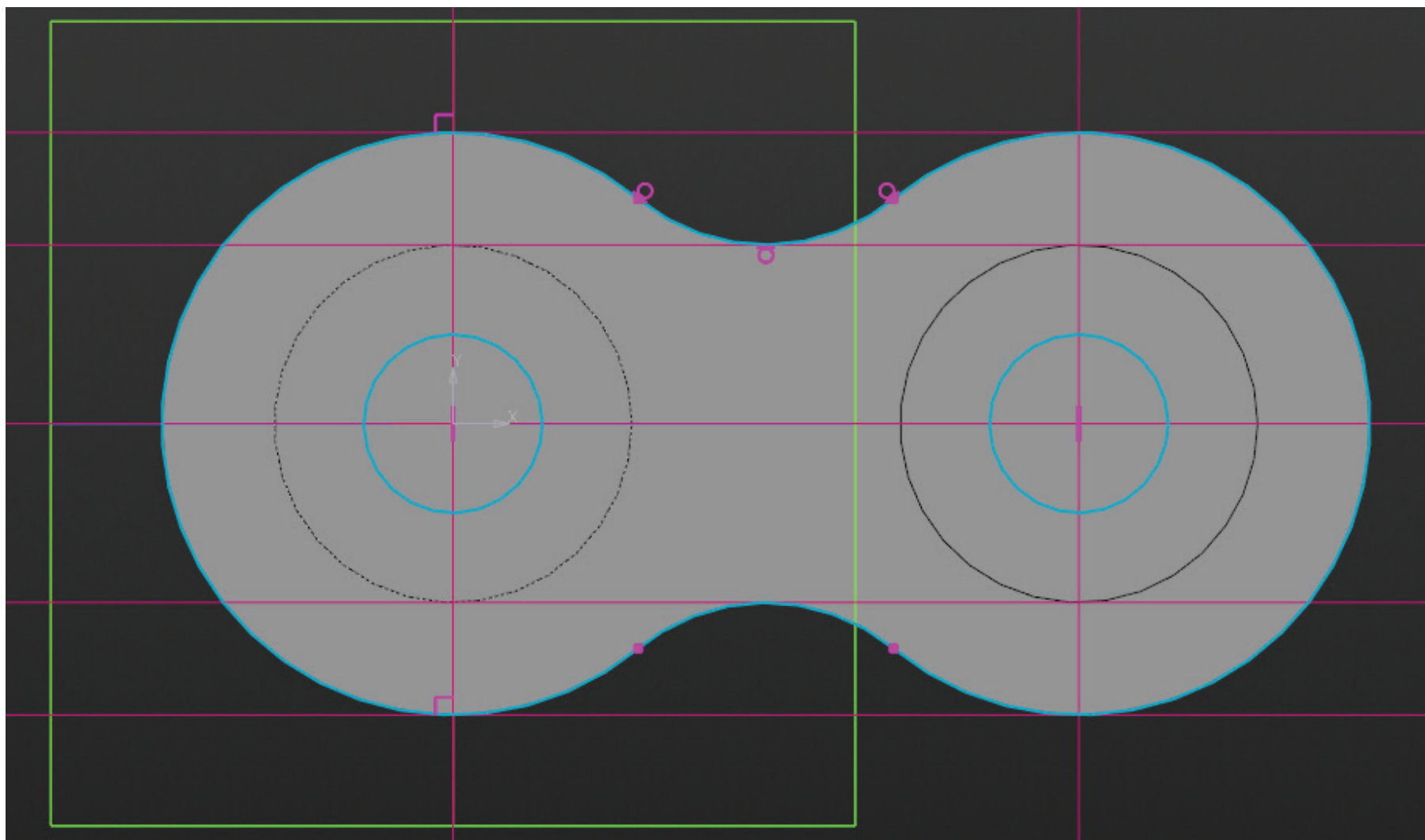


Рисунок 123 – Работа с эскизом, контур звена

В только что созданный эскиз необходимо скопировать и вставить контур звена (рис. 123), который был создан ранее, либо выполнить построение, как на рисунке 117. Полученный эскиз также необходимо выдавить на ширину звена $(b-b_1)/2$ (мм) (рис. 124).

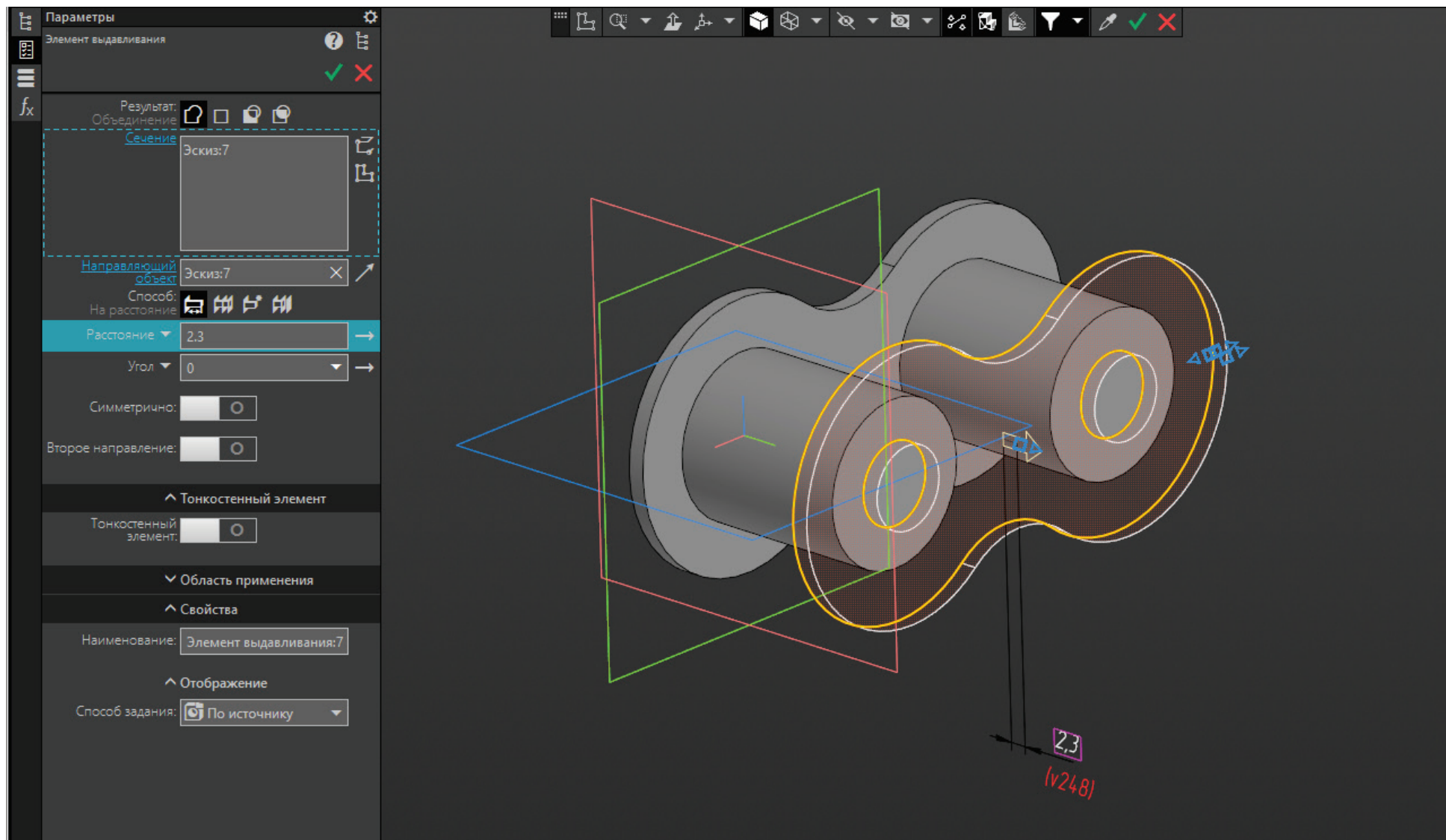


Рисунок 124 – Создание звена

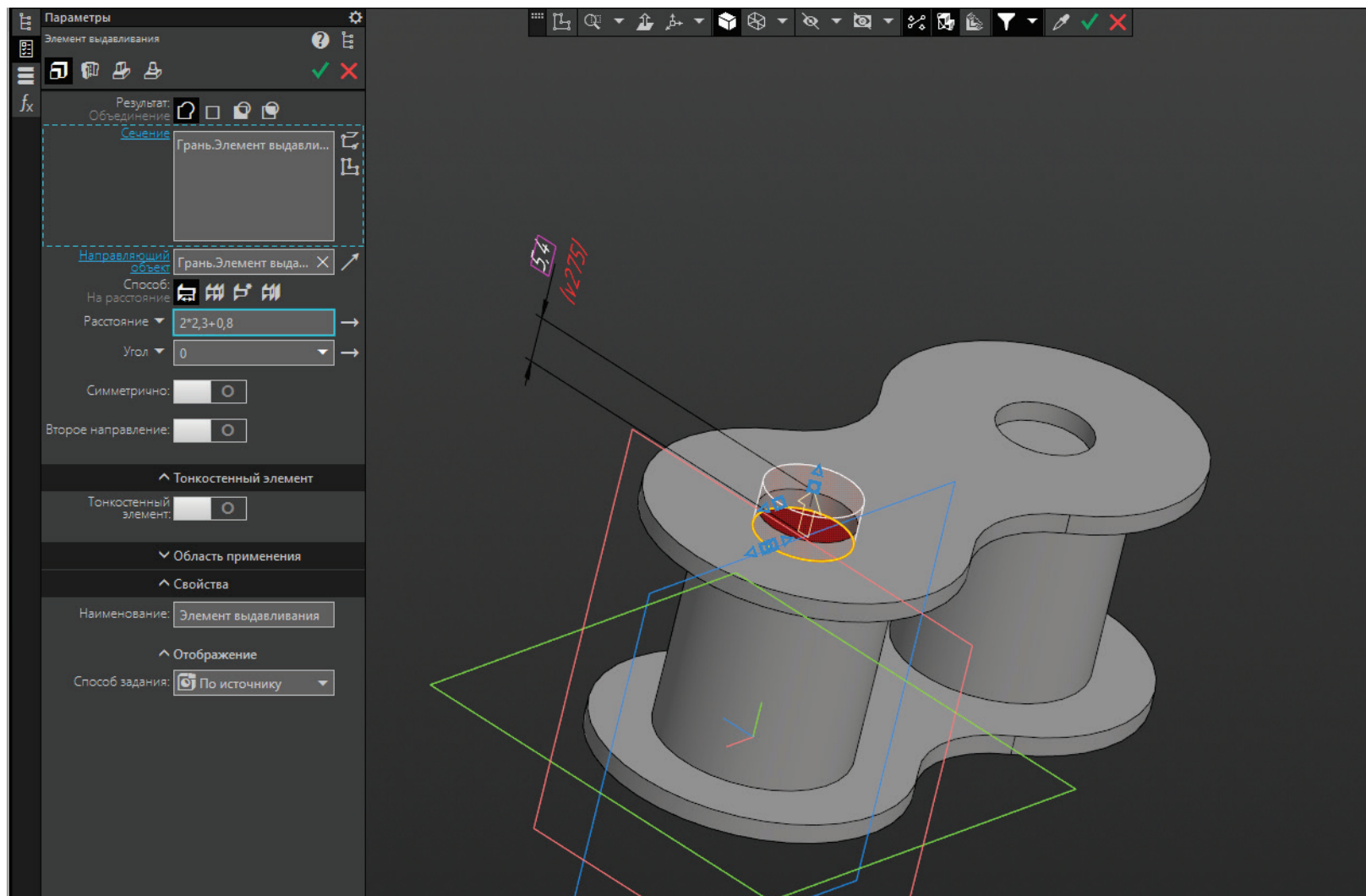


Рисунок 125 – Создание соединительных штифтов

Ко внутренней плоскости отверстия применяется операция «Элемент выдавливания» на расстояние, равное двойной ширине звена + 0,8 (мм) (рис. 125). После этого тоже самое проделывается для каждого из отверстий (рис. 126).

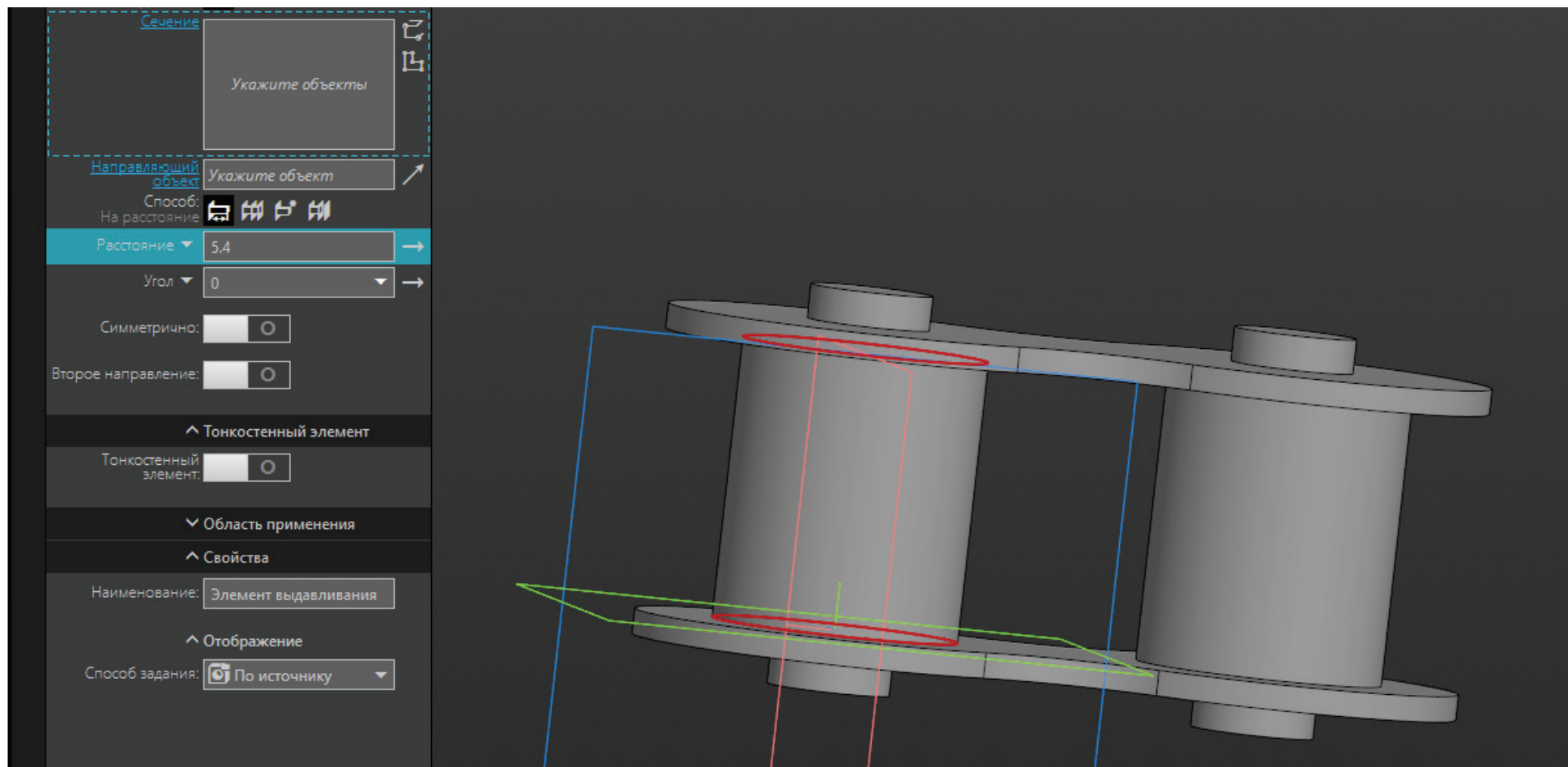


Рисунок 126 – Создание штифтов в звене цепи

Выполнив построение, полученную деталь необходимо сохранить. В дальнейшем предстоит выполнить сборку ведущей и ведомой шестерней и натянуть между ними цепь.

На рисунке 127 представлена сборка цепной передачи, выполненная посредством натяжения цепи между ведущей и ведомой шестернями. Моделирование цепной передачи схоже с моделированием ременной передачи, описанной ранее.

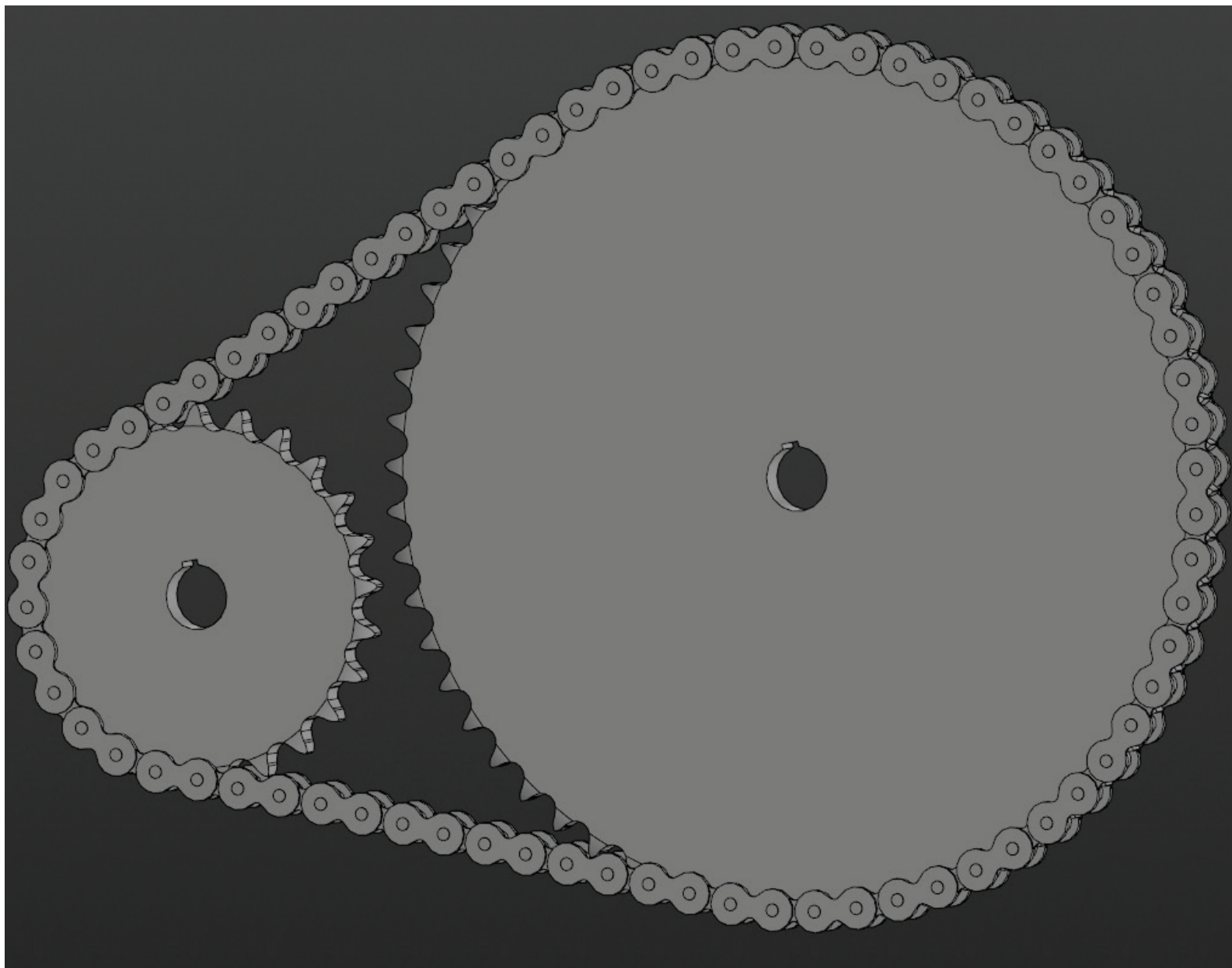


Рисунок 127 – Цепная передача в сборе

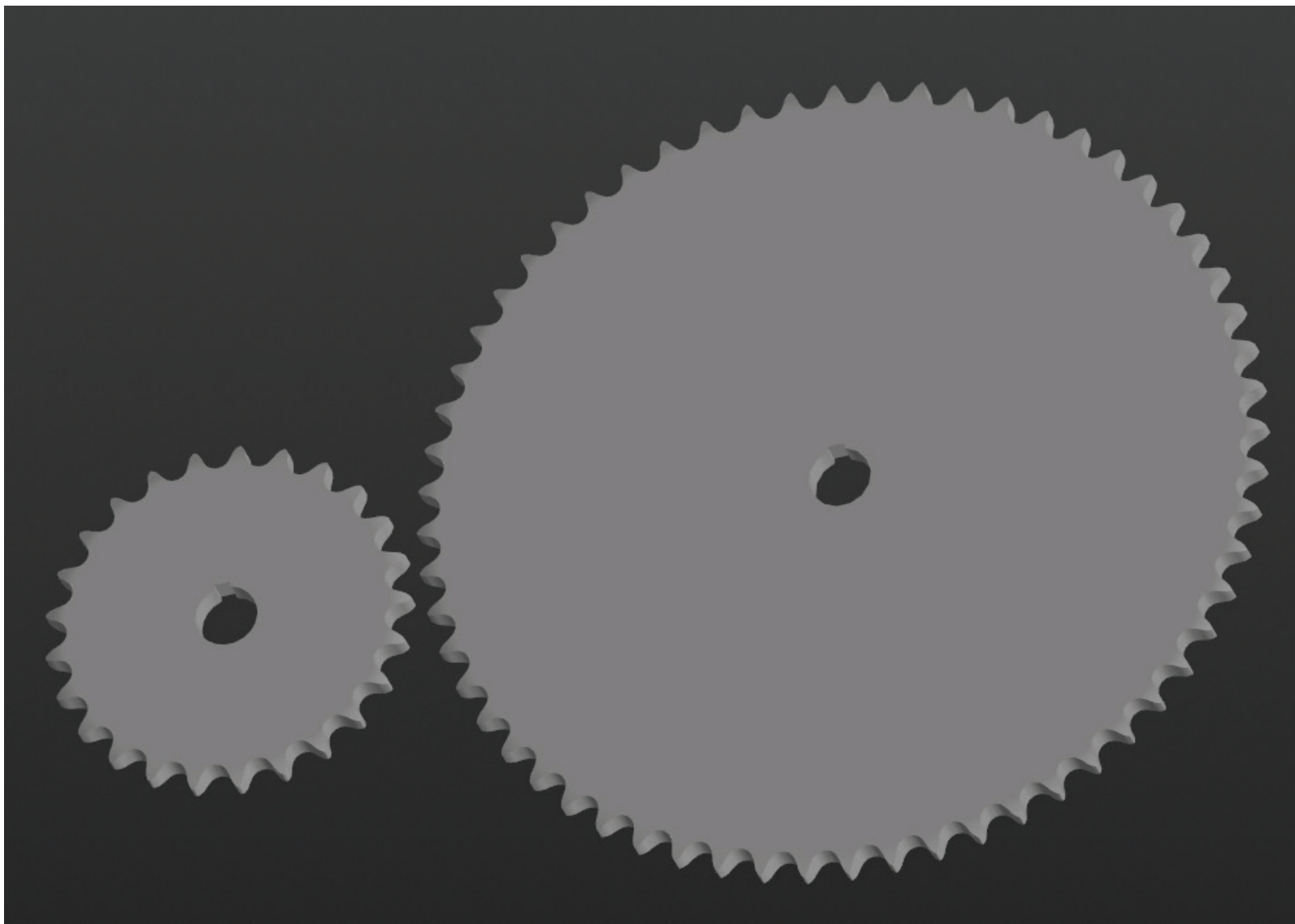


Рисунок 128 – Размещение шестерней в пространстве сборки

Шестерни размещаются в рабочем пространстве с учетом осевого расстояния, рассчитанного для цепной передачи.

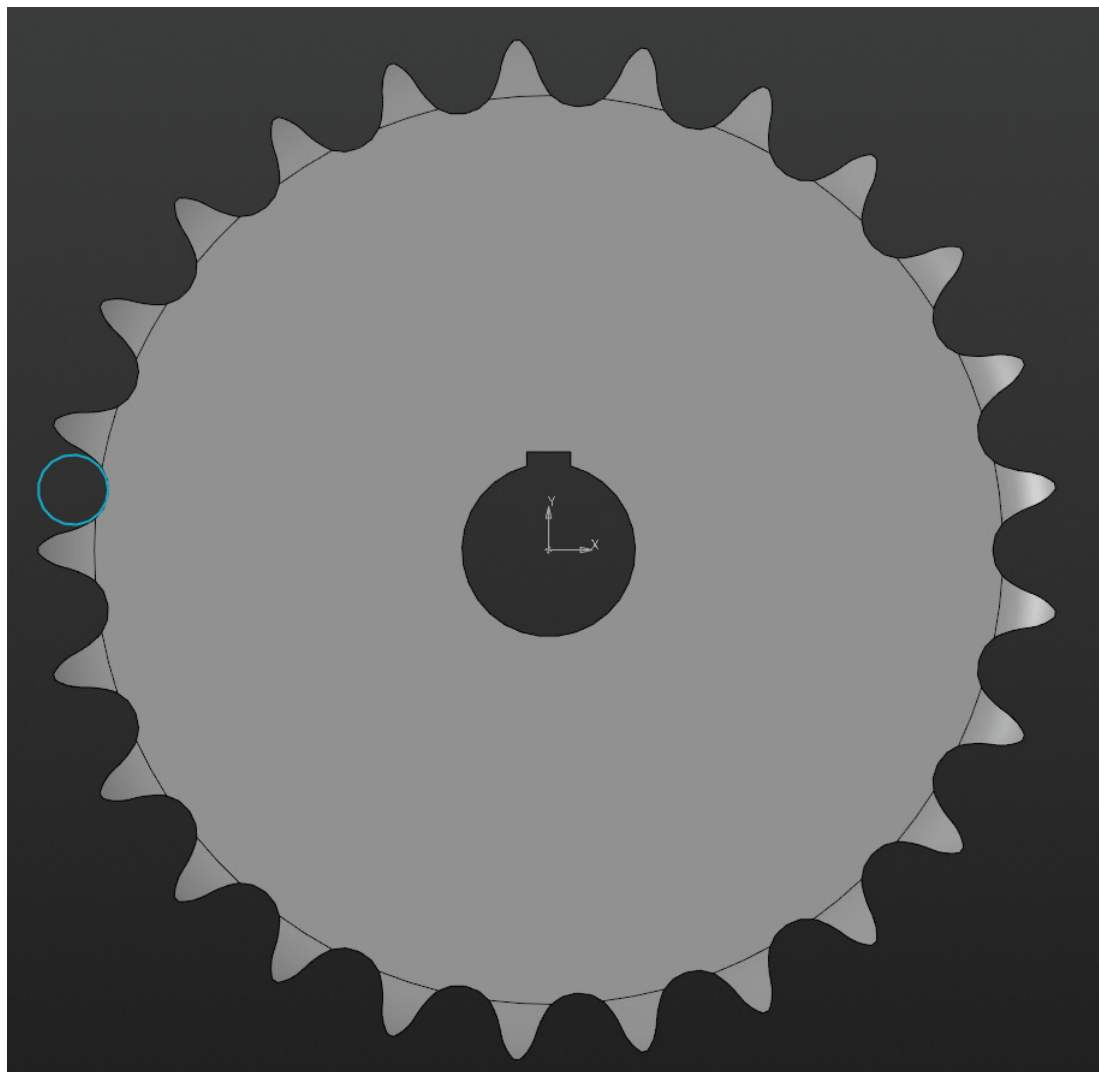


Рисунок 129 – Работа с эскизом, создание окружности

В плоскости шестерни создается новый эскиз, и на месте впадины одного из зубьев с внешней стороны создается окружность диаметром d_1 . Тем самым выполняется построение звеньев цепи аналогичных рисунку 126. Размеры для построения эскизов снимаются с ранее разработанной трехмерной модели звена цепи.

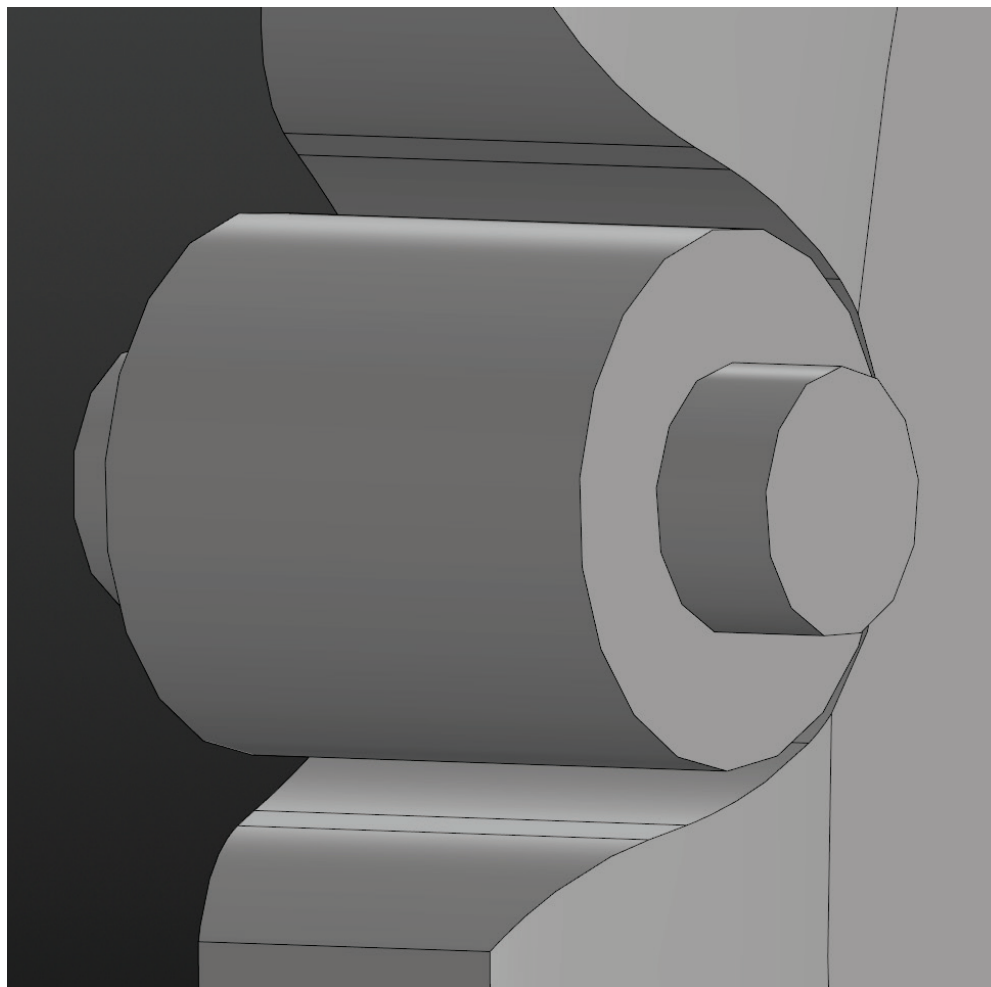


Рисунок 130 – Создание одного ролика со штифтом

После выполнения операции выдавливания до ближайшей поверхности, соответствующей ширине шестерни, выполняется построение нового эскиза на вновь образованной поверхности. На образованном эскизе создается окружность, характерная диаметру штифта (рис. 125). После этого применяется зеркальный массив для создания такого же соединительного штифта с другой стороны ролика, либо на другой стороне создается такая же окружность и выполняется аналогичное выдавливание. На рисунке 130 представлен готовый ролик со штифтами.

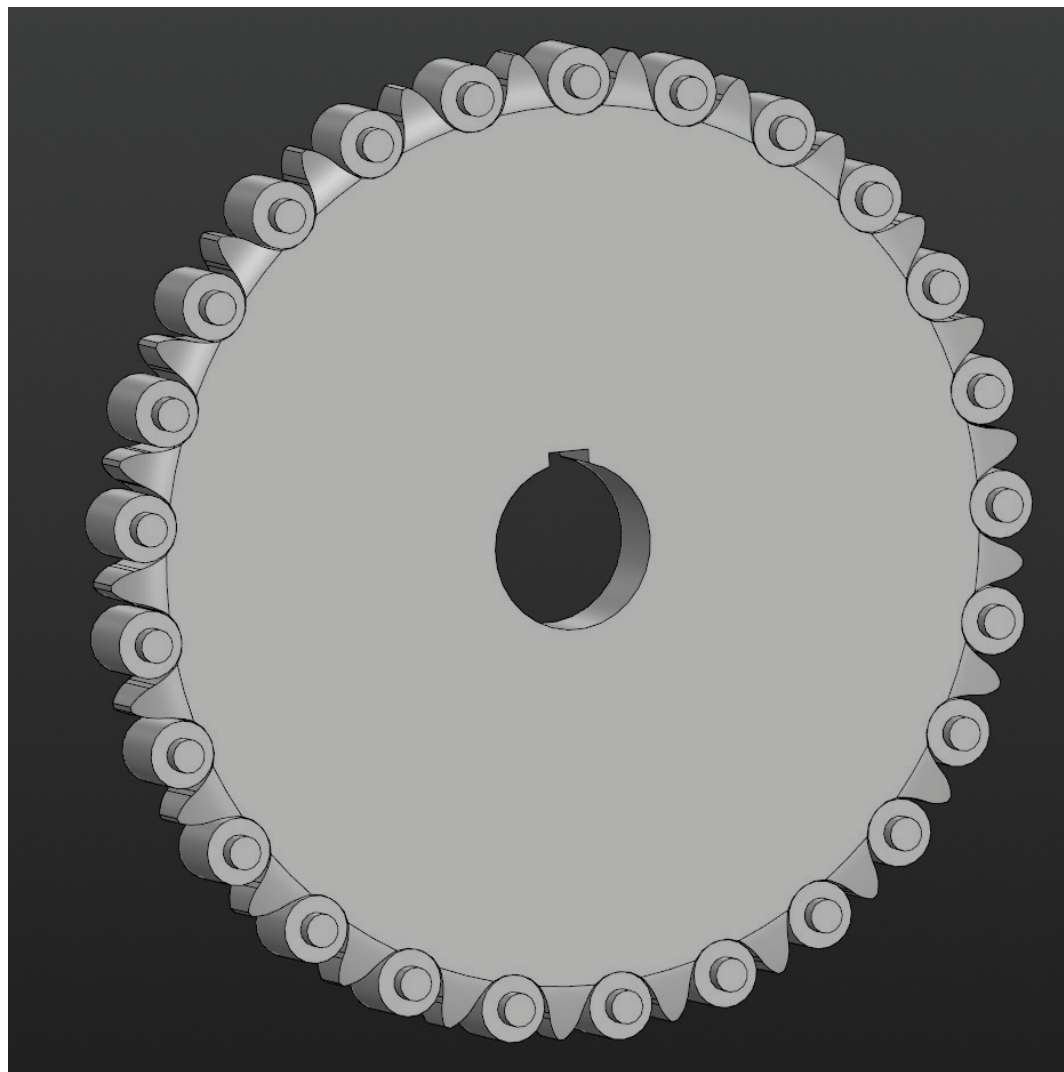


Рисунок 131 – Работа с массивом по концентрической сетке

К ролику со штифтами применяется массив по концентрической сетке, позволяющий заполнить все впадины шестерни (рис. 131). В дальнейшем предстоит удалить ненужные элементы массива для того, чтобы натянуть цепь между шестернями.

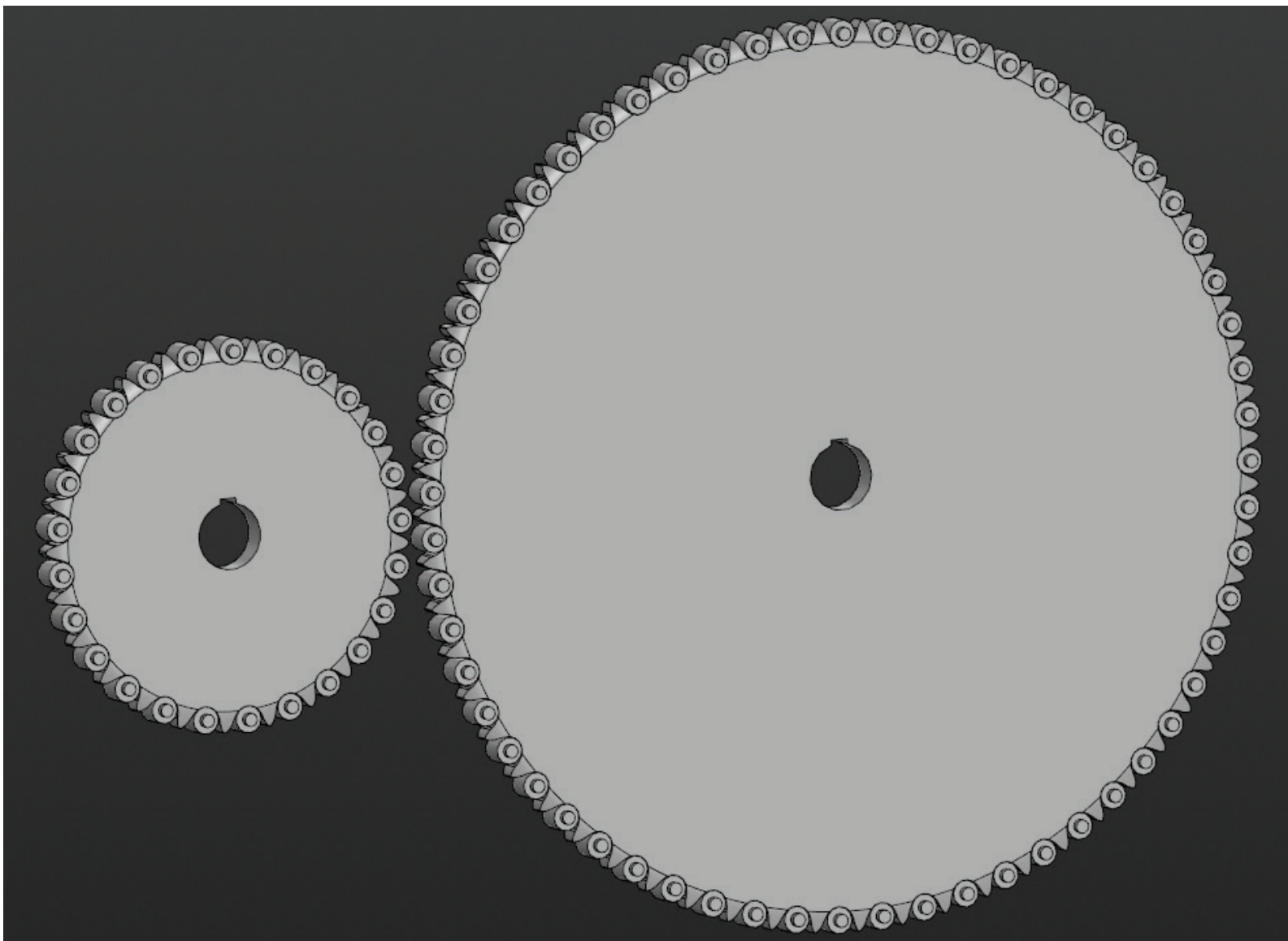


Рисунок 132 – Подготовка шестерней к натяжению цепи

Аналогичным образом на ведомой шестерне создаются ролики с соединительными штифтами (рис. 132).

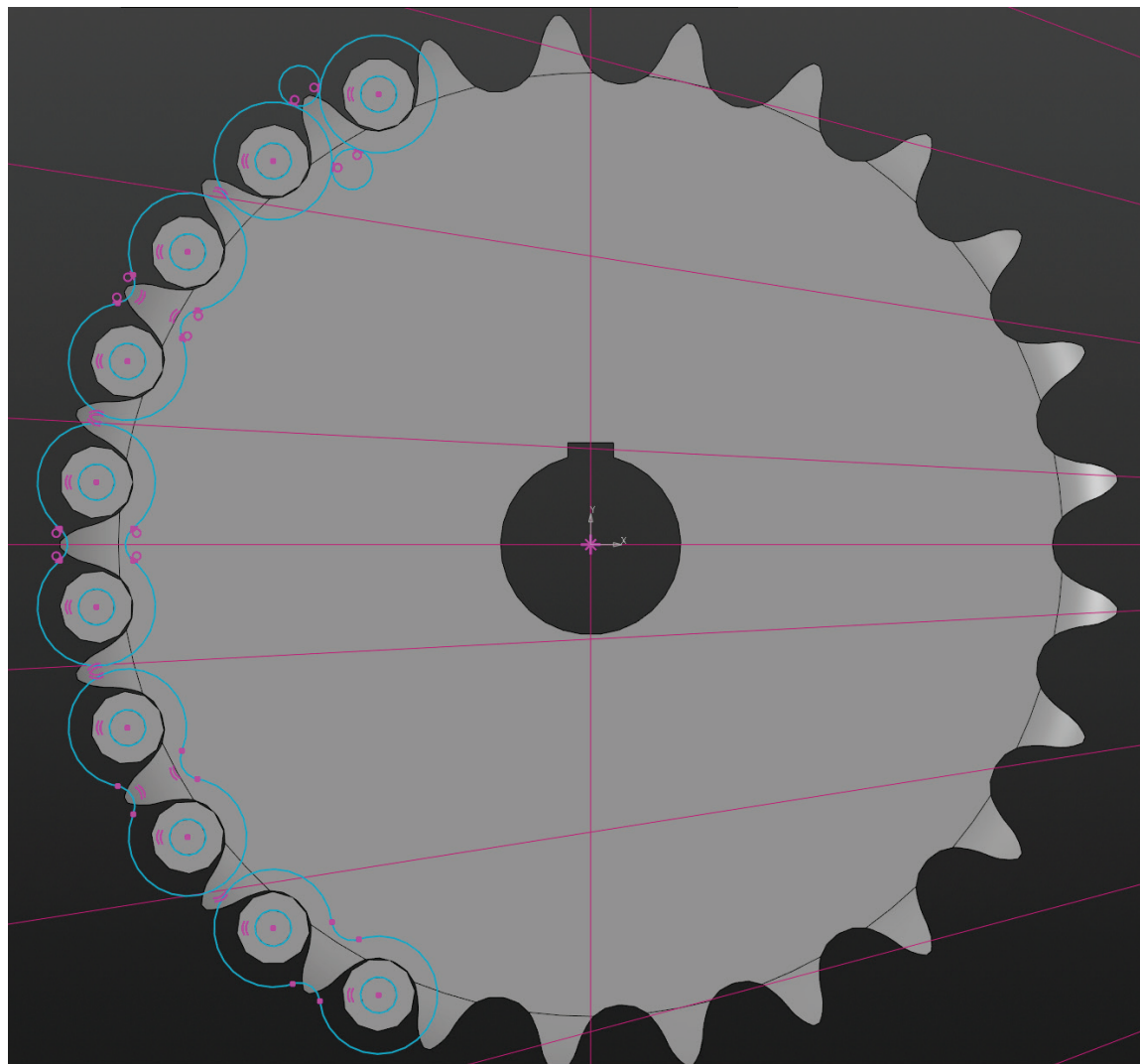


Рисунок 133 – Работа с эскизом, создание соединительных звеньев

На рисунке 133 показан процесс создания соединительного звена. Для этого нужно в центре каждого ролика создать две окружности аналогично размерам рисунка 117. Затем выполняется усечение ненужного контура соединительного звена. На рисунке 133 уже удалены ненужные элементы массива.

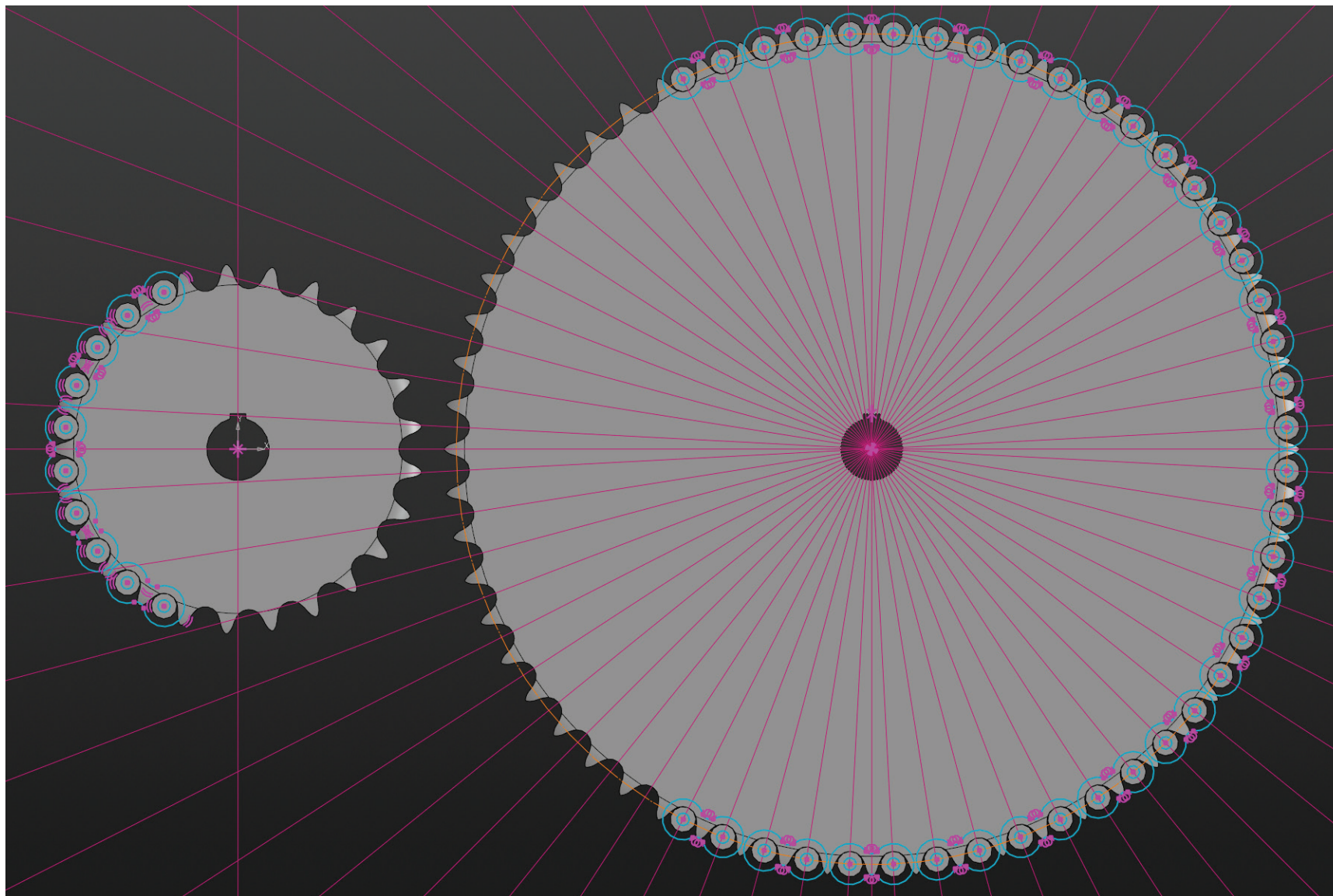


Рисунок 134 – Работа с эскизом, создание соединительных звеньев

Аналогичным образом выполняется построение соединительных звеньев для второй шестерни (рис. 134).

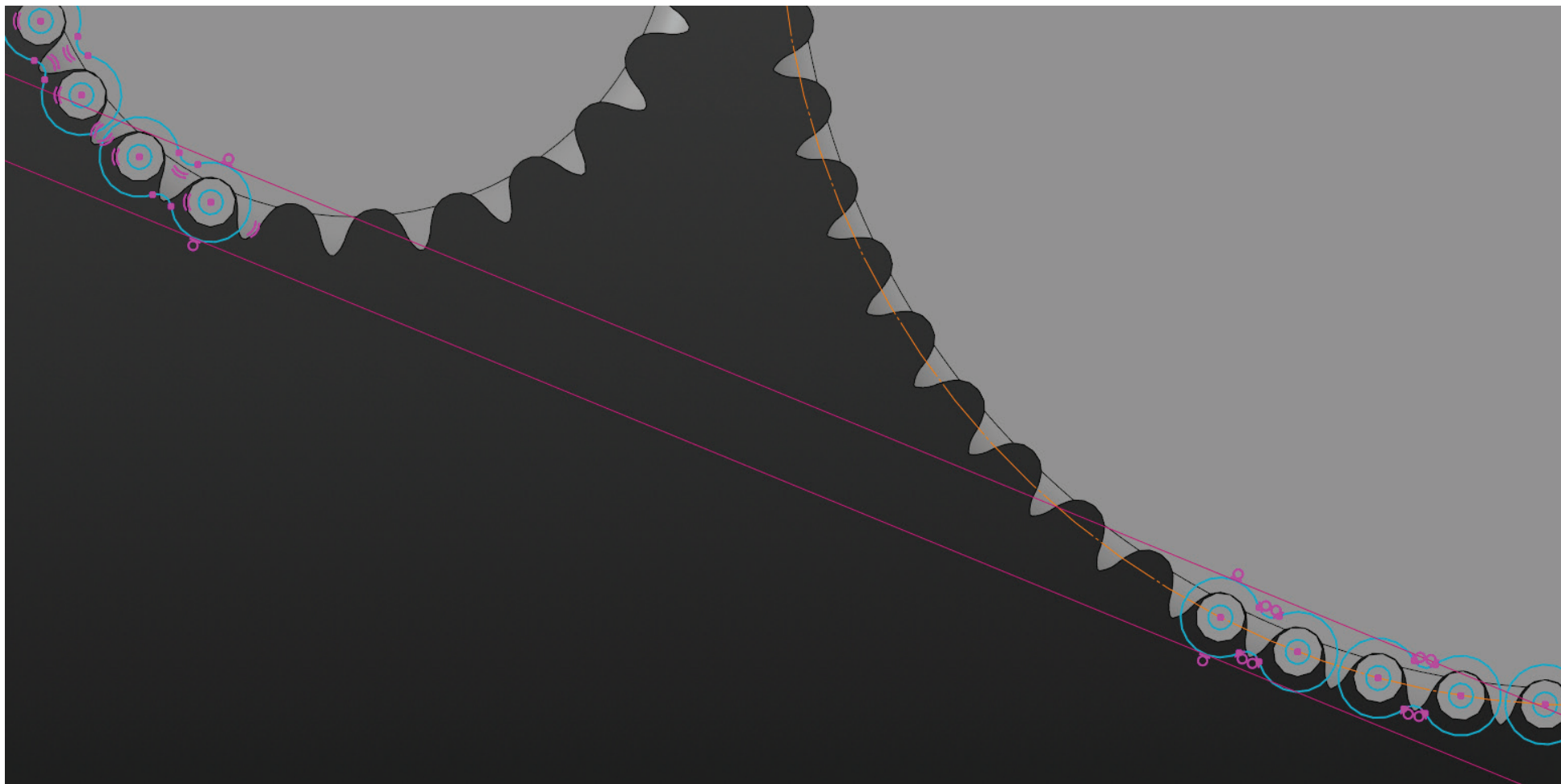


Рисунок 135 – Работа с эскизом, создание траектории

Между крайними звеньями шестерней выполняется траектория для создания соединительных звеньев цепи, как касательная к окружностям (рис. 135).

По образованной траектории выполняется построение недостающих звеньев, для этого достаточно копировать уже готовое звено и вставлять на таком же расстоянии, как и другие звенья (рис. 136).

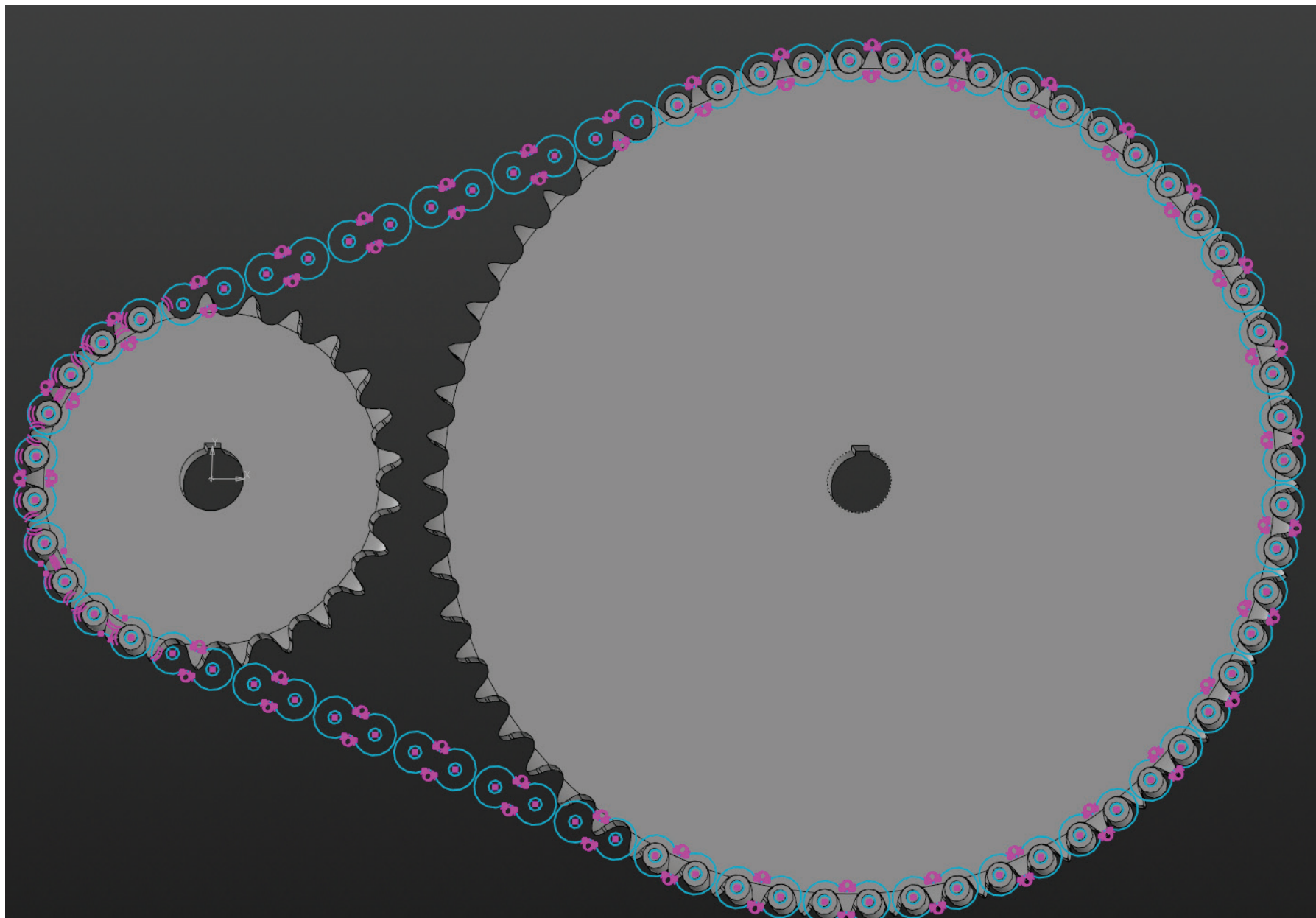


Рисунок 136 – Работа с эскизом, создание соединительных звеньев цепи

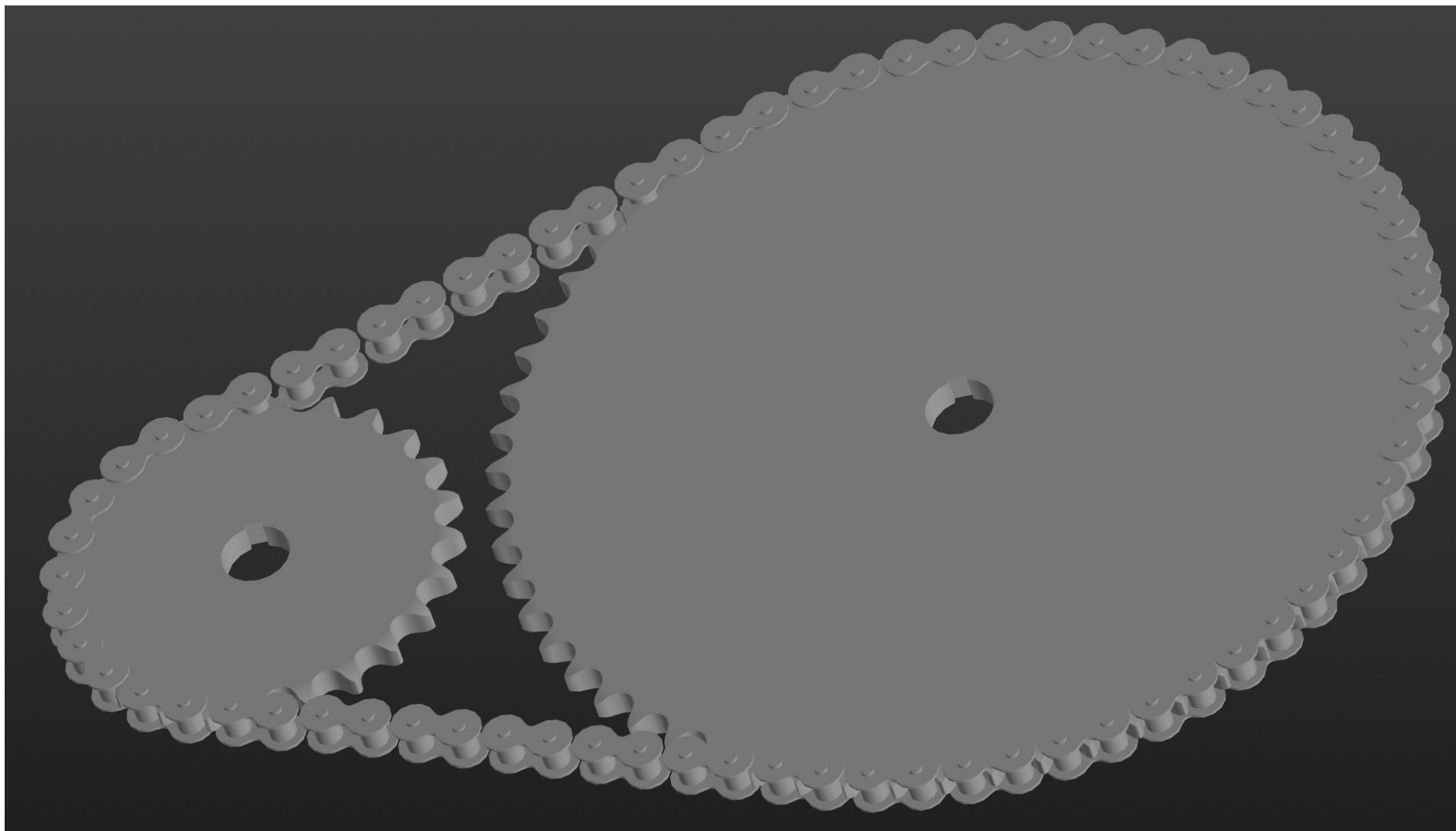


Рисунок 137 – Звенья цепи

К эскизу образованному на рисунке 136 применяется операция выдавливания на расстояние $(b-b_1)/2$ (мм), аналогично рисунку 124. После этого на обратной стороне создается новый эскиз и повторяется то же самое, либо применяется зеркальный массив.

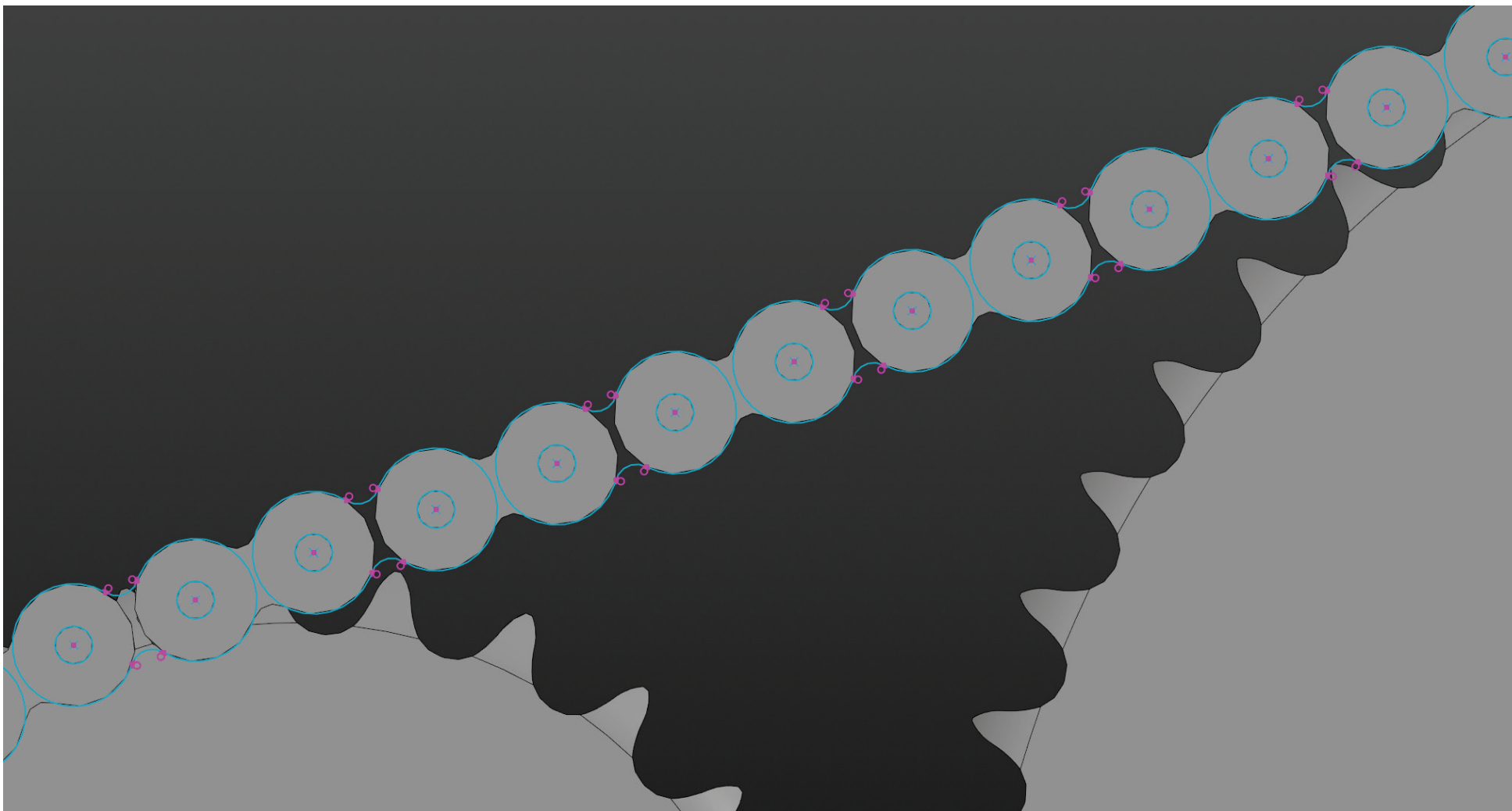


Рисунок 138 – Работа с эскизом, создание соединительных звеньев

На образованной плоскости звена необходимо создать новый эскиз для того, чтобы выполнить построение соединений между двумя звеньями цепи. Для этого выполняется построение таких же звеньев, только на местах соединений, как показано на рисунке 138. К полученному эскизу применяется операция выдавливания на ширину звена.

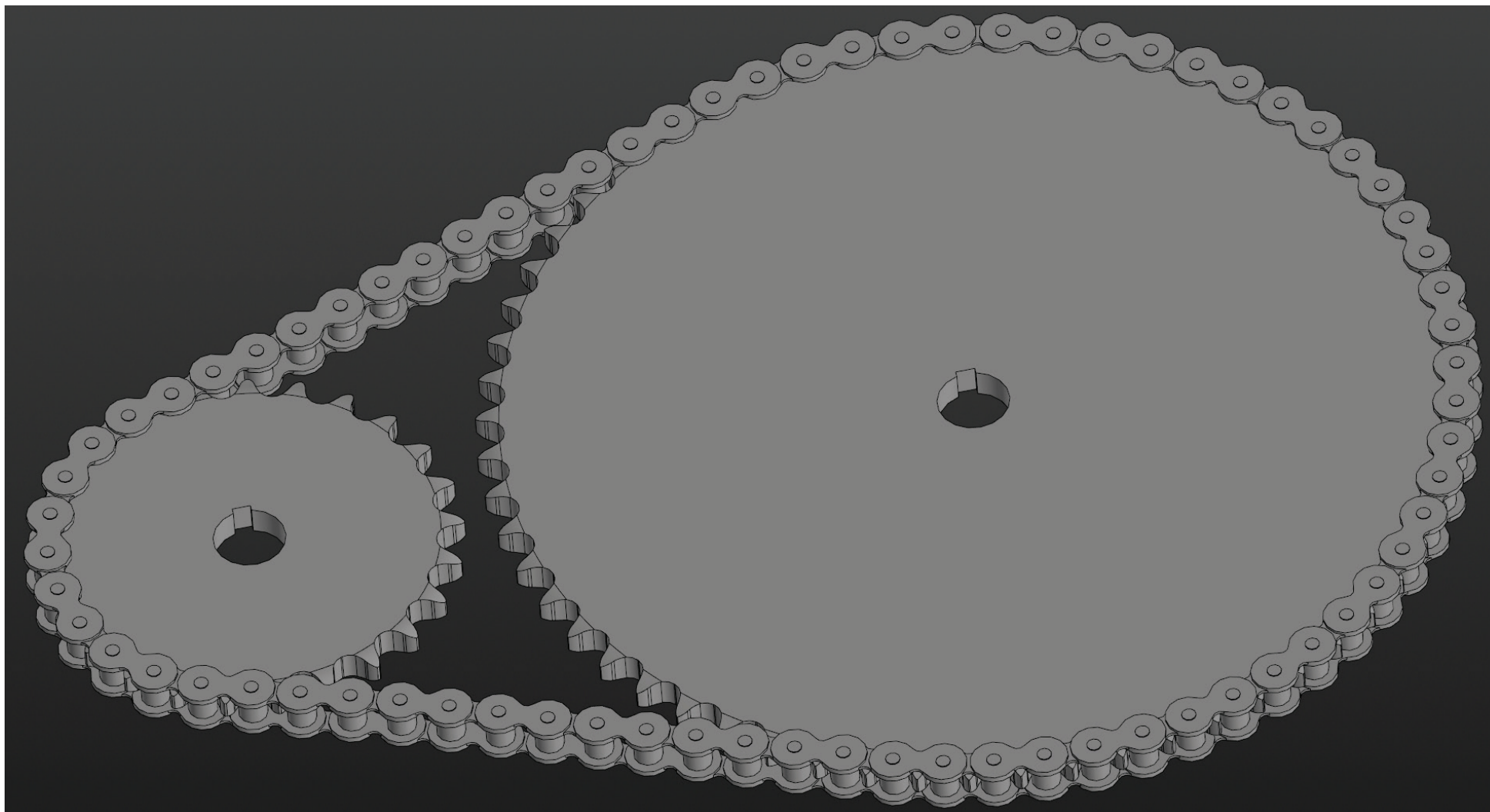


Рисунок 139 – Цепная передача в сборке

Создав соединения между звеньями цепи с одной стороны, необходимо выполнить сходное построение с другой стороны, либо снова воспользоваться зеркальным массивом относительно центра шестерни (рис. 139).

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: двигатель, зубчатая открытая передача, ременная открытая передача, цепная открытая передача.

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. Аввакумов, М. В. Расчет цепных передач : методические указания. / М. В. Аввакумов, А. Б. Коновалов. – СПб.: СПбГТУРП, 2013. – 31 с. – URL: <http://nizrp.narod.ru/raschserper.pdf> (дата обращения: 13.06.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
4. Аввакумов, М. В. Расчет цилиндрических зубчатых передач : методические указания / М. В. Аввакумов, А. Б. Коновалов. – СПб.: СПбГТУРП, 2012. – 45 с. – URL: <http://nizrp.narod.ru/cylindrperedachi.htm> (дата обращения: 13.06.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
5. Аввакумов, М. В. Расчет цилиндрических зубчатых передач [Текст] : методические указания / сост. М. В. Аввакумов, В. М. Гребенникова, А. Б. Коновалов. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2017. – 45 с. – URL: <http://nizrp.narod.ru/metod/kokmisap/20.pdf> (дата обращения: 13.06.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
6. Гребенникова, В. М. Прикладная механика. Расчет цепных передач: методические указания / : В. М. Гребенникова, М. В. Аввакумов. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – 35 с. – URL: <http://nizrp.narod.ru/metod/kokmisap/1648235920.pdf> (дата обращения: 13.06.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
7. Коновалов, А. Б. Ременные передачи : учеб. пособие / А. Б. Коновалов, В. М. Гребенникова. – СПб.: СПбГТУРП, 2011. – 106 с.: ил. 42. – URL: <http://nizrp.narod.ru/remennyepered.htm> (дата обращения: 13.06.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.