

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ)»**

Утверждаю
Проректор НИЯУ МИФИ

_____ Е.Б. Весна

« ____ » _____ 2021 г.

«Моделирование и прототипирование (11 класс)»

Авторы:

Божко Ю.В., кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования
приборов и установок НИЯУ МИФИ

Токарев А.Н., старший преподаватель кафедры конструирования приборов
и установок НИЯУ МИФИ

Жуковский Ю.О., инженер кафедры конструирования приборов и
установок НИЯУ МИФИ

Логачева В.А. техник кафедры конструирования приборов и установок
НИЯУ МИФИ

Москва 2021

1.Основные понятия	3
2.Интерфейс САД-системы КОМПАС-3Д.....	6
3.Создание и работа с эскизами	10
3.1.Основные элементы эскиза	10
3.2.Ограничения и зависимости	16
3.3.Параметризация в САД-системах	20
4.Операции выдавливания.	26
4.1.Элемент выдавливания.....	26
4.2.Элемент вращения.	31
4.3.Элемент по траектории	34
4.4.Элемент по сечениям.....	39
4.5.Построение различных типов отверстий.....	40
4.6.Тонкостенный элемент.....	43
4.7.Булевы операции.	45
5.Работа с массивом	50
6.Пример создания сложной геометрической детали в САД системе Компас-3Д.	59
7.Трёхмерные сборки.	82
7.1 Взаимное позиционирование компонентов.	82
8.Пример создания сборочной единицы.	85
9.Основы трехмерного сканирования.....	104
9.1 Основы оцифровки объектов окружающего мира	104
9.2.Задачи, для которых применяется 3D сканирование	105
9.3 Выполнение трехмерного сканирования с использованием стационарных сканеров RangeVision Spectrum	106
10.Обработка результатов сканирования в программе Scan Center	120
10.1. Примеры сканирования.....	122
11.Обратное проектирование детали сканирования	124
11 .1. Введение в обратное проектирование.	124
11.2.Сравнение полученной параметрической модели с результатом сканирования в программе GOM Inspect	140
11.3.Пример обратного проектирования простой детали.....	143

1. Основные понятия

Компас-3D – это система автоматизированного проектирования (САПР) от Российского производителя. Главными преимуществами этой программы являются: быстрота освоения, возможность проектирования деталей любой сложности, качественное оформление конструкторской документации.

Компас-3D позволяет работать с разными типами документов: деталь, сборка, чертеж, текстовый документ и фрагмент. Деталь является минимальной неделимой единицей. Сборка состоит из нескольких или множества деталей. Чертеж представляет из себя графическое изображение детали, сборочной единицы, изделия и т.п. Текстовый документ позволяет оформить необходимый текст в едином стандарте и в одной экосистеме программы Компас-3D. Спецификация является перечнем конструкторских документов, относящихся к изделию. Фрагмент позволяет работать с графическими эскизами.

У Компаса есть свой формат файла для каждого типа документов. Данный формат сохраняет не только саму деталь, но и все дерево построения. Это нужно, чтобы после создания детали, сборки и т.д. было возможно что-то изменить, отредактировать или продолжить работу, если она не была закончена. Минус такого формата в том, его может открыть только программа Компас-3D. Если необходимо продолжить разработку детали в другом САПР, необходимо сохранить ее в формате STEP.

STEP – Стандарт обмена данными о детали. Это универсальный формат, основное назначение которого – представление 3D-моделей конструктивных элементов в едином формате и не зависимо от САПР, в котором была создана модель.

Модель в программе Компас-3D представляет собой набор геометрических объектов – эскизов, поверхностей, тел, пространственных точек и кривых. Геометрические объекты, в свою очередь, состоят из примитивов — вершин, ребер, граней (рисунок 1.1).

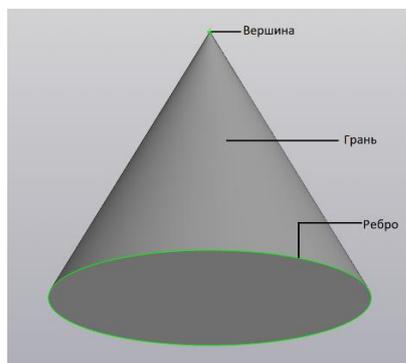


Рисунок 1.1 – Примитивы геометрического объекта

Модель в КОМПАС-3D может быть:

- твердотельной — представленной телами и обладающей ненулевой массой;
 - поверхностной — представленной поверхностями и обладающей нулевой массой
- а также сочетающей результаты твердотельного и поверхностного моделирования.

Объекты модели создаются с помощью формообразующих операций. Основными формообразующими операциями являются:

- Выдавливание (рисунок 1.2);

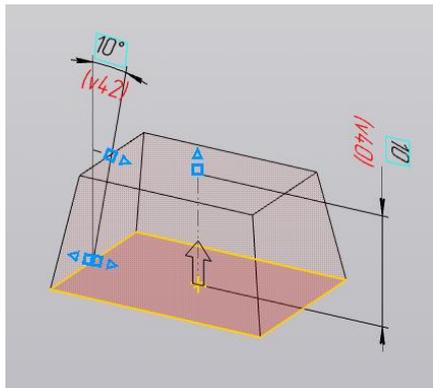


Рисунок 1.2 – Операция выдавливания

- Вращение (рисунок 1.3);

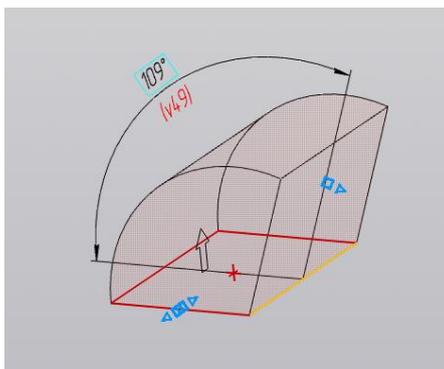


Рисунок 1.3 – Операция вращения

- По траектории (рисунок 1.4);

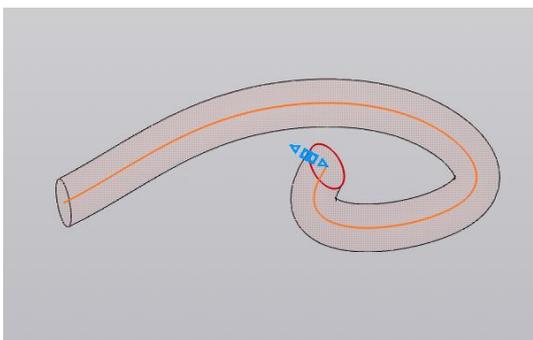


Рисунок 1.4 – Операция «По траектории»

- По сечениям (рисунок 1.5);

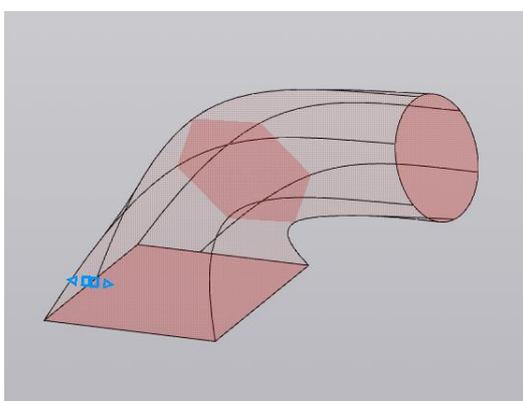


Рисунок 1.5 – Операция «По сечениям»

С помощью которых можно как наращивать материал, так и убирать его.

2.Интерфейс САД-системы КОМПАС-3Д.

Главное окно системы (рисунок 2.1):

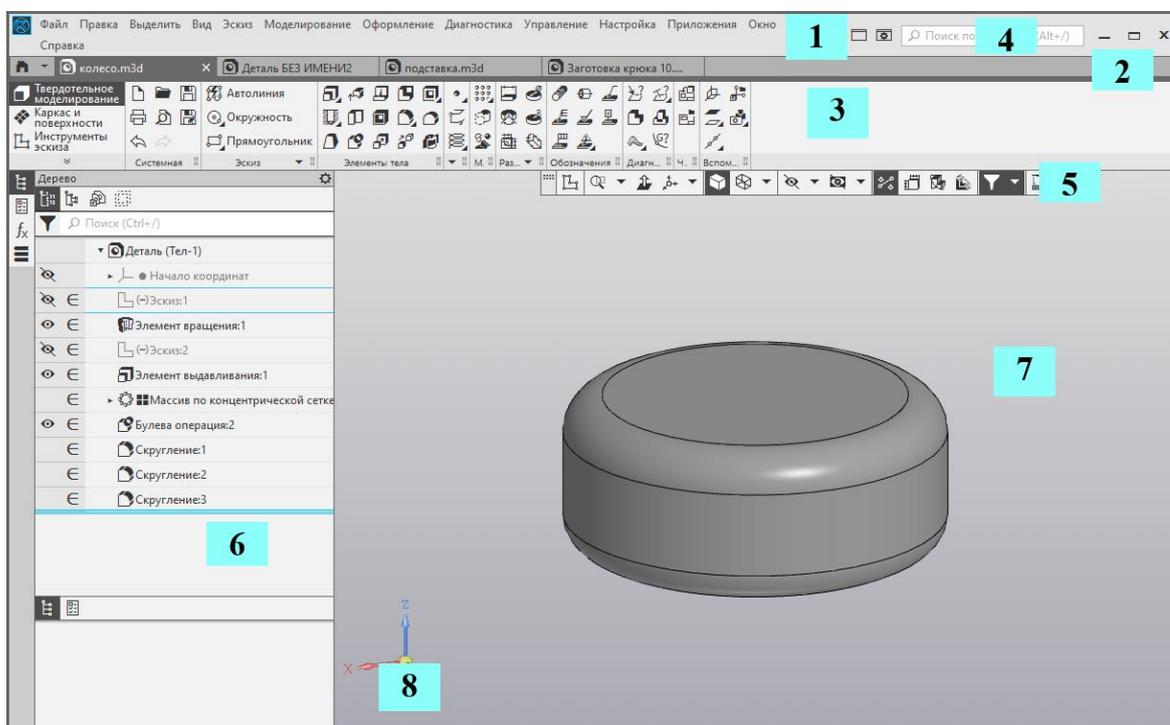


Рисунок 2.1 – Вид главного окна системы

1.Главное меню, 2. Строка вкладок документов, 3. Инструментальная область, 4. Строка поиска команд, 5. Панель быстрого доступа, 6. Панель управления (активна модель древа построения), 7. Графическая область документа, 8.Элемент управления ориентацией

Инструментальная область:

Команды распределены в инструментальной области по панелям в соответствии с их названием. Некоторые команды объединены в группы, а на панели представлена только одна команда группы. Чтобы увидеть команду или группу команд, которых не видно, необходимо развернуть панель, нажав на треугольник (Рисунок 2.2):

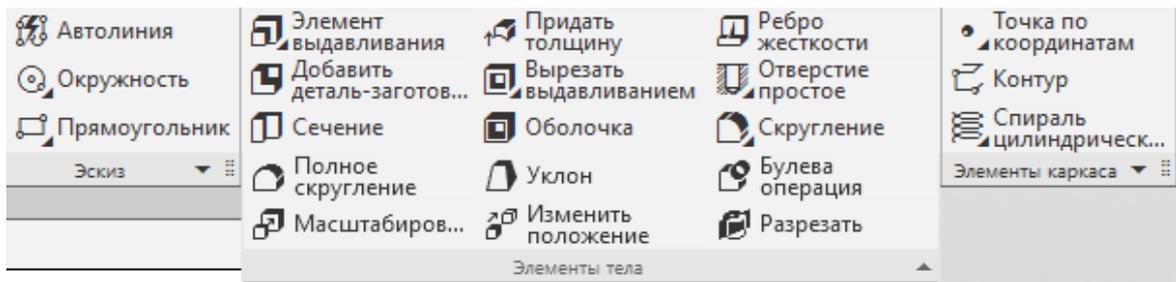


Рисунок 2.2 – Вид инструментальной области

Также можно увеличить количество столбцов в панели, нажав правой кнопкой мыши на панель и выбрав «Увеличить панель на один столбец» (рисунок 2.3):

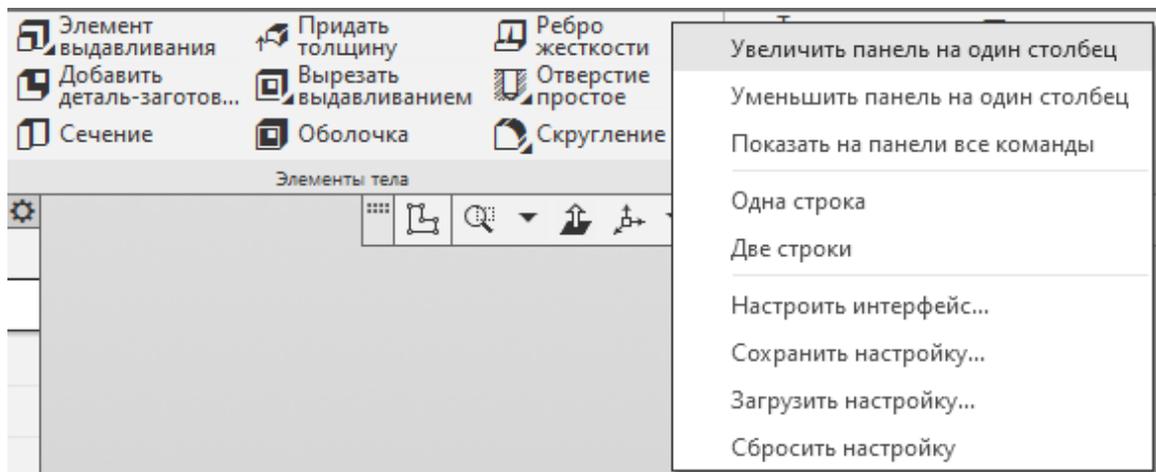


Рисунок 2.3 – «Увеличение панели на один столбец»

Если команда находится в группе, необходимо нажать на пиктограмму ЛКМ и, не отпуская её, выбрать из раскрывшегося меню необходимую команду (рисунок 2.4):

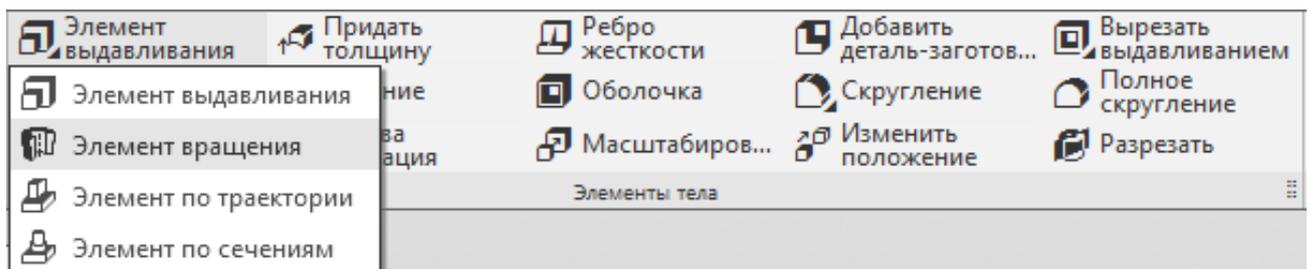


Рисунок 2.4 – Команды в группе

Если необходимо воспользоваться командой, но не получается найти её в инструментальной области, можно воспользоваться строкой поиска команд. Достаточно ввести с клавиатуры название команды, и из выпавшего списка выбрать необходимую. Также в выпавшем списке, под наименованием команды, написано, где она находится.

Информацию о любой команде можно получить в самом компасе, достаточно навести на нее мышью (рисунок 2.5):

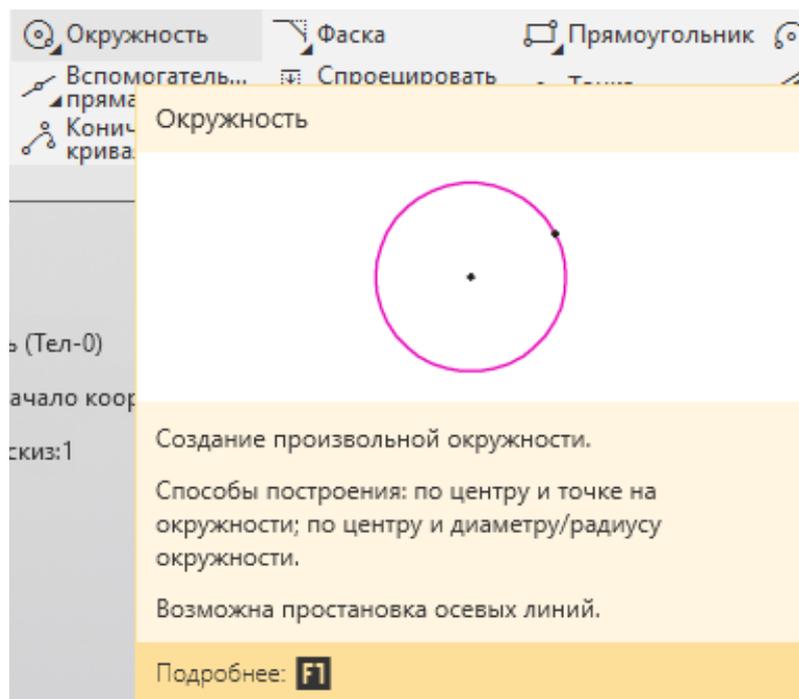


Рисунок 2.5 – Информация о команде

Если необходимо получить информацию о команде, которая находится в одной группе с другой, достаточно выбрать эту команду и навести мышью на ее изображение в окне «Параметры» (рисунок 2.6):

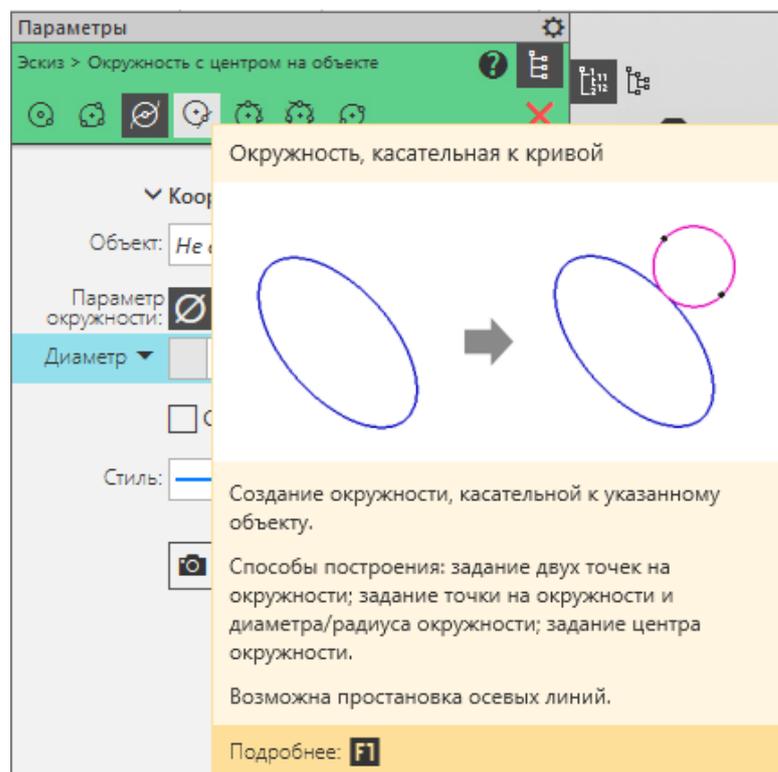


Рисунок 2.6 – Информация о команде, находящейся в одной группе с другой командой

3. Создание и работа с эскизами

В этой главе будут рассмотрены только основные инструменты построения эскиза, без конкретных примеров каких-либо деталей. Пример построения сложной геометрической детали будет рассмотрен дальше, после изучения базовых функций. Важно внимательно изучить эту главу, так как далее в примерах не будут подробно описаны используемые функции для работы с эскизами.

3.1. Основные элементы эскиза

Как мы уже выяснили, модели создаются при помощи формообразующих операций, но для совершения этих операций необходим эскиз.

Эскиз можно создать практически на любом теле. Например, на плоской стороне или на плоскости, но иногда требуется создать эскиз на развертке цилиндра или конуса, например, для построения байонетного соединения.

Для того чтобы создать эскиз необходимо в панели быстрого доступа нажать на кнопку «Создать эскиз» (Рисунок 3.1):

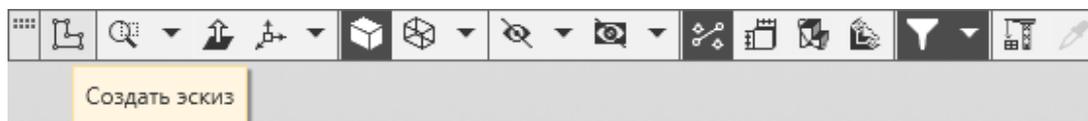


Рисунок 3.1 – Расположение кнопки «Создать эскиз»

Далее следует выбрать сторону или плоскость, на которой необходимо создать эскиз. Или кликнуть на необходимую плоскость или сторону и выбрать в выпавшем окне «создать эскиз» (Рисунок 3.2):

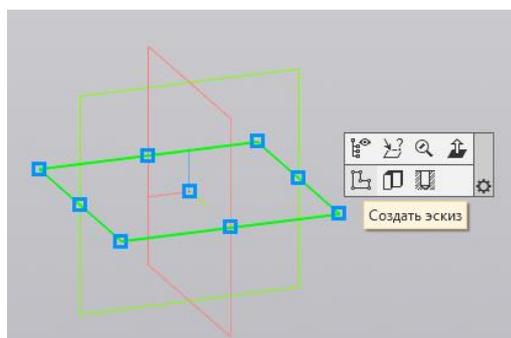


Рисунок 3.2 – Выбор плоскости для создания эскиза

В КОМПАС-3D существует большое разнообразие различных элементов эскиза, благодаря которым можно создавать различную геометрию профиля (Таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Описание и вид объектов эскиза

Объект эскиза	Иконка	Назначение
Автолиния		Построение цепочки объектов из отрезков и/или дуг
Прямоугольник		Построение прямоугольника с двумя заданными вершинами
Отрезок		Создание произвольно расположенного отрезка
Окружность		Создание произвольной окружности
Дуга		Создание произвольной дуги окружности
Вспомогательная прямая		Создание произвольно расположенной прямой

Фаска		Создание отрезка, соединяющего две пересекающиеся кривые
Скругление		Построение скругления между двумя пересекающимися объектами
Спроецировать объект		Создание в текущем эскизе прямоугольной проекции указанного объекта
Точка		Создание произвольно расположенной точки
Сплайн по точкам		Создание сплайна, проходящего через заданные вершины
Эквидистанта		Построение эквидистанты геометрического объекта
Коническая кривая		Создание кривой конического сечения

Эллипс		Создание произвольного эллипса
--------	---	--------------------------------

Помимо приведенных основных элементов эскиза есть большое количество вспомогательных элементов. Например, помимо построения окружности по точке в центре и точке на окружности, существуют следующие способы: окружность по трем точкам, окружность с центром на объекте, окружность, касательная к кривой, окружность, касательная к двум кривым, окружность, касательная к трем кривым и окружность по трем точкам. Данные вспомогательные элементы позволяют в определенных моментах проще и легче построить элемент эскиза. Рассмотрим основные элементы эскиза подробнее:

- **Прямоугольник.** Прямоугольник можно создавать несколькими способами: по 2м противоположным вершинам; по центру и вершине; по трем вершинам; по центру и двум точкам (отличие от прямоугольника по 3м точкам в том, что задается центр, потом средняя точка стороны, затем одна из вершин) и создание функция создания многоугольника находится в разделах прямоугольника (рисунок 3.3).

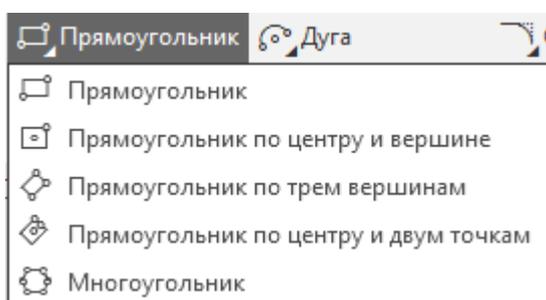


Рисунок 3.3 – Разделы прямоугольника

Если заранее известно, что у прямоугольника должны быть какие-либо параметры, можно при создании прямоугольника сразу вводить их в окне «Параметры» (рисунок 3.4):

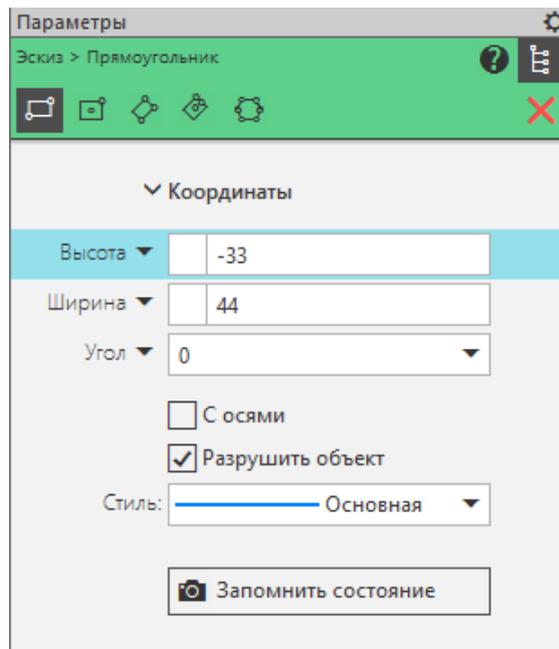


Рисунок 3.4 – Указание параметров

- **Отрезок.** Отрезок можно создать следующим образом: Отрезок (по двум произвольным точкам), параллельный отрезок, перпендикулярный отрезок, касательный отрезок через внешнюю точку, отрезок, касательный к двум прямым.

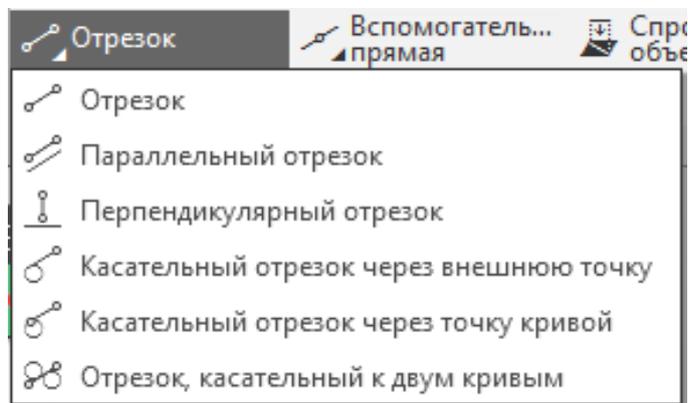


Рисунок 3.5 – Операция отрезок

Для отрезка так же, как и для прямоугольника, сразу можно задать некоторые свойства.

- **Окружность.** Отрезок можно создать следующим образом: окружность (через центр и точку на окружности); окружность по трём точка; окружность с центром на объекте; окружность, касательная к кривой; окружность касательная к двум кривым; окружность касательная к трем кривым; окружность по двум точкам (точки задают диаметр) (рисунок 3.6).

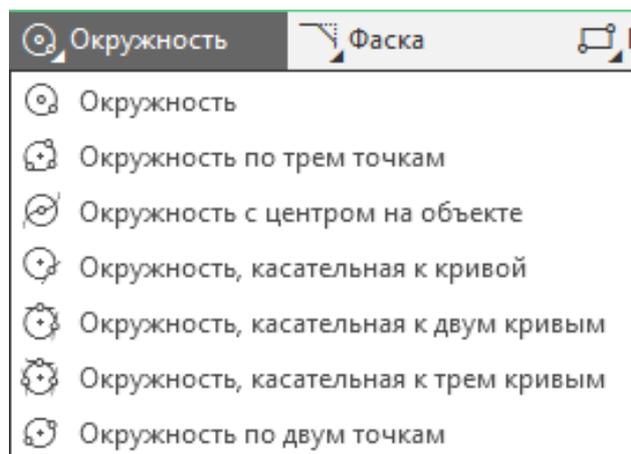


Рисунок 3.6 – Операция окружность

- **Спроецировать объект.** Данная функция очень полезна. Допустим уже построена часть детали, и одну сторону необходимо продлить. Для этого необходимо либо знать точное расположение этой кривой, и задать такое же для прямой на эскизе, либо просто спроецировать эту сторону на эскиз. Очевидно, второй способ проще. Так же плюс этой функции в том, что она не просто проецирует объекты, но и фиксирует их, что позволяет делать дальнейшее построение эскиза относительно их.

Все остальные команды используются не так часто и принцип легче понять на примере, далее они будут разбираться на конкретных примерах. У каждого объекта в эскизе можно выбрать «Стиль». Стили отвечают не только за отображение элемента эскиза, но и за способы работы с ним в будущем. Если требуется поменять стиль какого-либо элемента в эскизе, необходимо нажать на него ЛКМ и в выпавшем окне выбрать необходимый стиль (рисунок 3.7):

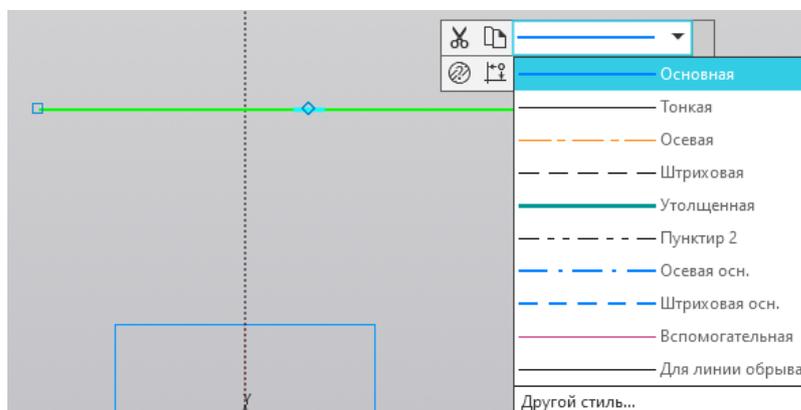


Рисунок 3.7– Стиль элемента

Рассмотрим основные стили:

- **Основная.** Стоит по умолчанию. Элементы с этим стилем будут отображать не только в эскизе, но на общем виде. Операции выдавливания происходят по контуру, построенным фигурами с этим стилем.
- **Тонкая.** Элементы с данным стилем отображаются только в эскизе, не участвуют в дальнейшем построении детали. Элементы с таким стилем используются как вспомогательные, например, для параметризации.
- **Осевая.** Чаще всего этот стиль дают отрезкам, так как он служит для дальнейшего выдавливания вращением. Если в эскизе имеется один отрезок с данным стилем, то при выполнении операции «выдавливание вращением» он автоматически станет осью. Если таких элементов 2, то будет необходимо выбрать нужный.

Используя эти 3 стиля можно построить эскиз любой сложности, остальные стили применяются в тех случаях, когда по 3Д модели в будущем будет необходимо создать чертеж, например, различие стилей «Тонкая» и «Вспомогательная» только в том, что на чертеже вспомогательные линии отображены не будут, в отличие от тонких.

3.2. Ограничения и зависимости

Ограничения и зависимости входят в параметризацию, но мы рассмотрим их отдельно, чтобы научиться пользоваться именно функциями зависимостей, а в дальнейшем уже рассмотрим параметризацию в целом (Таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Виды ограничений

Ограничения	Иконка	Назначение
Выравнивание		Для выравнивания геометрических объектов по горизонтали или вертикали

Продолжение таблицы 3.2

Параллельность		Устанавливает параллельность выбранных объектов
Перпендикулярность		Устанавливает перпендикулярность выбранных объектов
Касание		Устанавливает касание выбранных кривых
Коллинеарность		Устанавливает Коллинеарность геометрических объектов
Биссектриса		Строит прямую на биссектрисе угла двух прямолинейных объектов
Фиксация точки		Фиксирует координаты точек геометрических объектов
Концентричность		Совпадение центров окружностей или дуг
Объединение точек		Совпадение характерных точек
Точка на кривой		Для привязки точки геометрического объекта к кривой

Продолжение таблицы 3.2

Равенство		Равенство длин выбранных отрезков или радиусов выбранных дуг или окружностей
Параметризация объектов		Автоматически накладывает связи и ограничения некоторых геометрических объектов
Просмотр и удаление связей и ограничений		Служит для просмотра связей и ограничений выбранного геометрического объекта

Ограничения нужны для уменьшения степеней свобод геометрического элемента. Что бы увидеть степени свободы достаточно в меню быстрого доступа включить отображение степеней свобод (рисунок 3.8):



Рисунок 3.8 – Отображение степеней свободы

Рассмотрим подробнее основные методы задания ограничений и зависимостей:

- **Выравнивание.** Эта функция выравнивает геометрический объект по вертикали или горизонтали относительно любой точки другого объекта или системы координат. Преимущество выравнивания является то, что она ограничивает одну степень свободы, это может быть полезно, если при разработке какой-либо детали мы ещё не знаем её размеры, но необходимо зафиксировать объект на какой-нибудь оси, чтобы при параметризации он не съехал.
- **Биссектриса.** С помощью биссектрисы можно не только построить прямую, но и задать ее расположение. Например, необходимо построить 2 прямые так, чтобы они располагались симметрично относительно какой-либо прямой, при это одинаковый у них будет только угол с этой прямой и расстояние от точки пересечения, длины останутся неизменными:

После построения (рисунок 3.9):

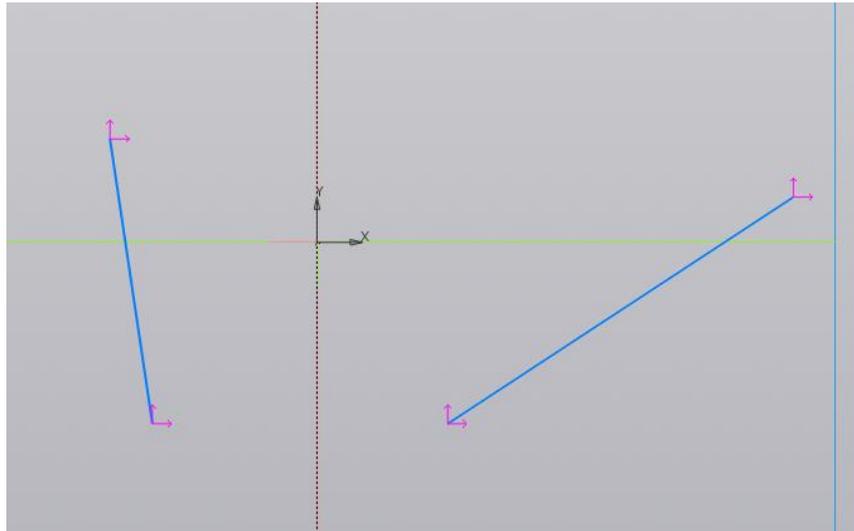


Рисунок 3.9 – Задание двух прямых

После задания биссектрисы относительно оси Y (рисунок 3.10):

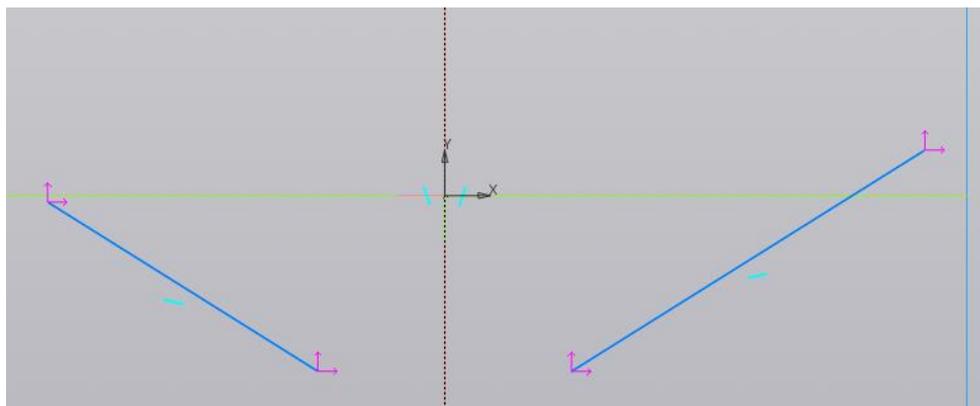


Рисунок 3.10 – Задание биссектрисы относительно оси Y

- **Фиксация точки.** В этой группе находятся 3 функции: зафиксировать точку; зафиксировать длину; зафиксировать угол.
- **Объединение точек.** В этой группе находится 4 функции; объединение точек; точка на кривой; точка на середине кривой; симметрия 2х точек. Достаточно полезная функция, но необходимо использовать ее осторожно, так как она сдвигает не только выбранные точки, но и элементы, к которым эти точки принадлежат. Таким образом при задании такой зависимости может «съехать» весь эскиз.
- **Просмотр и удаление связей и ограничений.** Если какая-либо точка или объект не двигаются, не поддаются заданию зависимостей или невозможно для них задать размер, значит они уже имеют какие-то ограничения. Эта функция необходима, чтобы посмотреть эти ограничения. Для того, чтобы посмотреть ограничения

объекта или функции достаточно нажать на него ЛКМ и в окне «Параметры» будут написаны все ограничения (рисунок 3.11):

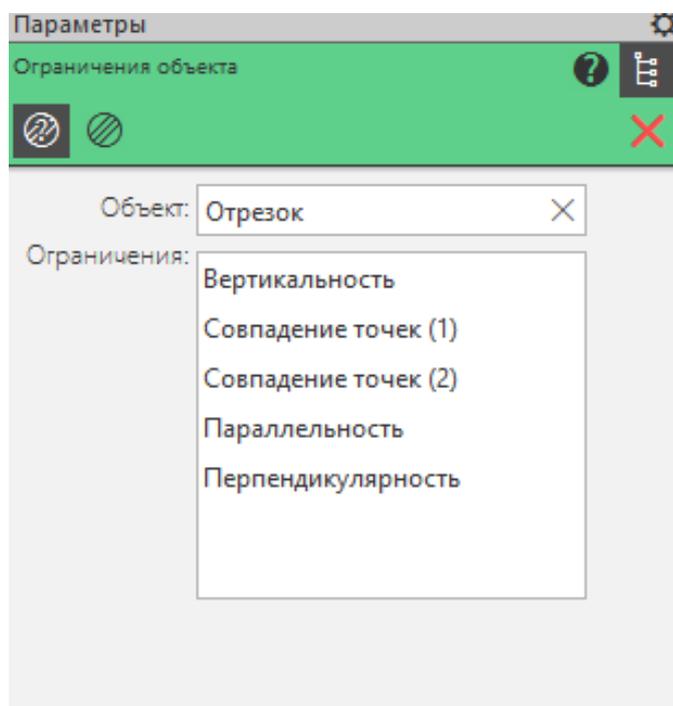


Рисунок 3.11 – Задание ограничений объекта

Важно при удалении ненужных ограничений не удалить лишнего, так как у прямоугольника, например, каждая точка имеет «Совпадение» с точкой другой стороны. Так же в этой группе лежит функция «Удалить все ограничения». Важно понимать, что при удалении всех ограничений, размеры, которые были проставлены на данный объект тоже перестанут действовать на него, хотя их отображение на эскизе не изменится.

3.3. Параметризация в САД-системах

Правильно созданный эскиз – эскиз, обладающий всеми необходимыми размерами, привязками к началу координат, взаимосвязями, между элементами. Параметризация даёт зависимости и ограничения для каждого элемента эскиза. Это необходимо по целому ряду причин:

- Как правило, модель детали разрабатывают для дальнейшего его производства, поэтому если расстояние между какими-либо элементами будет не округленно до тысячных, сотых или десятых, технологу самому придется округлять размер, что может привести к ошибке.
- При разработке сложных деталей бывает необходимо поменять какой-либо размер в эскизах, которые уже были созданы. Если деталь параметризована, то после изменение какого-либо эскиза, она полностью перестраивается, так как каждый последующий эскиз будет зависить от предыдущего. Если же параметризация была произведена не полностью или неправильно, то после изменения промежуточного эскиза может возникнуть ошибка или деталь перестроится неправильно и придется исправлять каждый последующий эскиз. Если же параметризации не было вообще, то, во-первых, возникнут несостыковки элементов (Одна сторона представлена двумя несовпадающими поверхностями), а во-вторых, после изменения любой операции придется все последующие операции делать заново.

Проверить правильно ли параметризован эскиз можно включив отображение степеней свободы и проверить, если у всех элементов отсутствуют степени свободы, значит эскиз параметризован полностью, если же у какого-то элемента остались степени свободы, необходимо добавить зависимости и ограничения. Также в компасе есть возможность работы с переменными. Каждому размеру присвоена своя переменная, которую можно использовать, чтобы поставить другие размеры. Это необходимо, когда от одного размера одного элемента, напрямую зависит размер другого. Название переменных, в которых хранится размер элемента, расположены под размером и выделены красным цветом (рисунок 3.12):



Рисунок 3.12 – Указание размеров элемента
Размер элемента 20мм, название переменной v10

Чтобы задать размер одного элемента, относительно размера другого, необходимо при проставлении размера указать длину не как число в миллиметрах, а название переменной и необходимую арифметическую операцию (рисунок 3.13):



Рисунок 3.13 – Задание арифметической операции

Размер этого элемента будет в 2 раза меньше, чем размер v10. При изменении размера v10 изменится и этот размер.

Посмотреть каким размер соответствуют какие переменные и какие размеры заданы через параметр (то есть через другой размер) можно в вкладке «Переменные» (рисунок 3.14):

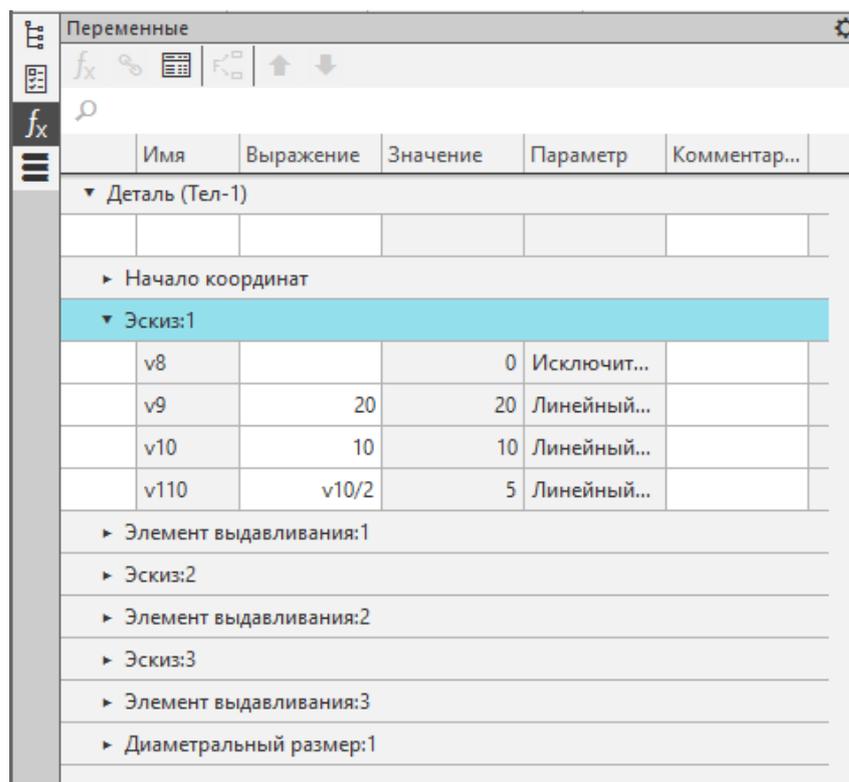


Рисунок 3.14 – Вкладка «Переменные»

Как мы видим, для каждого эскиза или операции сохраняются все размеры. По сути, это окно представляет из себя таблицу, в которой хранятся: имя переменной; Выражение, которое задает размер (если размер задан просто числом, здесь будет число, если через переменную, будет выражение); Фактическое значение (если размер задан числом, то он и будет являть фактическим значение, если формулой через другой размер, то вычисленная величина); Параметр (Если длинна отрезка, то линейный размер, если диаметр окружности, то диаметральный размер и т.д.). Эту таблицу можно сохранить отдельно.

Также размеры в эскизе можно менять через вкладку «Переменные». Для этого необходимо поменять соответствующий размер в таблице и нажать на кнопку «Перестроить» в меню быстрого доступа (рисунок 3.14):

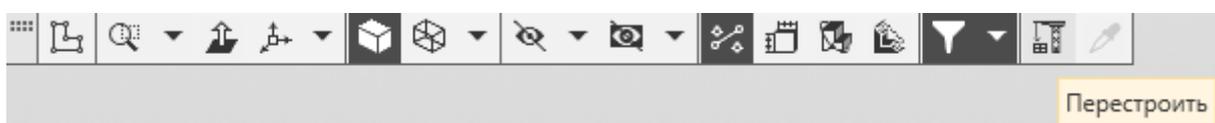


Рисунок 3.14 – Операция перестроения

Рассмотрим простой пример задания размеров через переменные: построим куб. Для этого создадим эскиз на любой плоскости и построим прямоугольник. Размеры пока что можно задать любые. При помощи ограничения «Объединить точки» привяжем центр нашего прямоугольника к началу координат. Зададим размер одной стороне 40 мм (рисунок 3.15) :

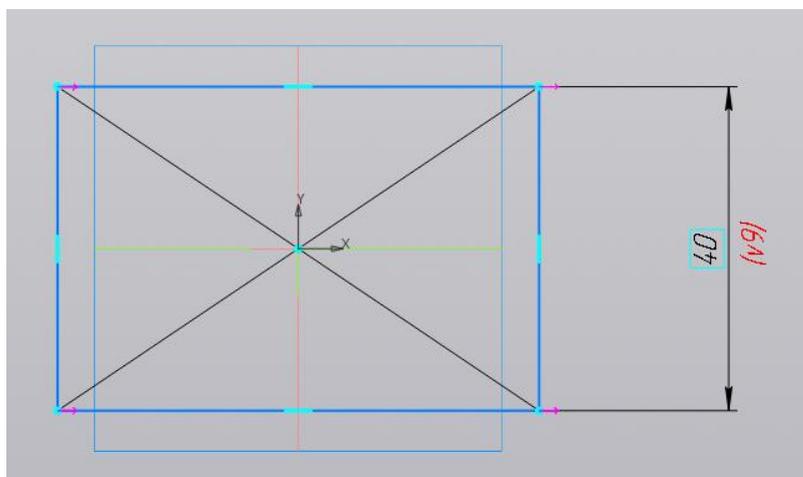


Рисунок 3.15 – Задание эскиза на плоскости

Этому размеру соответствует переменная v9. Зададим второй стороне размер v9 (рисунок 3.16):

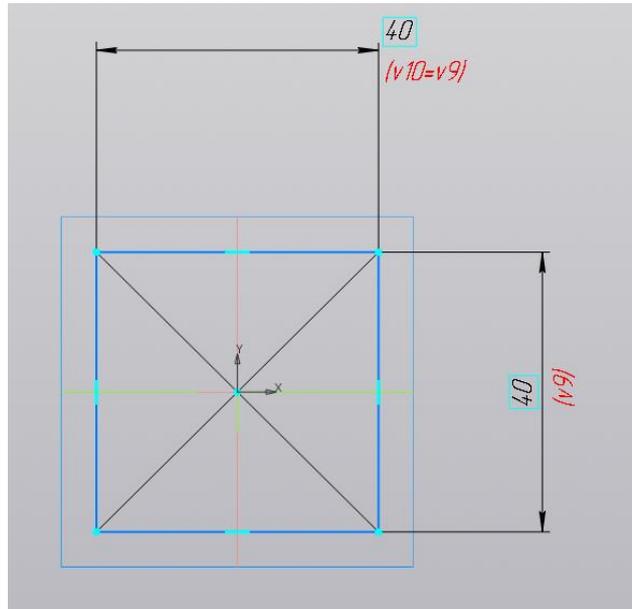


Рисунок 3.16 – Задание размеров эскиза

Все степени свободы исчезли, значит эскиз полностью параметризован. Завершим эскиз и при помощи кнопки «Элемент выдавливания» выдавим на эскиз на расстояние v9 (Операции выдавливания рассмотрены будут позже) (рисунок 3.17, 3.18):

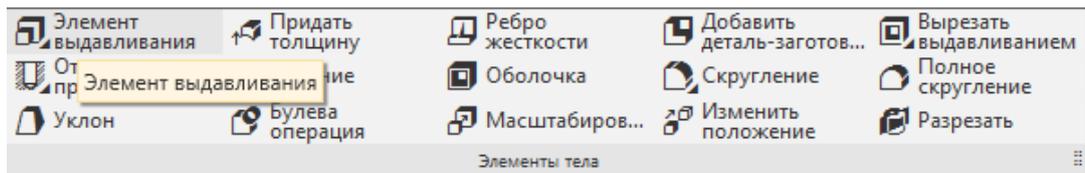


Рисунок 3.17 – Операция выдавливания

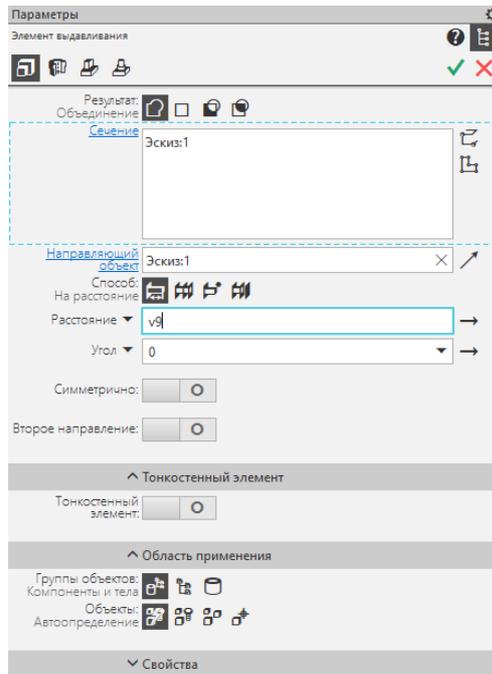


Рисунок 3.18 – Параметры операции выдавливания

Применяем операцию. Получился ровный куб со сторонами 40мм (рисунок 3.19):

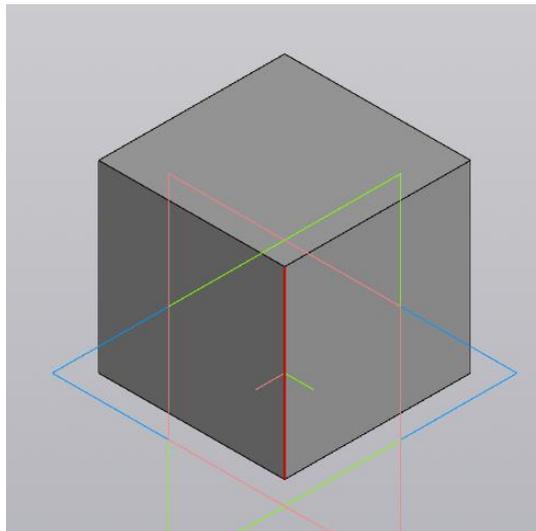


Рисунок 3.19 – Куб со сторонами

Теперь, чтобы изменить размер куба, достаточно перейти в вкладку «Переменные» и поменять один размер v9, после чего нажать на кнопку «Перестроить» и размер куда изменится автоматически.

4.Операции выдавливания.

Что бы эскиз превратить в объёмное тело используются операции выдавливания. В компасе существует 4 операции выдавливание: Элемент выдавливания; Элемент вращения, Элемент по траектории; Элемент по сечениям. Каждой из этих операций можно добавить материал к существующему телу, убрать материал из существующего тела, создать новое тело, или оставить пересечение существующего тела и выдавленного.

4.1.Элемент выдавливания

Элемент выдавливания самый простой способ создания детали. Что бы выдавить эскиз таким способ необходимо чтобы контур был замкнут. Обратные примеры представлены на рисунках 4.1,4.2.

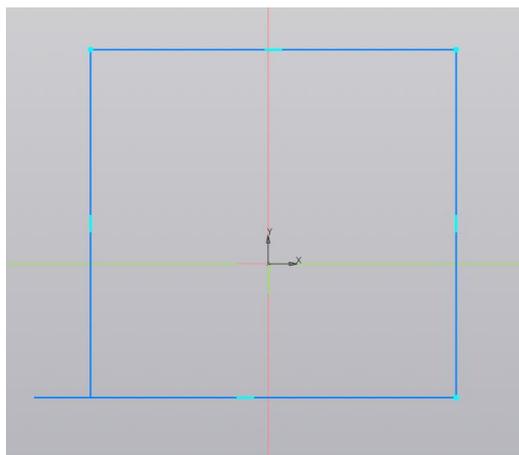


Рисунок 4.1 – Пример ошибочного контура для выдавливания

Такой контур выдавить не получится, будет ошибка пересечения.

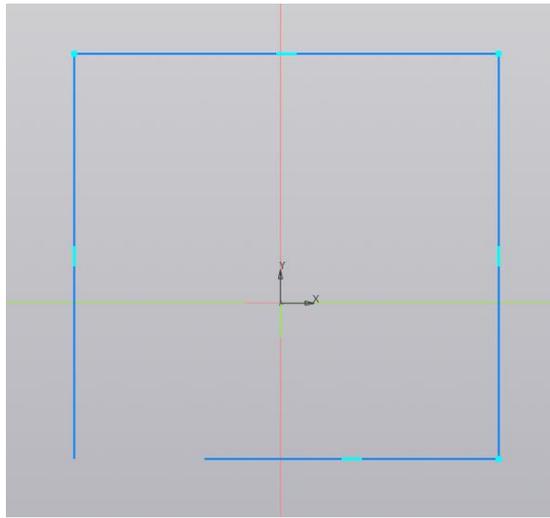


Рисунок 4.2 – Пример незамкнутого контура

Такой контур может быть выдавлен только как тонкостенный элемент, но не как единое тело.

После того, как был создан замкнутый контур, его можно выдавливать, для этого необходимо нажать на кнопку «Элемент выдавливания» (рисунок 4.3):

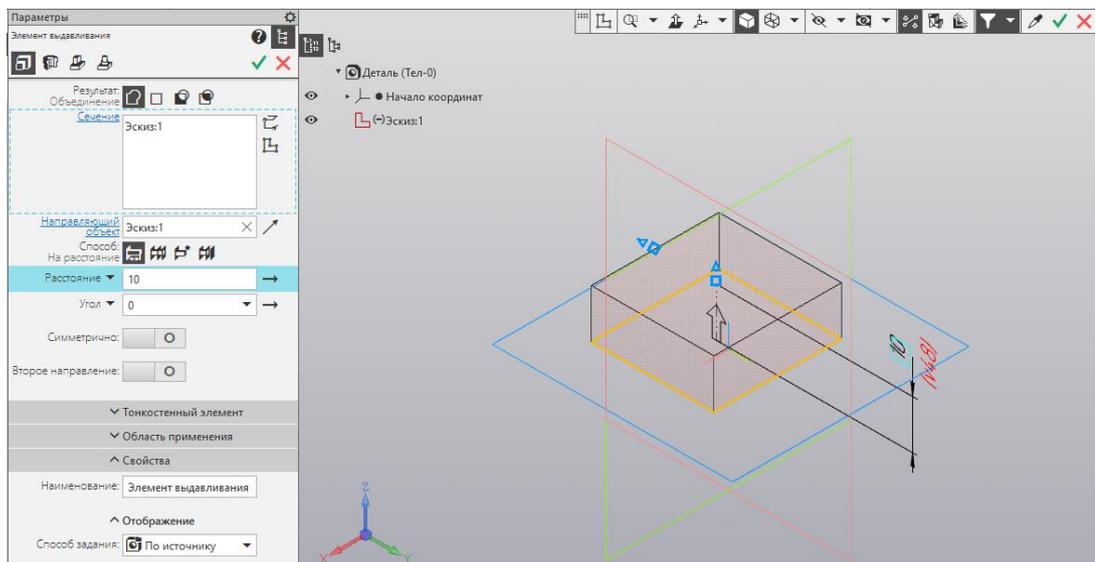


Рисунок 4.3 – Операция выдавливания

Рассмотрим параметры, которые можно изменить:

- Результат. Этот параметр отвечает за то, объединится наш элемент к уже существующим телам, будет отдельным телом, вычитается из уже существующего или останется только пересечение существующего и выдавливаемого.
- Сечение. Здесь необходимо выбрать по какому эскизу будет происходить выдавливание. Причем, если в одном эскизе несколько несвязанных элементов, можно выбирать каждый из них по отдельности. Также можно выбрать несколько элементов из разных эскизов, или на самом элементе поверхность, которую необходимо выдавить, но при этом необходимо выбрать направляющий объект, которым может являться сама поверхность, на которой находится элемент (рисунок 4.4, 4.5):

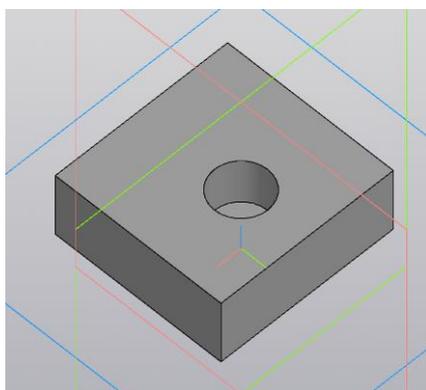


Рисунок 4.4 – Тело с отверстием с выдавленным цилиндром по отверстию

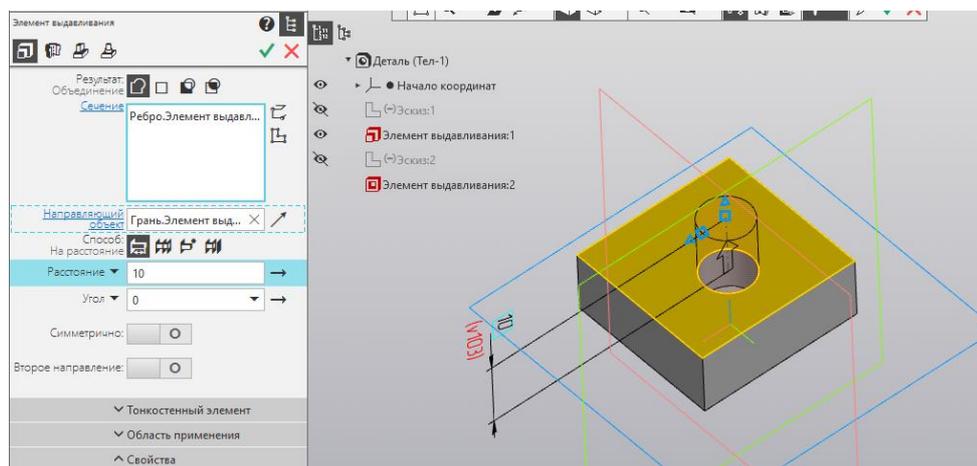


Рисунок 4.5 - Выбор контура отверстия как сечение и грани, на которой он расположен как направляющего элемента.

- Способ. Способ задания расстояние, на которое необходимо выдавить тело. Это может быть расстояние, заданное вручную; через все – элемент выдавится через все

тела; до объекта, элемент выдавится до выбранного объекта (Объектом может являть точка, пряма, поверхность); до ближайшей поверхности. Если необходимо выдавить элемент до какой-то сложной поверхности, это легко сделать при помощи способа задания расстояния «До объекта», рассмотрим его на примере (рисунок 4.6):

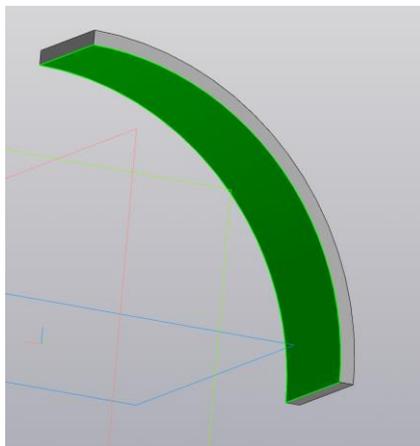


Рисунок 4.6 – Дуга

Необходимо от плоскости XY заполнить дугу, для этого достаточно создать прямоугольник на эскизе и выдавить его до поверхности (рисунок 4.7):

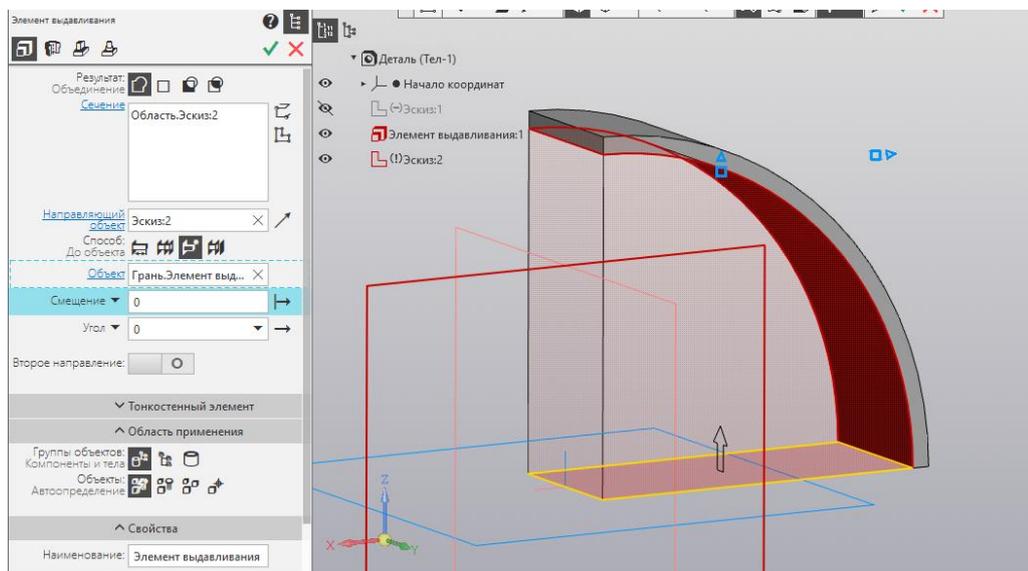
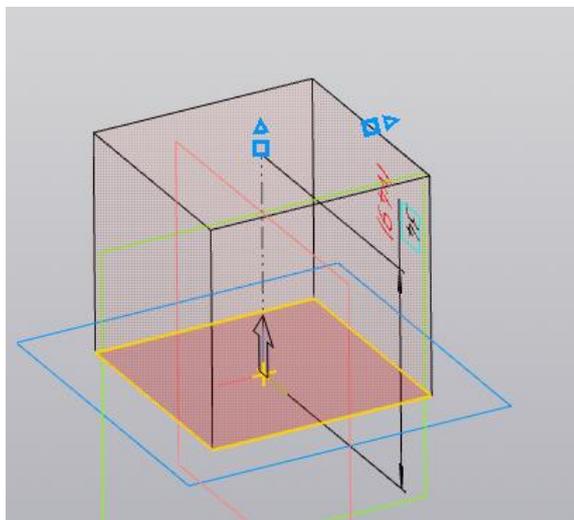
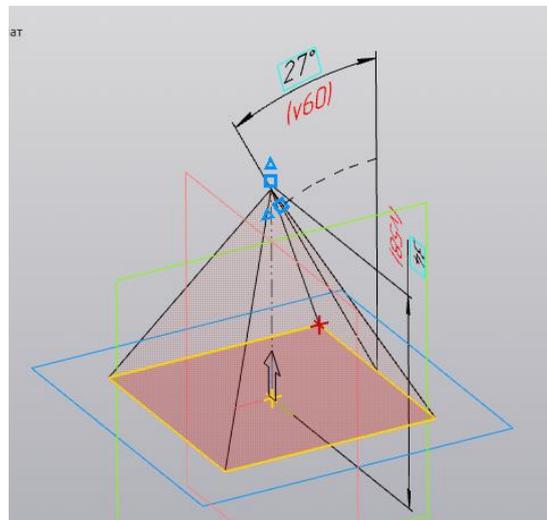


Рисунок 4.7 – Операция выдавливания дуги

- Расстояние. Выбирается только при способе «На расстояние». Расстояние, на которое будет происходить выдавливание, стрелочкой можно поменять направление выдавливания
- Угол. Можно выдавить не просто ровный элемент, а задать его «Конусность» (рисунок 4.8)



Конусность 0 градусов



Конусность 27 градусов.

Рисунок 4.8 – Виды конусности

- Симметрично. Элемент выдавливает симметрично плоскости, на которой создавался эскиз, при этом расстояние, на которое будет выдавлен элемент будет действовать на весь элемент, то есть если необходимо выдавить элемент на 10мм в каждую сторону, то при использовании симметрии расстояние необходимо вводить 20 мм
- Второе направление. Второе направление не зависимо от первого, в таком случае можно выдавить элемент в обе стороны не зависимых друг от друга. При этом второе направление можно использовать для того, чтобы элемент выдавливался не от плоскости, на которой создан эскиз, а на каком-то расстоянии от нее, для этого достаточно второе направление выставить отрицательным (рисунок 4.9)

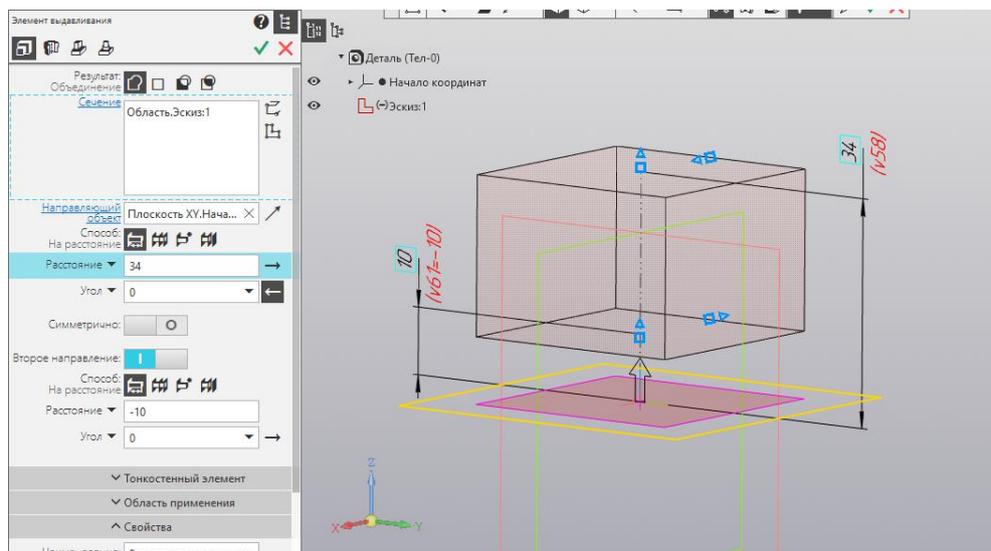


Рисунок 4.9 – Операция выдавливания

Важно понимать, что в таком случае вся высота детали будет меньше на величину второго направления.

4.2. Элемент вращения.

Для выдавливания детали вращением необходимо выбрать эскиз, по которому будет происходить выдавливание и ось. Ось можно выбрать как ребро уже существующего тела, так и нарисовать на эскизе. Что бы на эскизе задать ось необходимо создать отрезок и поменять его стиль на «Осевая», в таком случае, когда будет происходить операция вращения ось выберется автоматически, но только в том случае, если на эскизе присутствует одна осевая линия.

При создании эскиза тела, которое будет выдавлено вращением, если оно начинается от осевой линии, не обязательно замыкать его, вместо одной стороны может быть осевая линия (рисунок 4.10, 4.11):

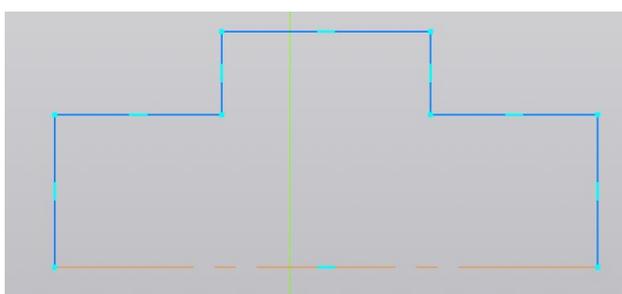


Рисунок 4.10 – Вид осевой линии

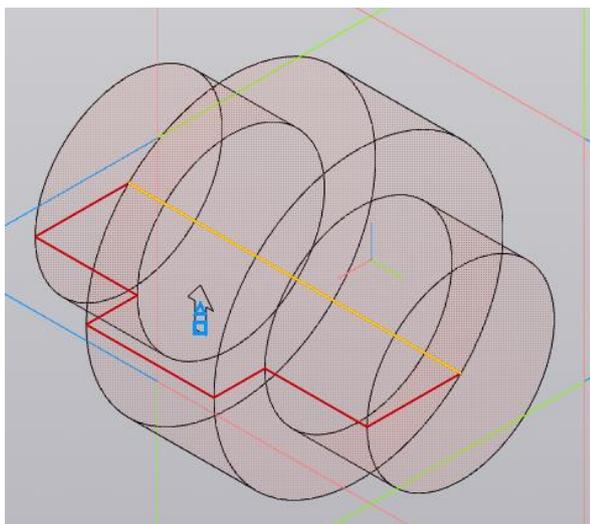


Рисунок 4.11 – Операция вращения

Если необходимо, чтобы внутри тела было отверстие, можно создавать тело на расстоянии от осевой линии, но при этом оно должно быть замкнутым (рисунок 4.12):

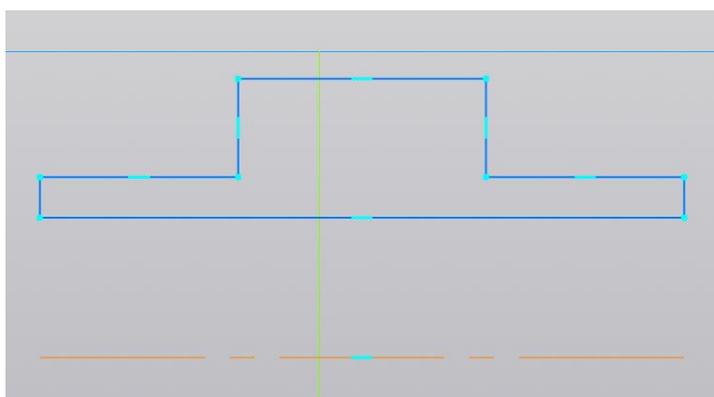


Рисунок 4.12 – Создание замкнутого тела

Рассмотрим параметры, которые можно задать при создании детали элементов вращения:

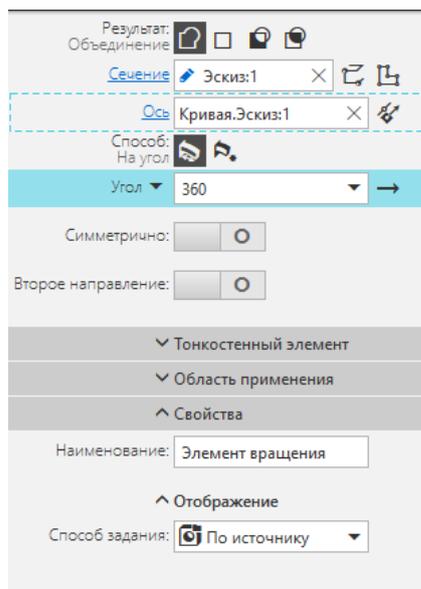


Рисунок 4.13 – Операция объединения

«Результат» и «Сечение» не отличаются от этих же параметров в Операции выдавливания, поэтому их пропустим.

- Ось. Прямая, относительно которой будет происходить выдавливание, может быть как любой прямой эскиза, так и ребром тела.
- Способ. Выдавливание может происходить на определенный угол, который откладывается относительно самого эскиза, а может от эскиза, до какого-либо тела, причем, как и в случае с элементом выдавливания, объект может быть сложной формы.
- Угол. Значение угла, на которое будет выдавлено тело, откладывается от элемента на эскизе.
- Симметрично. Выдавливает тело в обе стороны относительно эскиза, но тогда значение угла распределяется на все выдавливание, то есть если в режиме «симметрично» угол задать 180 градусов, то тело выдавится на 90 градусов в одном направлении и на 90 в другом.
- Второе направление. Задаёт второе направление для выдавливания. Так же, как и в случае операции выдавливания можно сделать выдавливание не с элемента эскиза, а отступив на определенный угол.

Таблица 4.1 – Параметры резьбы

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг P	Диаметр резьбы				
		наружный		средний	внутренний	
		d	D_4	$d_2 = D_2$	d_3	D_1
11	2	11,000	11,500	10,000	8,500	9,000
	3	11,000	11,500	9,500	7,500	8,000

Возьмем внутренний шаг резьбы $P = 2$ мм. Создадим основу на которой будем нарезать резьбу. Для этого построим на плоскости XY в начале координат цилиндр диаметром $d = 11$ мм и 20 мм высотой. Далее для создания резьбы потребуется создать спираль цилиндрическую:

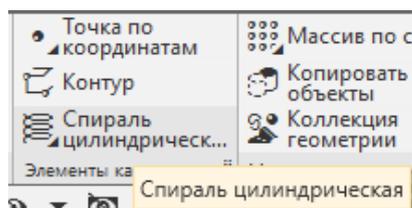


Рисунок 4.16 – Создание спирали цилиндрической

В качестве базовой плоскости указываем плоскость нижнюю поверхность цилиндра, диаметр $d = 11$ мм, Способ построение выбираем «По шагу и высоте», Шаг резьбы $P = 2$ мм; расстояние зададим 10 мм; направление витков правое, начальный угол 0 градусов; размещение $X = 0$, $Y = 0$ (рисунок 4.17):

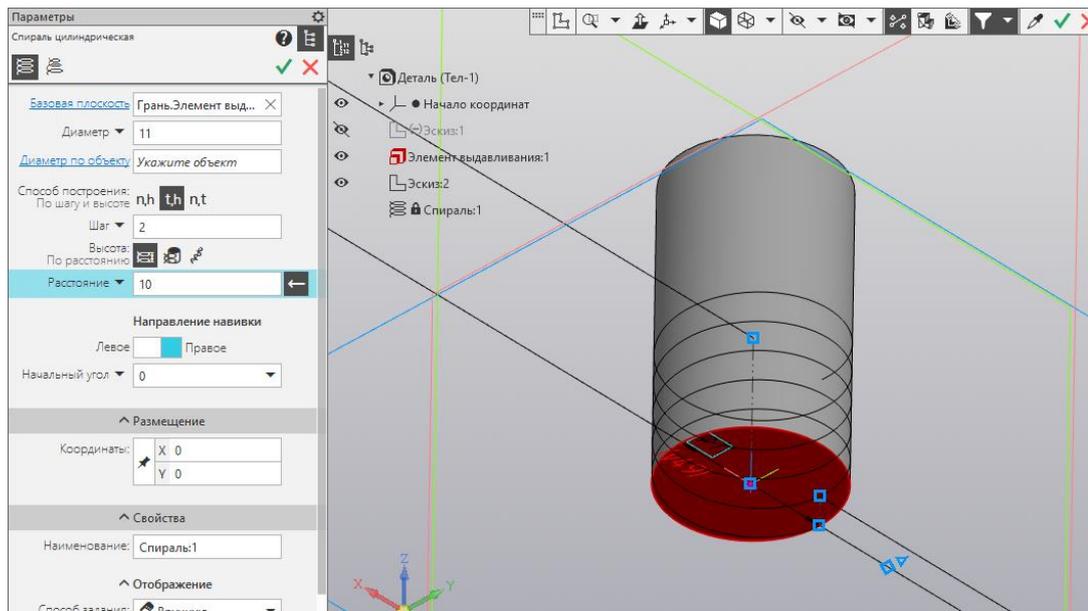


Рисунок 4.17 – Задание резьбы

Теперь необходимо задать профиль резьбы. Создаем эскиз на плоскости ZX, через начало координат строим вертикальную осевую линию. Создаем вертикальный отрезок длиной $\frac{P}{1} = 1$ мм, и задаем размер от него до осевой линии $d_3 = 8.5$ мм (Размер от осевой линии до элемента задается как сразу как диаметр, это есть это по факту не размер до осевой линии, диаметр) (рисунок 4.18):

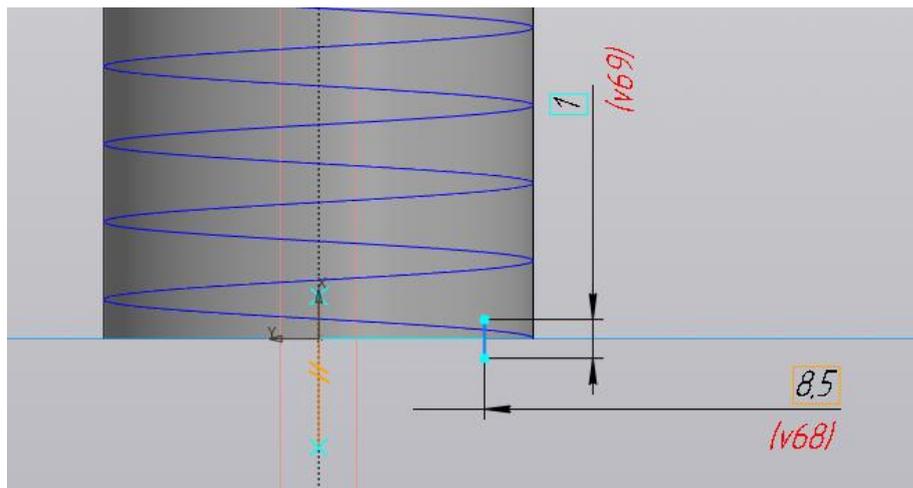


Рисунок 4.18 – Задание профиля резьбы

Создаем вторую вертикальную линию, длину пока что можно поставить любую, расстояние до осевой $d = 11\text{мм}$. От ближней к осевой линии прямой создаем 2 отрезка под любым углом и любой длины, это будут ребра нашей трапеции, после сего задаем им угол с прямой 105 градусов ($90 + 15$) и обрезаем лишние линии (рисунок 4.19):

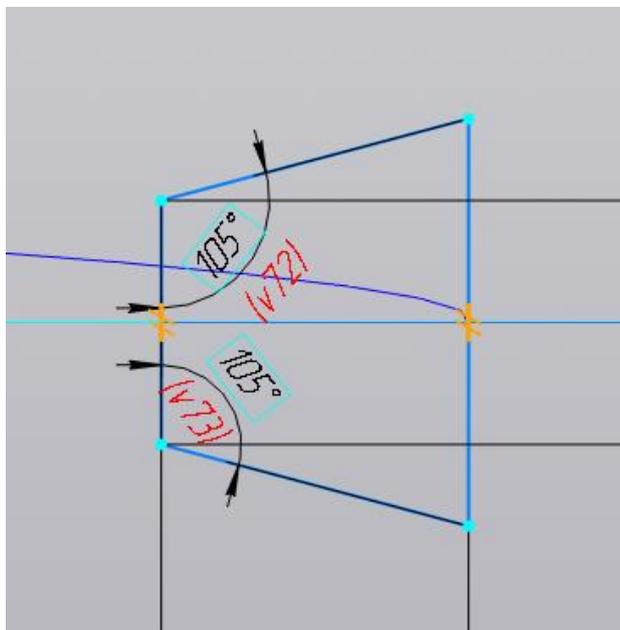


Рисунок 4.19 – Задание профиля резьбы (создание второй вертикальной линии)

Чтобы резьба начиналась с самого низа болта необходимо верхнюю точку трапеции выставить на один уровень с вершиной спирали, в нашем случае поставить на одну горизонталь с началом координат при помощи ограничения «Выравнивание»:

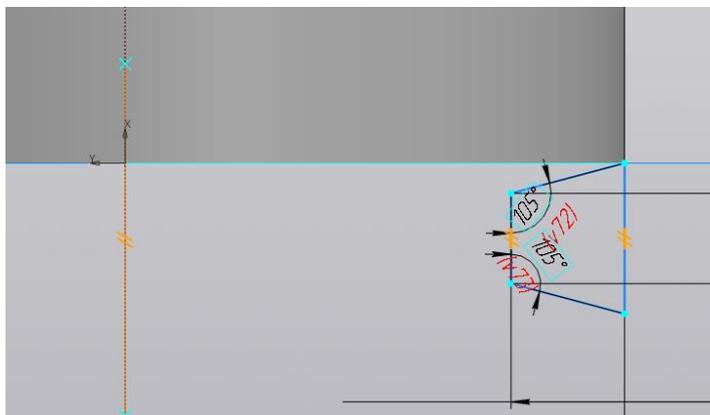


Рисунок 4.20 – Ограничение «Выравнивание»

Завершаем эскиз. Теперь необходимо выдавить наш эскиз. Выбираем операцию элемент по траектории; результат «Вычитание»; в качестве сечения выбираем наш эскиз; в качестве траектории спираль (рисунок 4.21):

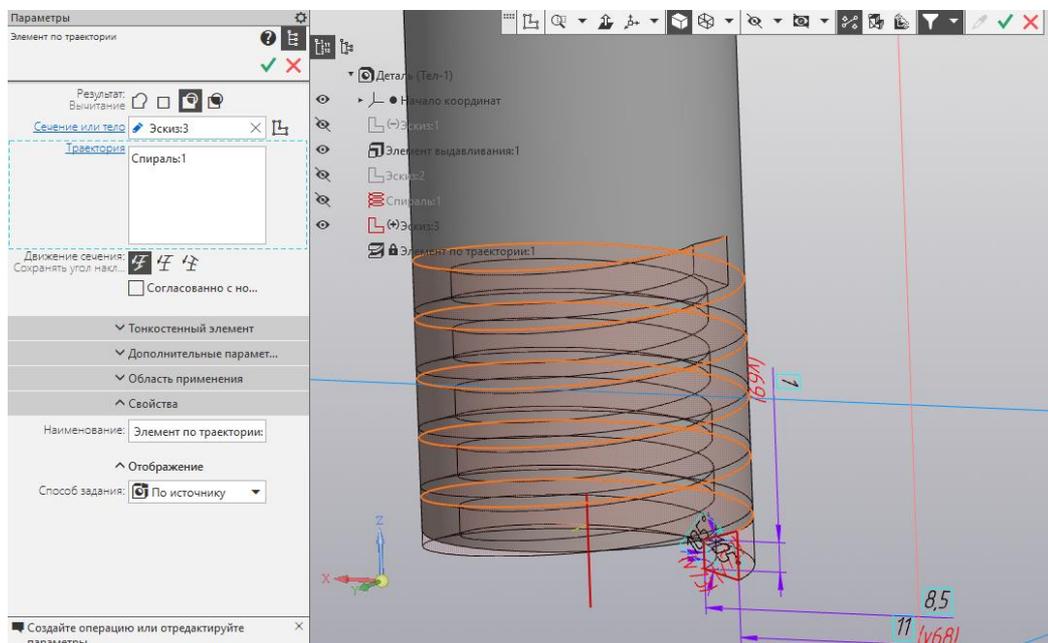


Рисунок 4.21 – Выдавливание эскиза для создания резьбы

Получается вал с нарезанной трапецевидной резьбой:

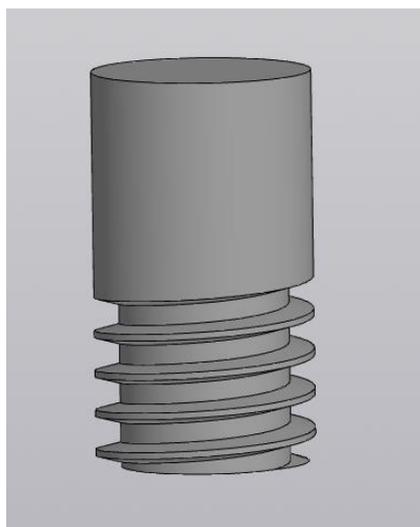


Рисунок 4.22 – Вал с трапецевидной резьбой

4.4.Элемент по сечениям

Рассмотрим элемент по сечениям тоже на примере. Допустим необходимо создать тело, которое в сечении будет представлять квадрат, повернутый на 180 градусов (рисунок 4.23):

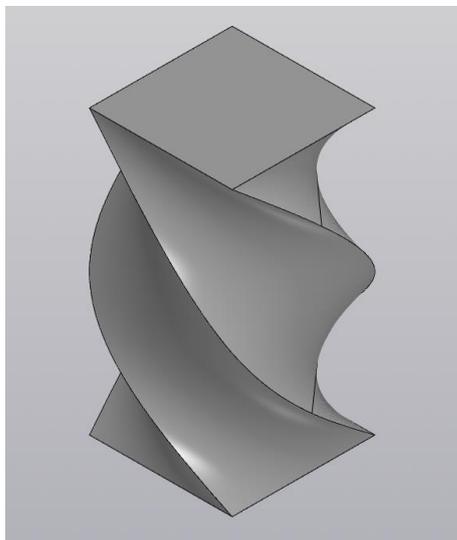


Рисунок 4.23 – Квадрат, повёрнутый на 180 градусов

Для этого необходимо создать ещё 2 плоскости (количество плоскостей зависит от сложности детали, но как правило, чем больше, тем лучше), используя функцию смещённая плоскость, выбираем плоскость XY, расстояние 30мм, количество 2 (рисунок 4.24):

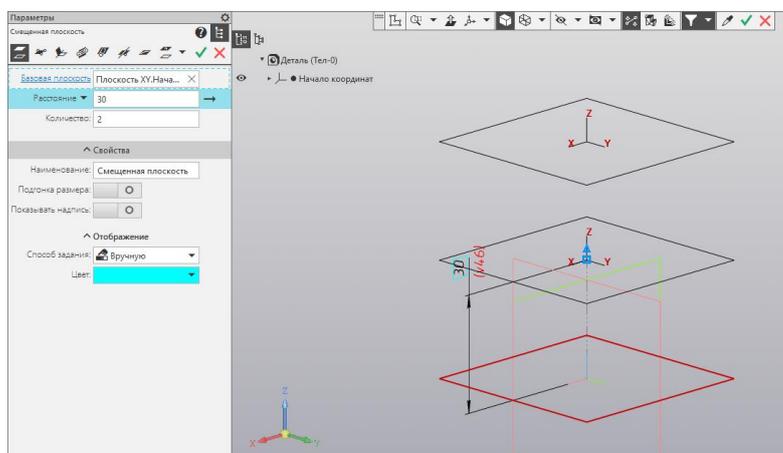


Рисунок 4.24 – Функция «Смещённая плоскость»

После чего на каждой плоскости создаем 3 одинаковых квадрата расположенных одинаково относительно начала координат. Выбираем элемент по сечениям, выбираем сечения по очереди сверху вниз. Получается просто прямоугольный параллелепипед. Что бы его повернуть на 180 градусов необходимо задать цепочку. Для этого в пункте «Соединения» нажимаем плюс и выбираем по очереди углы квадратов сечений, каждый раз смещаясь на один угол в одном направлении (рисунок 4.25):

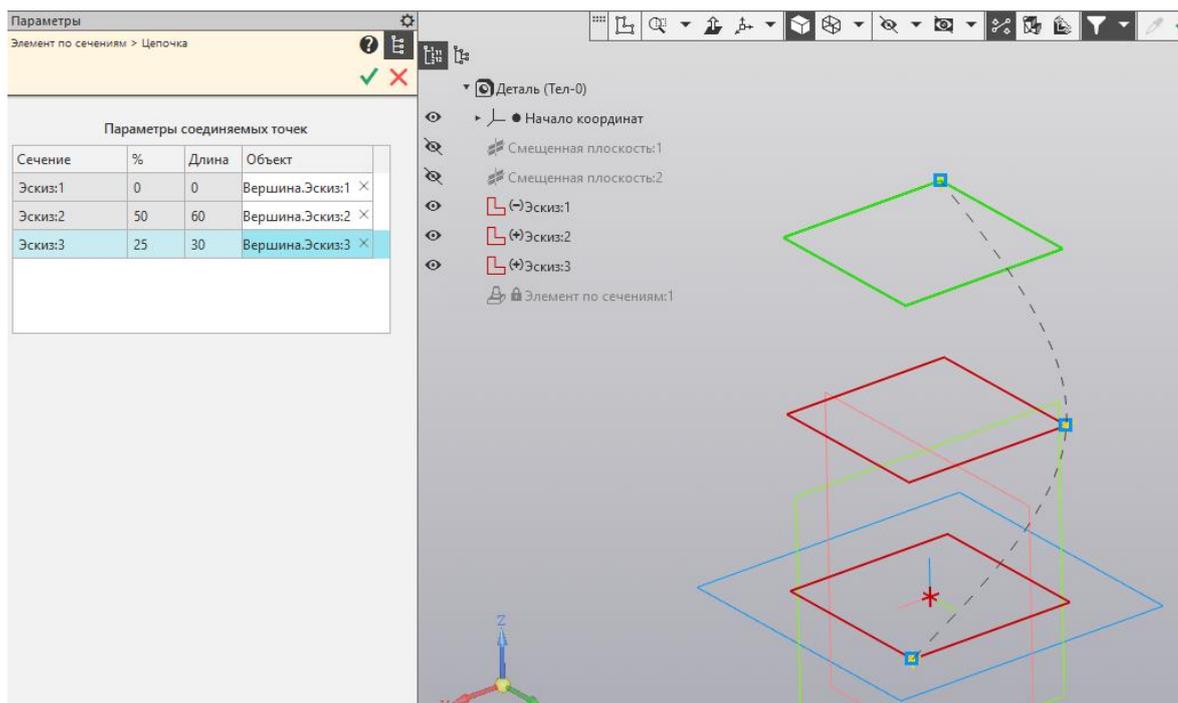


Рисунок 4.25 – Выбор сечений

Теперь выдавливаем согласно цепочки. Завершаем выдавливание и получаем необходимое тело.

4.5. Построение различных типов отверстий

Отверстие называется углубление любой формы в поперечном сечении. Отверстия могут быть сквозными или глухими. Для круглых отверстий в компасе есть Операция «Отверстие простое» (рисунок 4.26):

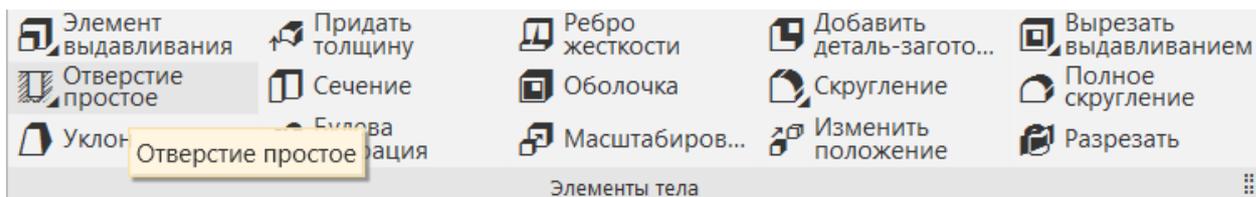


Рисунок 4.26 – Отверстие простое

Каждая операция из данной группы создает глухое или сквозное круглое отверстие. Рассмотрим каждую операцию из данной группы подробно:

- **Отверстие простое.** Создает круглое отверстие с возможностью задать форму торца отверстия. Менять форму торца отверстия бывает необходимо, например, чтобы показать, что отверстие будет сделано сверлением (После сверления дно отверстия конической формы). При создании круглого отверстия таким способом можно сразу нарезать резьбу в отверстии. Для этого включаем функцию «Резьба» (рисунок 4.27):

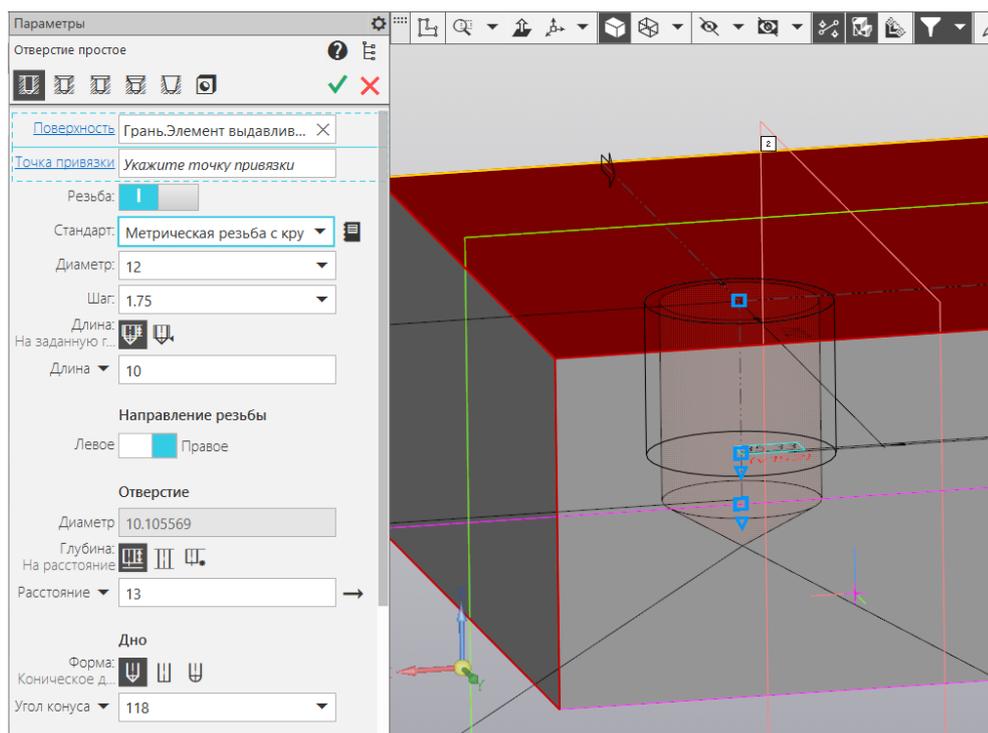


Рисунок 4.27 – Функция «Резьба»

В пункте «Стандарт» необходимо выбрать какую именно резьбу необходимо создать в отверстии. Все представленные там виды резьб соответствуют ГОСТ или другим стандартам. При нарезании резьбы в отверстии достаточно выбрать диаметр резьбы,

значение диаметра для отверстия будет взято из стандартов. Шаг и диаметр можно выбрать из имеющихся, они взяты из стандартов. Длина резьбы всегда должна быть меньше, чем глубина отверстия, но, если необходимо сделать резьбу на всю глубину отверстия, в параметре «Глубина» необходимо выбрать «На всю глубину».

- Отверстие с зенковкой. Зенковка — это придание верхней части отверстия конической формы (На рисунке 4.28 зенковка выделена зеленым цветом):

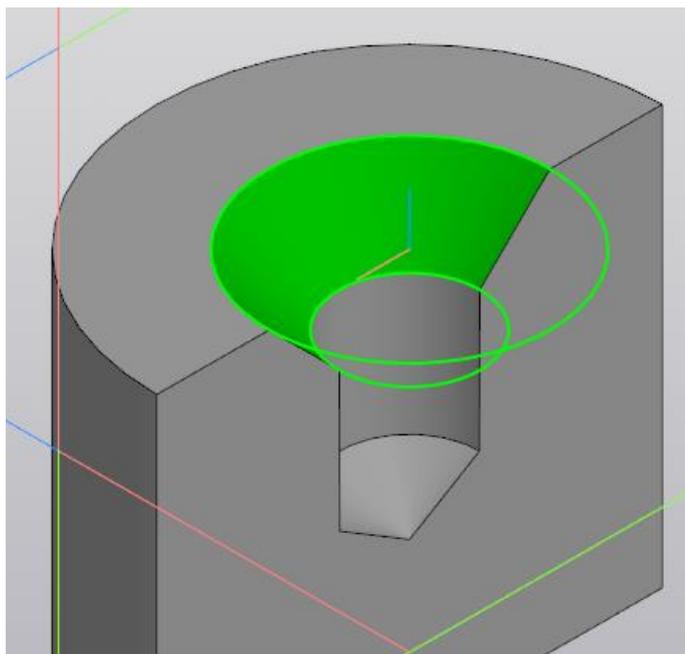


Рисунок 4.28 – Отверстие с зенковкой

Зенковка используется для снятия фасок или для создания упорных плоскостей вокруг отверстия. Конусность можно настроить 3мя способами: Диаметру и углу, глубине и углу, диаметру и глубине. В остальном ничем от обычного отверстия не отличается.

- Отверстие с цековкой. Цековка это цилиндрическое углубление у начала отверстие. Применяется для создания опорных плоскостей или снятия фаски, а также подготовки отверстий под шляпки болтов, заклёпок, винтов. Цековка задается двумя параметрами: Диаметром и глубиной.

Иногда бывает необходимо сделать отверстия, чтобы его дно повторяло форму поверхности. Например, необходимо создать глухое отверстие в полусфере так, чтобы его дно было не плоским, а повторяло поверхность полусферы. Для этого создаем эскиз на

плоской стороне полусферы и применяем операцию «Вырезать выдавливанием» (рисунок 4.29):

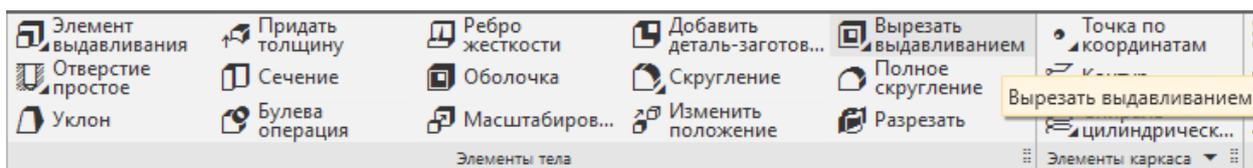


Рисунок 4.29 – Операция «Вырезать выдавливанием»

Способ выбираем «До объекта» и выбираем сферическую часть. Теперь, чтобы отверстие было не сквозное, необходимо задать смещение (рисунок 4.30):

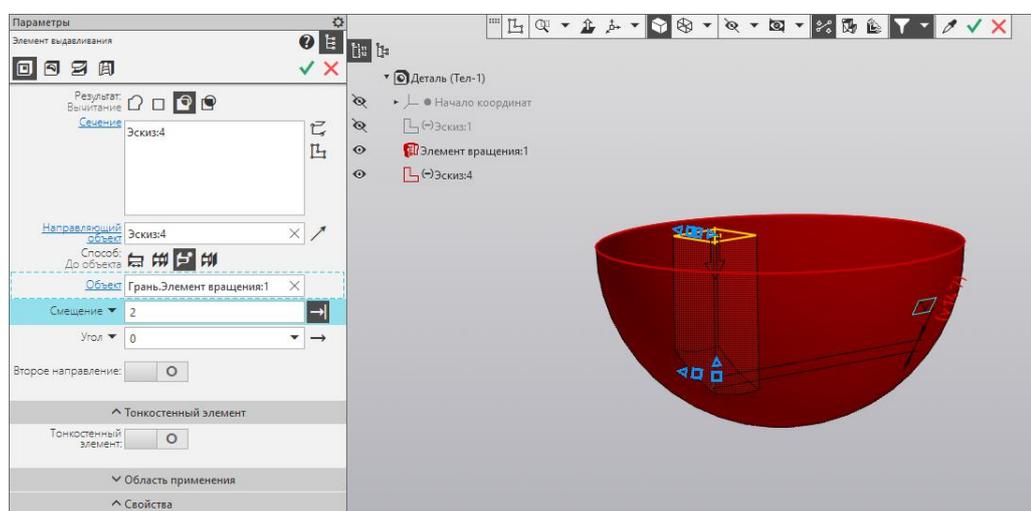


Рисунок 4.30 – Задание отверстия со смещением

Чтобы создавать сквозные отверстия в пункте способ выбираем «Через всё». Эскиз автоматически выдавится через все тела, которые находят по траектории выдавливания.

4.6.Тонкостенный элемент.

Иногда необходимо выдавить элемент по периметру. Что бы не создавать отдельный эскиз применяется тонкостенный элемент. Для выдавливания тонкостенного элемента эскиз не обязательно должен быть замкнутым, более того, если при выдавливании какого-либо эскиза, вы видите, что он выдавливается как тонкостенный элемент, значит контур не

замкнут и надо искать ошибку в эскизе. Отдельной функции тонкостенного элемента нет, она находится как элемент настройки в параметрах любого вида выдавливания (рисунок 4.31):

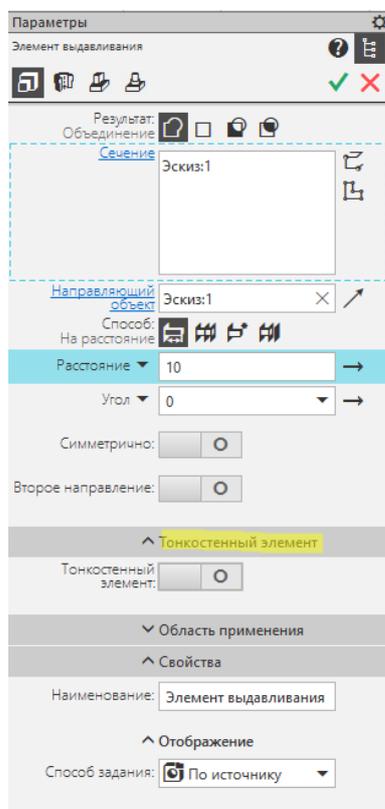


Рисунок 4.31 – Тонкостенный элемент

Рассмотрим создание П-образного профиля при помощи тонкостенного элемента. Для этого достаточно создать эскиз из 3х отрезков (рисунок 4.32):

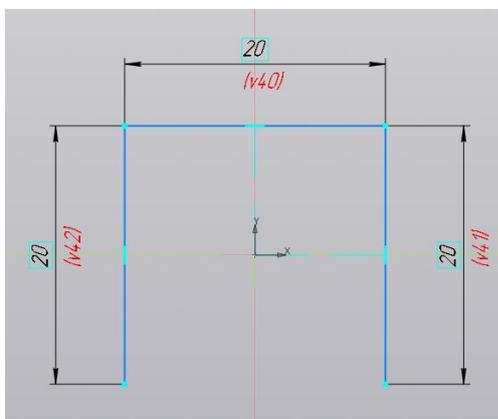


Рисунок 4.32 – Создание П-образного профиля при помощи тонкостенного элемента

После чего завершить эскиз, применить обычный элемент выдавливания и включить тонкостенный элемент (рисунок 4.33):

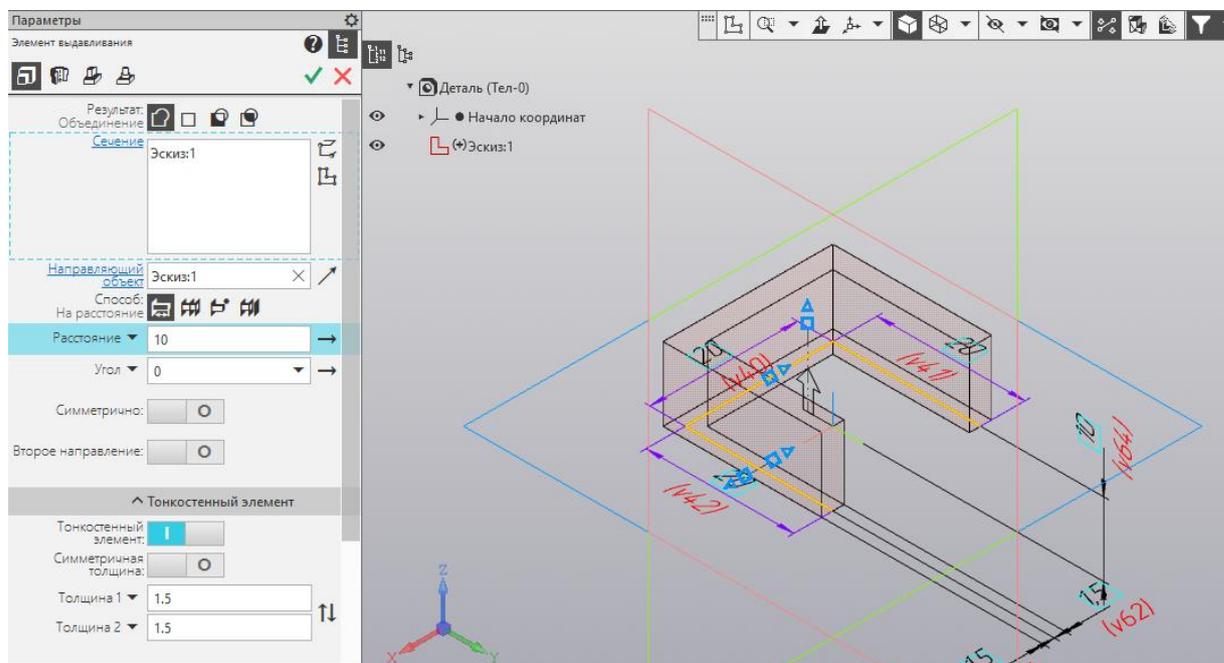
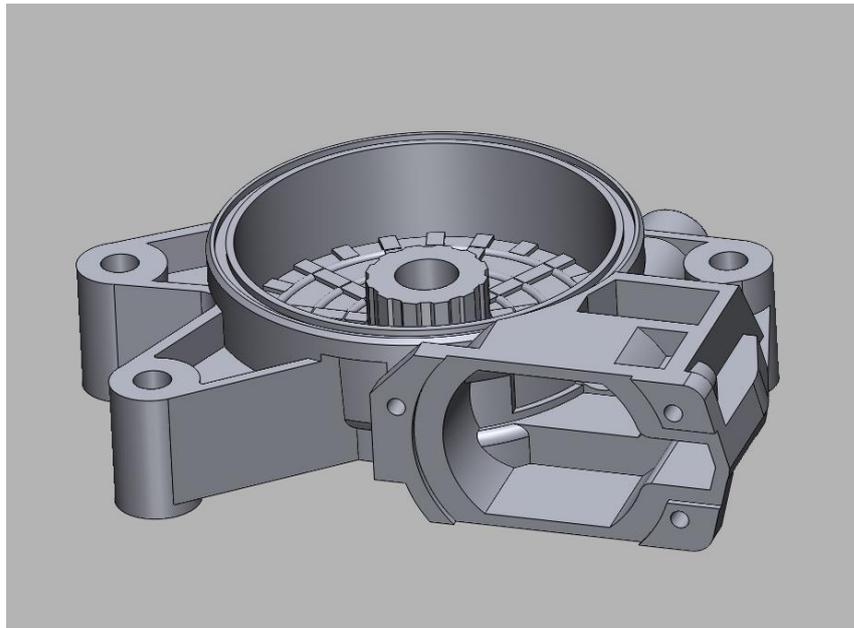


Рисунок 4.33 – Выдавливание тонкостенного элемента

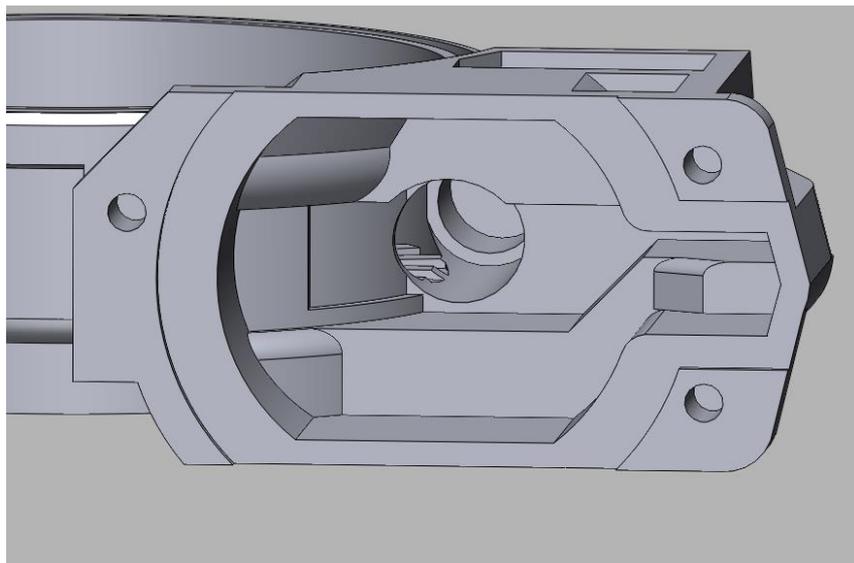
Тонкостенный элемент имеет всего два параметра: Толщина 1 и толщина 2. Соответственно толщина 1 — это расстояние от эскиза до внешней стенки, а толщина 2 расстояние от контура до внутренней стенки. Так же можно поставить симметричная толщина, тогда задает 1 параметр толщины.

4.7. Булевы операции.

Булевы операции достаточно часто используются для создания сложных форм. Например, если отверстие состоит из достаточно сложных по форме элементов, гораздо легче сначала сделать от, что должно быть внутри отверстия, а потом из детали вычесть. Рассмотрим примеры (рисунок 4.34 а, б):



а



б

Рисунок 4.34 – Примеры сложной формы (а, б)

Для создания такого отверстия, которое состоит из множества сложных элементов используются булевы операции, так как создать его элементами выдавливания достаточно сложно. Для создания такого отверстия создается отдельно его внутренняя часть (рисунок 4.35):

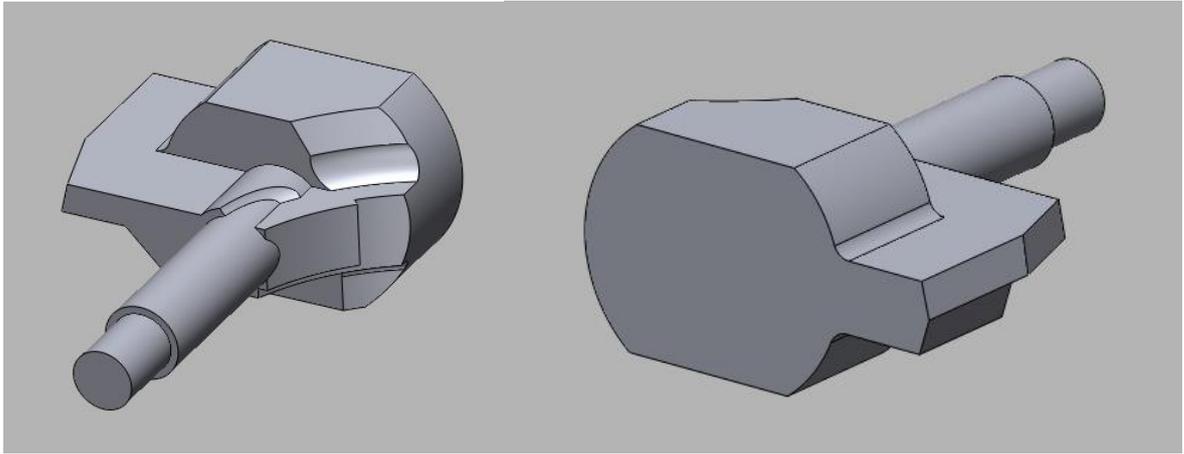


Рисунок 4.35 – Внутренняя часть элемента

Причем такая внутренняя часть создана тоже из различных элементов, которые потом при помощи булевой операции были превращены в единую деталь (рисунок 4.36):

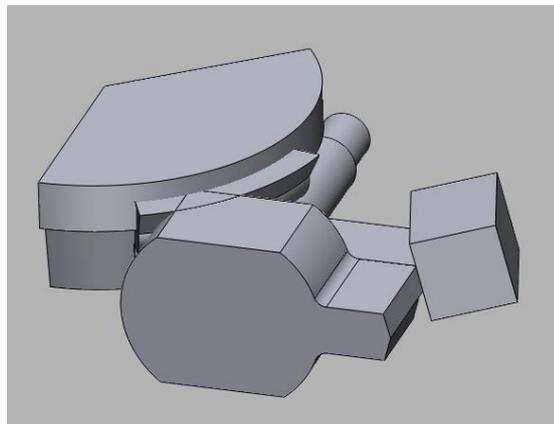


Рисунок 4.36 – Создание детали с помощью булевой операции

Так выглядел первоначальный набор элементов. Булевых операций в компасе всего 3: Объединение, Вычитание, Пересечение. Объединение достаточно простая операция, достаточно выбрать несколько тел, которые необходимо объединить в одно. Для этого необходимо нажать на кнопку «Булевая операция» (рисунок 4.37):

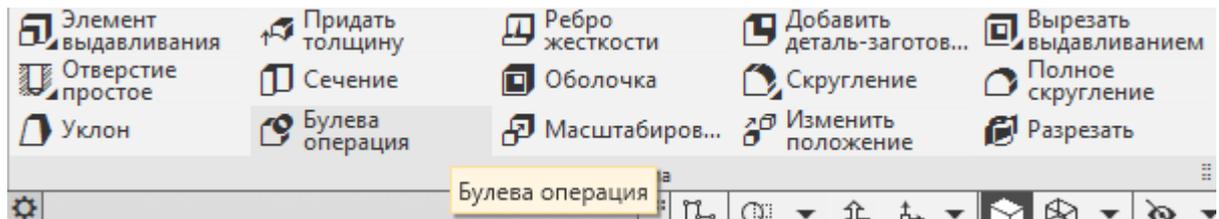


Рисунок 4.37 – Расположение булевой операции

Результат выбрать «Объединение» и выбрать необходимые тела или из дерева построения или просто кликая по ним ЛКМ (рисунок 4.38).

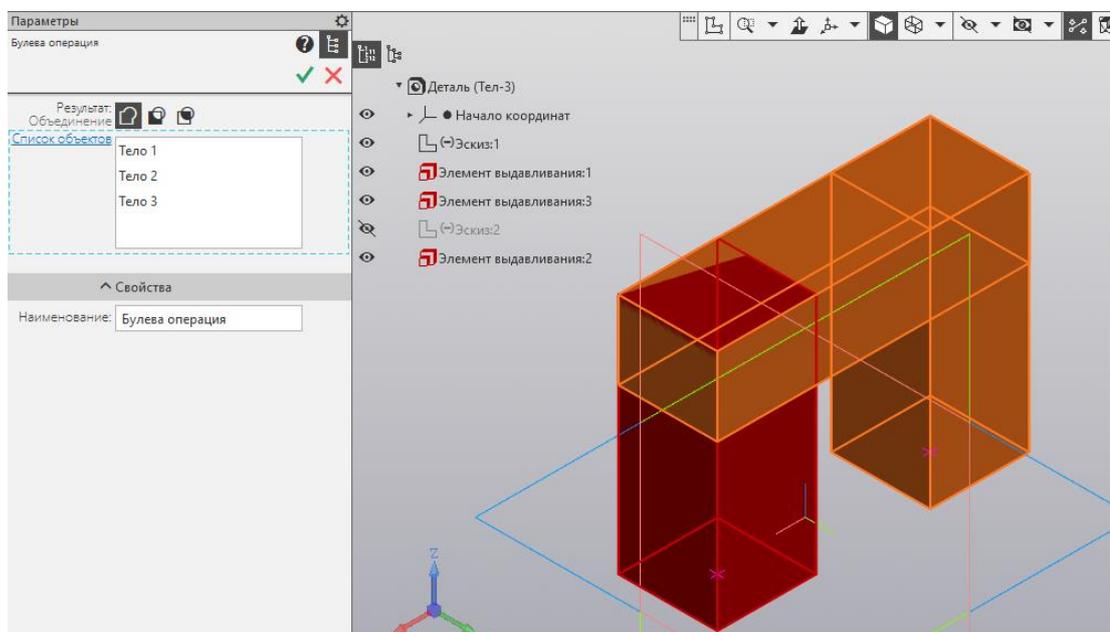


Рисунок 4.38 – Операция «Объединение»

После этого все выбранные тела станут одним. Надо понимать, что объединить можно только те тела, которые пересекаются, 2 тела без пересечений объединенно не будет.

Результат вычитания удаляет из одного тела другое, причем, даже если уменьшаемое и вычитаемое тела пересекаются не полностью, то вычитаемое тело удалится полностью. Первым выбирается уменьшаемое тело, то есть из которого необходимо вычесть, а потом вычитаемые тела. Если после вычитания остается несколько независимых тел, то можно выбрать, какие именно необходимо оставить (рисунок 4.39):

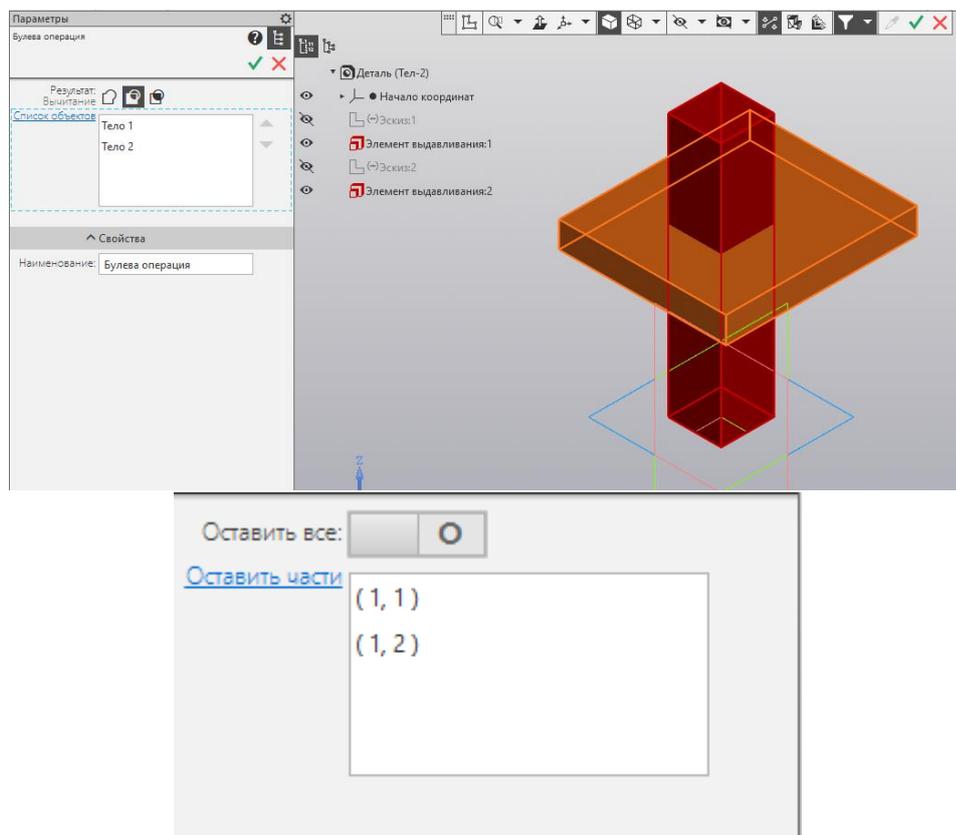


Рисунок 4.39 – Операция «Выдавливания»

Для выбора, какие тела необходимо оставить, достаточно переключить режим «Оставить всё» и удалить не нужные элементы. При этом, что бы было легче ориентироваться, где какая часть, можно просто нажать на название в табличке и тело будет подсвечено.

Пересечение оставляет только пересечения нескольких тел и удаляет исходные тела. Например, если взять две прямые треугольные призмы, высоты которых перпендикулярны, вы применить к ним болевую операцию с результатом «Пересечение», получится четырехугольная пирамида (рисунок 4.40):

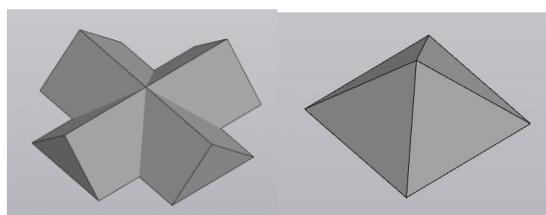


Рисунок 4.40 – Четырехугольная пирамида

5. Работа с массивом

Массив является лучшим методом создания нескольких экземпляров одного элемента.

Преимущества массивов:

1. Исходный элемент массива создается один раз - не нужно тратить время на создание однотипных элементов. Экземпляры массива создаются и размещаются со ссылкой на исходный элемент.
2. Благодаря взаимосвязи исходного элемента и экземпляра массива, все изменения исходного элемента перейдут в экземпляры.
3. Массивы, созданные на уровне детали, можно повторно использовать на уровне сборки в качестве массивов по образцу. Например, был смоделирован массив отверстий на детали, которая в дальнейшем используется в сборке. Крепежный элемент, устанавливаемый в отверстие, можно размножить по отверстиям в детали, используя массив по образцу.

Компас работает только с массивами тел. То есть создать несколько элементов с помощью массива в эскизе не получится. Необходимо сначала выдавить одно тело, а потом применить к нему массив.

Виды массивов:

1. Массив по сетке
2. Массив по концентрической сетке
3. Массив вдоль кривой
4. Массив по точкам
5. Массив по таблице
6. Зеркальный массив

1. Массив по сетке. Самый простой массив. Элемент копируется в одном направлении вдоль прямой или в 2х направлениях вдоль двух прямых. Рассмотрим сначала одно направление. В параметрах задается тело, которое надо копировать; направляющий объект, который является прямой, по которой будет происходить копирование; наклон – это угол, на который можно повернуть исходный направляющий объект; количество экземпляров; Расстояние, по умолчанию стоит расстояние между соседними экземплярами. Самый простой пример эскиза вдоль прямой в одном направлении (рисунок 5.1).

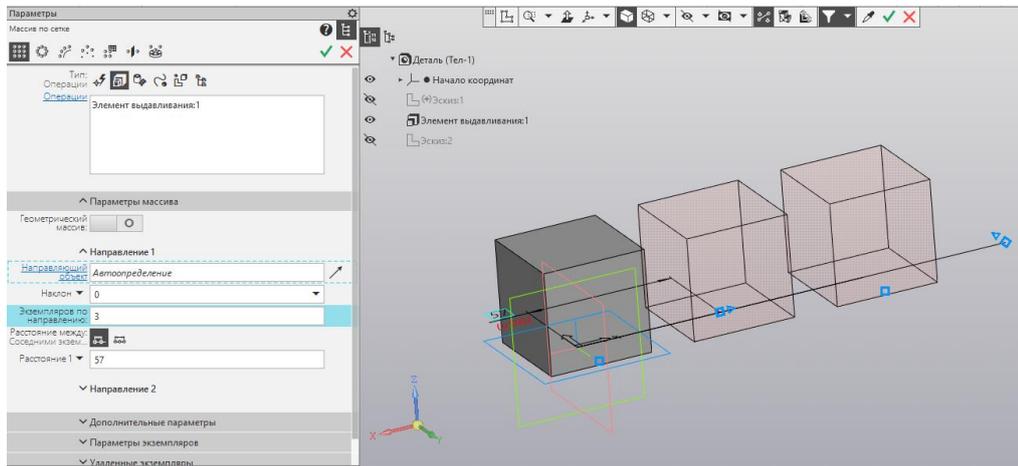


Рисунок 5.1 – Массив вдоль прямой в одном направлении

Пример массива по сетке с двумя направлениями. У второго направления те же самый параметры, только угол по умолчанию стоит 90 градусов (рисунок 5.2).

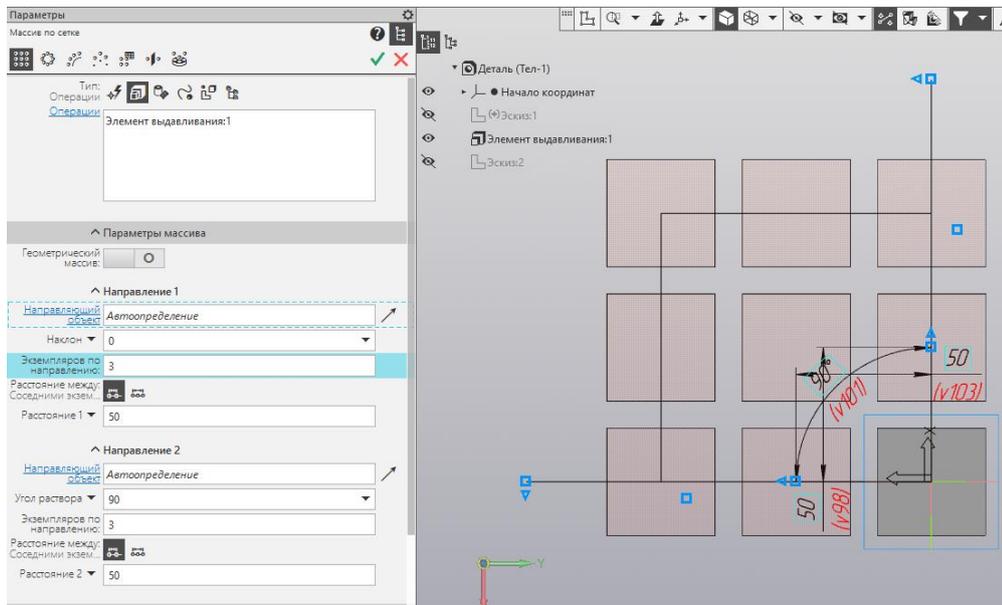


Рисунок 5.2 – Массив по сетке с двумя направлениями

Если необходимо копировать по какому-либо другому направлению, то вектор направления можно задать вручную, нажав на кнопку «Построить вектор» (рисунок 4.43):



Рисунок 5.3 – Операция «Построить вектор»

Необходимо помнить, что это именно вектор и задается он по точкам. Точки для него можно выбрать как с готового тела, то есть вершины, так и создать их через эскиз.

2. Рассмотрим пример создания массива на примере массива по концентрической сетке. Построим эскиз исходного элемента и воспользуемся командой “Элемент выдавливания”. Выбрав операцию “Массив по концентрической сетке”, которая находится в меню “Массив, копирование”, укажем исходный объект массива нажатием на элемент на поле построения, либо выбрав его в дереве построения.

Укажем ось массива, относительно которой будет выполняться массив в вкладке “Ось”, выбрав ось Z начала координат детали (рисунок 5.4).

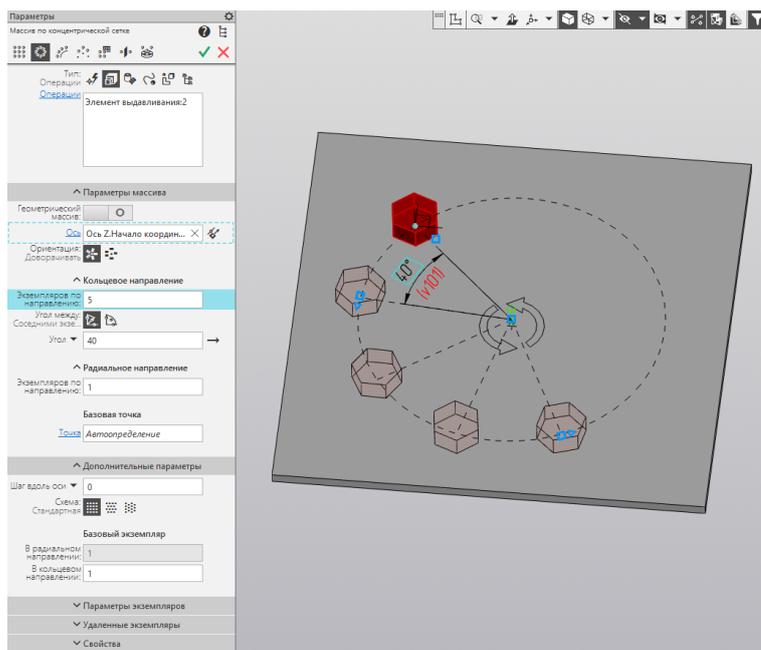


Рисунок 5.4 – Указание оси массива

Параметр “Ориентация: Доворачивать” отвечает за ориентацию исходного элемента. Если выбрать “Доворачивать”, то ориентация элемента будет изменяться осесимметрично. Если выбрать “Сохранять исходную”, то ориентация исходного элемента сохранится при создании массива.

В подгруппе “Кольцевое направление” указывается количество экземпляров и выбирается угол между экземплярами массива. Выбрав тип “Угол между крайними экземплярами” и указав угол, получим расположение массива в пределах данного угла (рисунок 5.5).

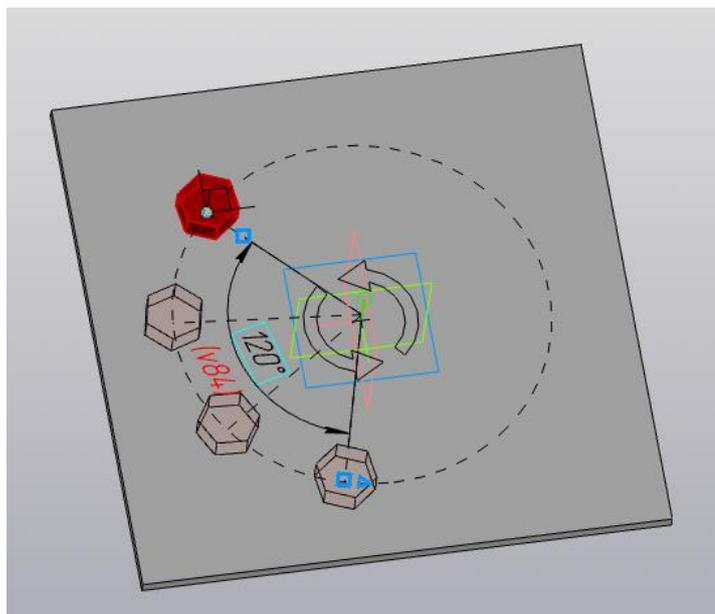


Рисунок 5.5 – Операция «Угол между крайними экземплярами»

Если выбрать тип “Угол между соседними экземплярами”, то массив выполнит расположение количества экземпляров через заданный угол (рисунок 5.6).

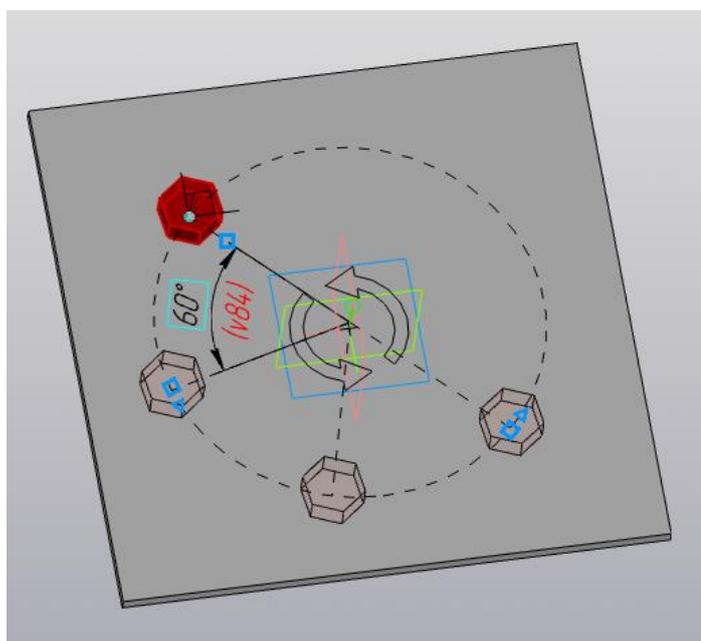


Рисунок 5.6 – Операция «Угол между соседними экземплярами»

Также можно добавить элементы массива в радиальном и осевом направлении, указав необходимые параметры в вкладках “Радиальное направление” и “Дополнительные параметры”. Если необходимо убрать ненужные экземпляры из массива, необходимо открыть вкладку “Удаленные экземпляры” и на поле построения выбрать ненужные фантомы элементов массива (рисунок 5.7).

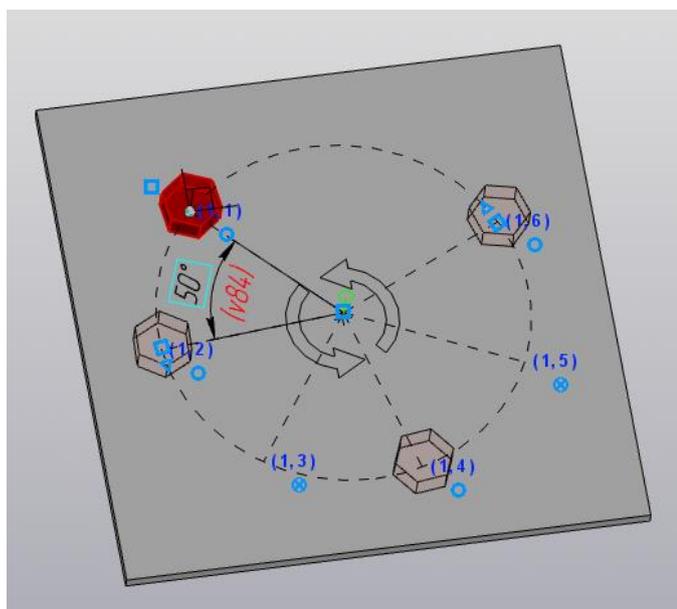


Рисунок 5.7 – Изменение компонентов массива

Также есть параметр «Геометрический массив». Данный параметр следует использовать, если геометрия исходного элемента и экземпляров имеют одинаковую или похожую форму. Если деактивировать флажок «Геометрический массив», а при создании исходного элемента использовалось граничное условие «До объекта», то элементы массива повторят данное граничное условие (рисунок 5.8).

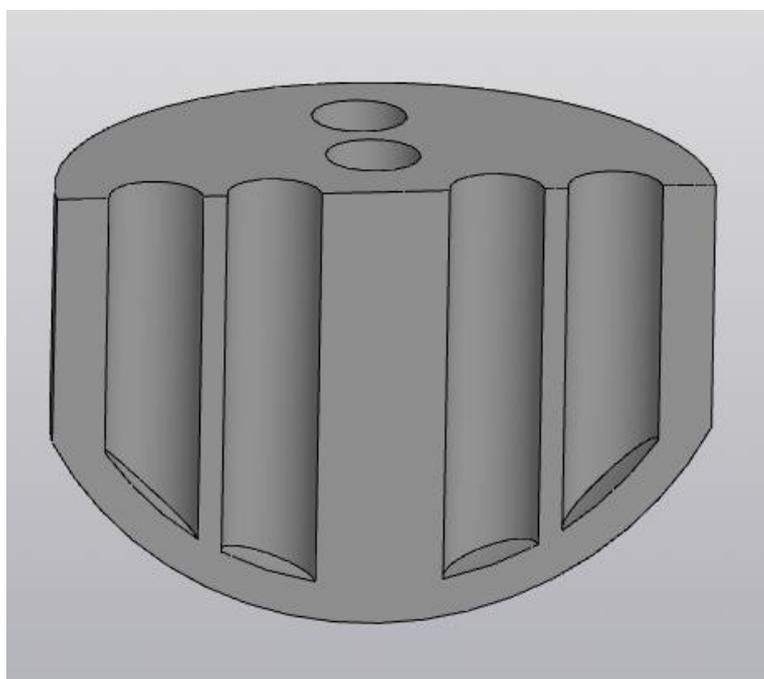


Рисунок 5.8 – Экземпляр с «Геометрическим массивом»

Если активировать флажок “Геометрический массив”, то геометрия исходного элемента копируется, а граничное условие игнорируется.

б. “Зеркальный массив” удобно использовать для зеркального копирования исходного элемента.

Для создания зеркального массива активируется данная операция, указывается операция, которую необходимо скопировать, указывается плоскость, относительно которой необходимо скопировать (рисунок 5.9).

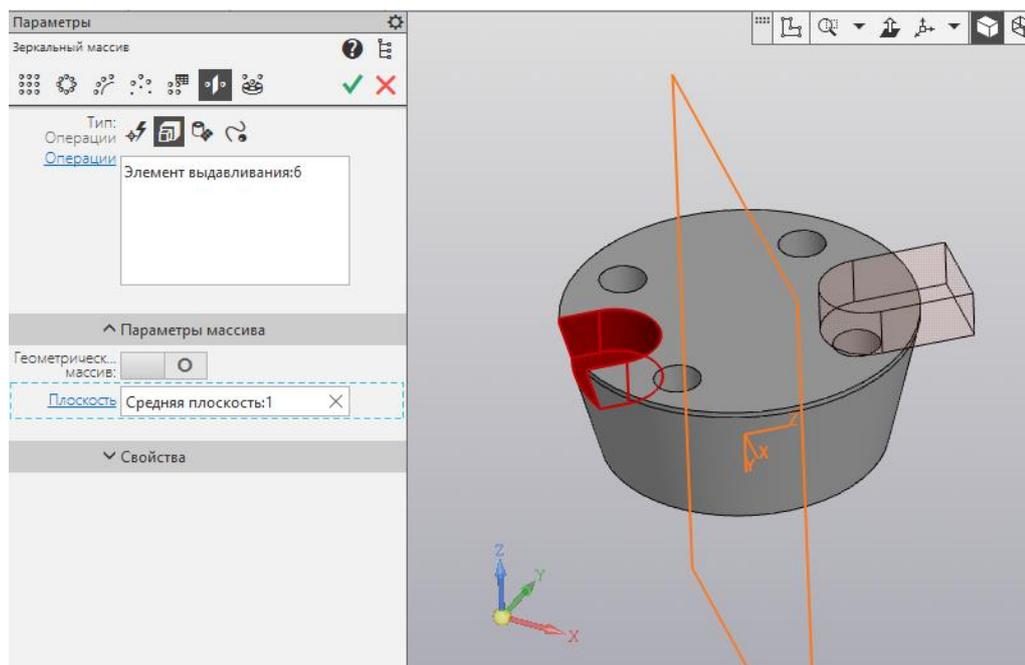


Рисунок 5.9 – Создание зеркального массива

Сами массивы могут быть исходными элементами для других массивов. Активировав операцию “Зеркальный массив”, указав исходным элементом предыдущий зеркальный массив и выбрав плоскость, можно делать копии самого массива (рисунок 5.10).

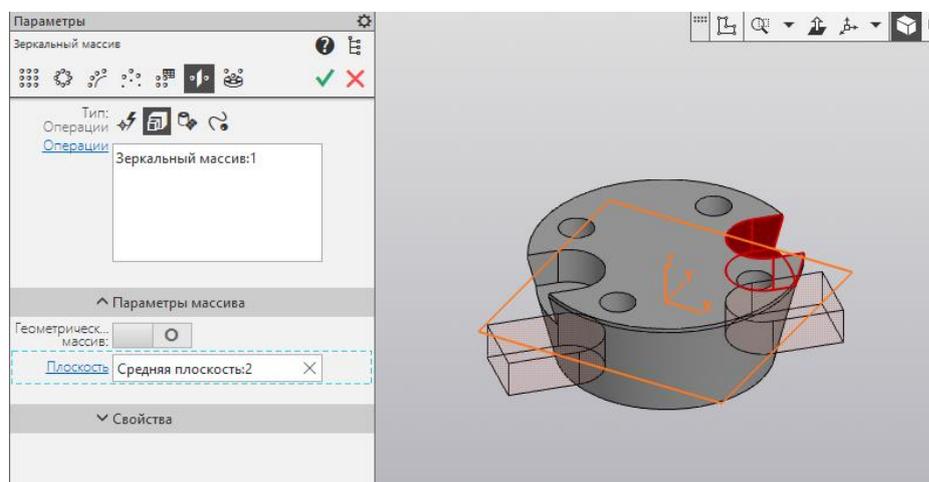


Рисунок 5.11 – Операция «Зеркальный массив»

4. Для создания массива по точкам, необходимо выбрать операцию “Массив по точкам”, указать исходный элемент и указать точки, в которых будут располагаться элементы массива.

Точки можно задать при помощи эскиза, так и использовать операцию “Точка по координатам” или другие. При необходимости выбирается базовая точка на исходном элементе и указывается ориентация элементов массива (рисунок 5.12).

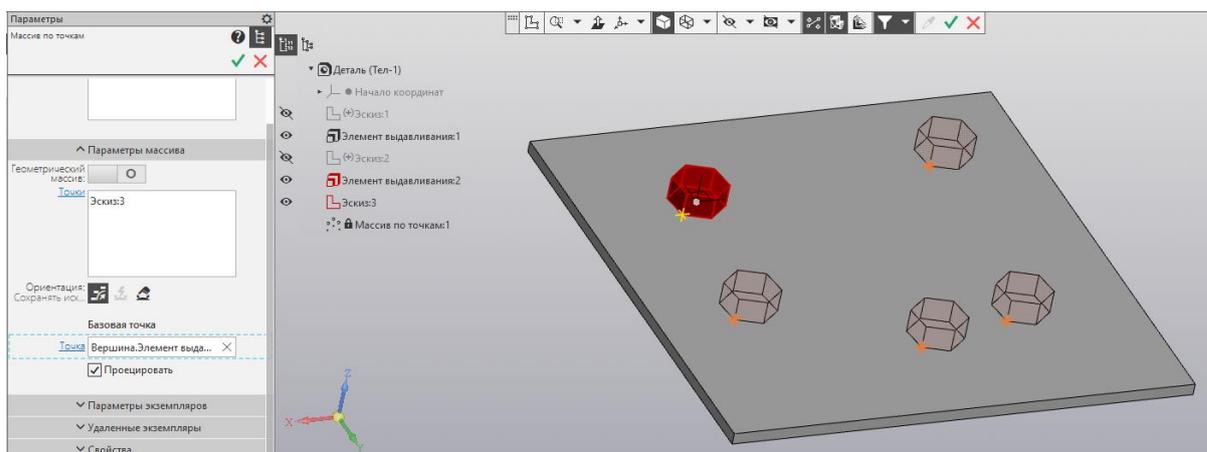


Рисунок 5.12 – Операция «Точка по координатам»

3. Массив вдоль кривой. Рассмотрим массив вдоль кривой на примере. Допустим есть деталь, одна сторона которой сделана с помощью сплайна (рисунок 5.13):

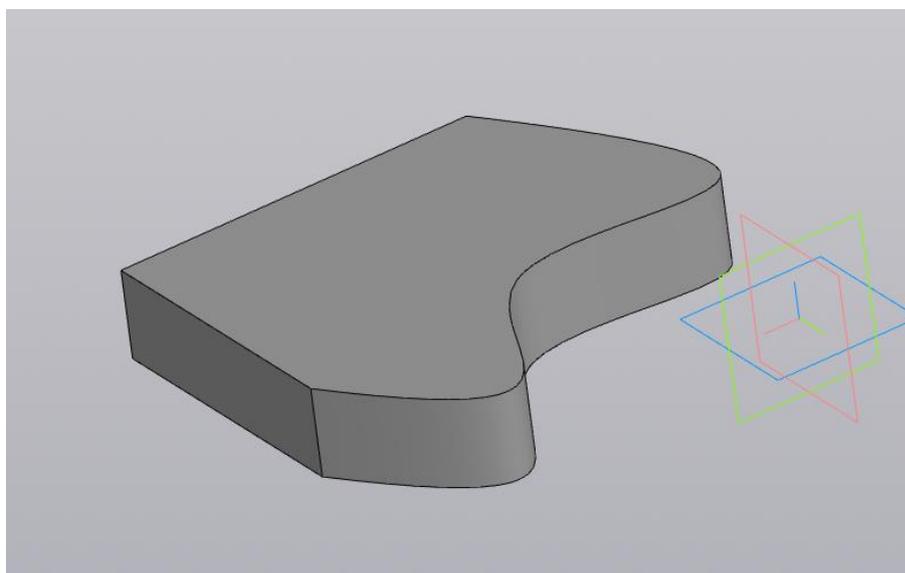


Рисунок 5.13 – Деталь со стороной, сделанной с помощью операции «Сплайн»

И вдоль этой стороны необходимо сделать ряд отверстий. Необходимо на стороне, в которой должны быть отверстия, создать эскиз, на котором нарисовать отверстие и при помощи команд «Спроецировать объект» и «Эквидистанта» создать кривую, которая будет начинаться в начале отверстия (рисунок 5.14):

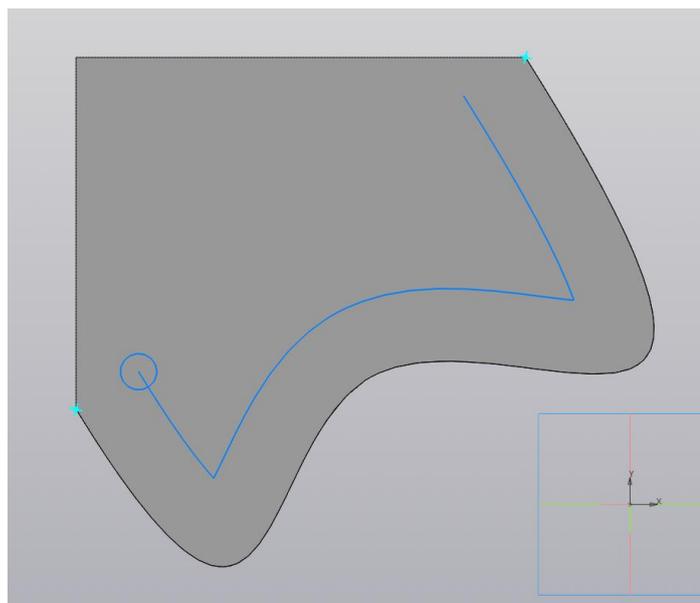


Рисунок 5.14 – Команды «Спроецировать объект» и «Эквидистанта»

После чего необходимо выдавить отверстие по эскизу и, перейдя в вкладку «Каркас и поверхности», выбрать операцию «Сплайн по объектам» и создать сплайн по кривой с эскиза, которая была сделана при помощи эквидистанты (рисунок 5.15):

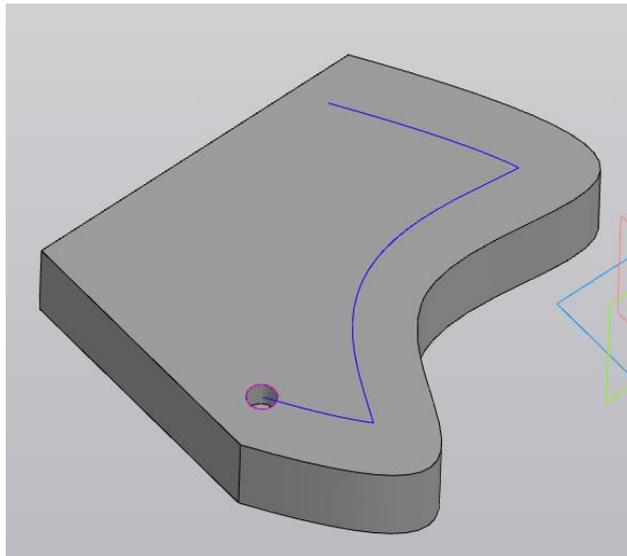


Рисунок 5.15 – Создание отверстия

После этого, переходим к операции массив вдоль кривой, выбираем Отверстие как «Объект» и сплайн как «Кривая» и ввести количество экземпляров:

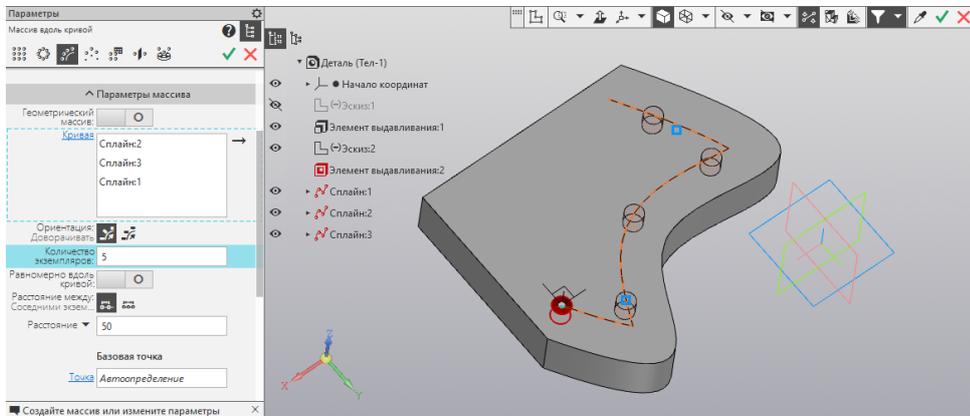


Рисунок 5.16 – Операция «Массив вдоль кривой»

6. Пример создания сложной геометрической детали в САД системе Компас-3Д.

Рассмотрим создание 3д модели крюка (рисунок 6.1). Данный крюк соответствует № 10 по ГОСТ 6627-74 «Крюки однорогие. Заготовки Типы. Конструкция и размеры».

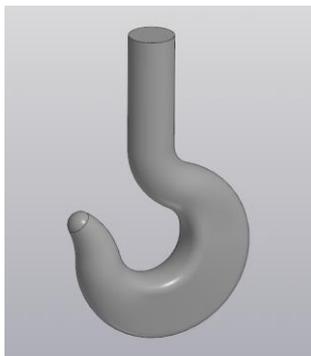


Рисунок 6.1 – Модель крюка

Рассмотрим чертеж крюка (рисунок 6.2):

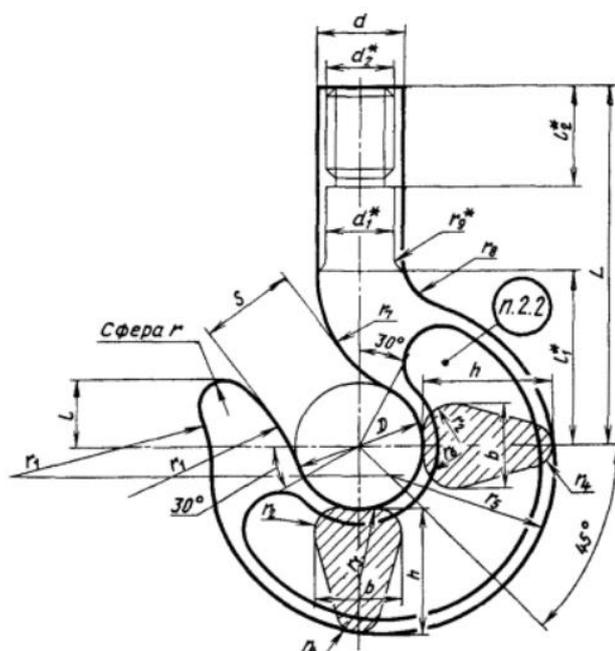


Рисунок 6.2 – Чертеж крюка

Заготовка №10	Размеры, мм
D	55
S	40
L	165
b	34
d	35
h	52
l	30
r	10
r ₁	60
r ₂ =r ₄	8
r ₃	28
r ₅	70
r ₆	38
r ₇	55
r ₈	20

Для построения модели необходимо построить сечения и сплайны и провести операцию «Элемент по сечениям».

Выберем плоскость XY, в начале координат построим окружность. На данном этапе размеры можно указывать только при создании геометрических элементов, а параметризовать не стоит – при выполнении операции «Усечь кривую» размер некоторых элементов удалится.

После окружности строим прямоугольник сверху, ширина которого соответствует $d=35$ мм, а высота произвольная. Верхняя часть прямоугольника расположена относительно начала координат на расстоянии $L=165$ мм. Середины верхней части прямоугольника необходимо выровнять вертикально относительно начала координат при помощи команды «Выравнивание», находящейся в меню «Ограничения». Активировав данную команду, выбираем начало координат детали и точку на середине прямой верхней части прямоугольника. Затем выбираем появившуюся вертикальную линию и выравнивание происходит автоматически. Наложённые ограничения на эскизе отображаются белой пунктирной линией (рисунок 6.3).

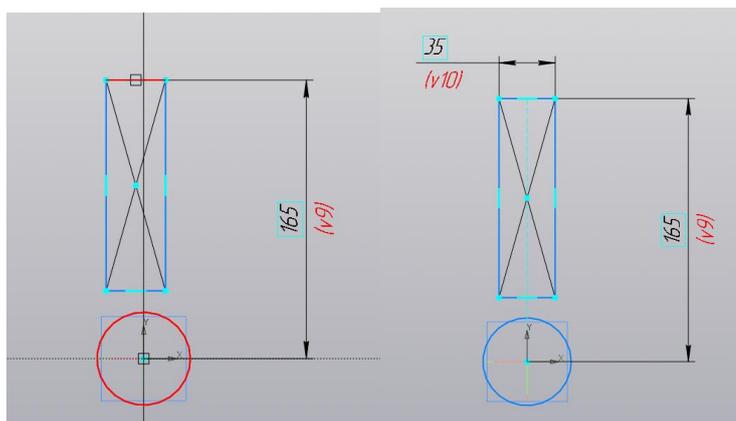


Рисунок 6.3 – Построение окружности и прямоугольника

Передвинем размеры влево для удобства построения. Для этого нажмем на любой элемент размерной линии потянув за появившийся узел перетянем размер в необходимую сторону. Также для контроля накладываемых ограничений и степеней свобод геометрических элементов включим функцию «Отображать степени свободы» (рисунок 6.4).

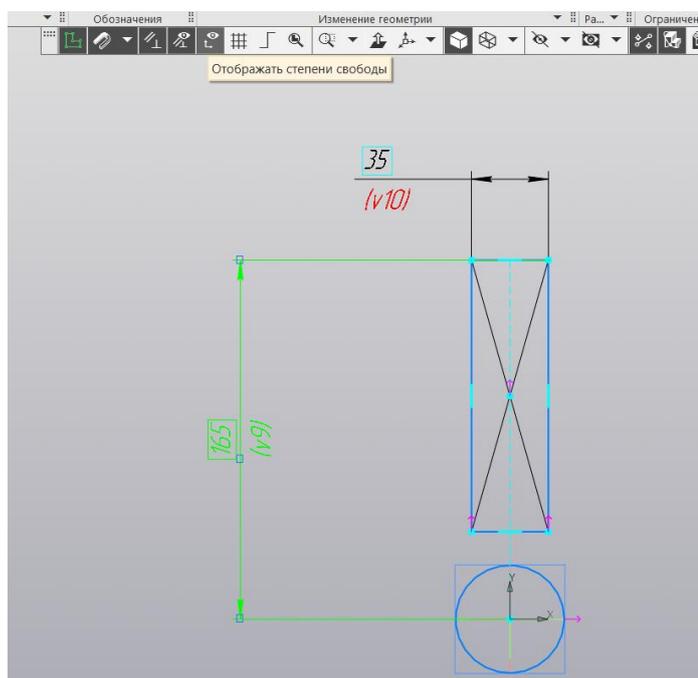


Рисунок 6.4 – Функция «Отображение степеней свободы»

Построение нижней части крюка начнем с построения отрезков от центральной окружности. Данные отрезки будут равны $h=52$ мм и располагаться выровнено вертикально и горизонтально относительно начала координат.

От окружности построим горизонтальную линию вправо чуть выше относительно оси начала координат. Важно проследить чтобы во время выбора первой точки на окружности отображался символ привязки «Точка на кривой». Если попытаться построить точку на оси, то сработает привязка «Ближайшая точка», и тогда начало отрезка не будет привязано к окружности – проследить за этим можно при помощи отображения степеней свободы. Белое перекрестие в точке пересечения отрезка и окружности означает привязку (отрезок нельзя оттащить от окружности) (рисунок 6.4).

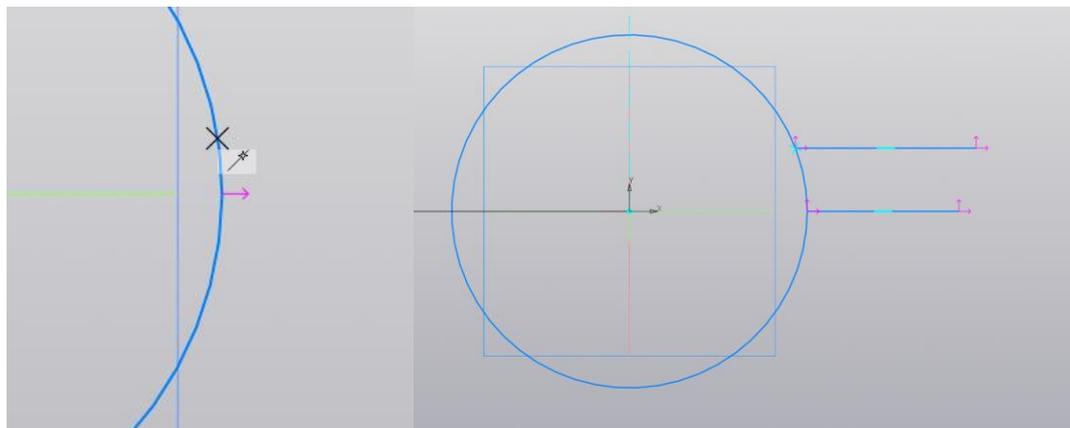


Рисунок 6.4 – Привязка окружности и прямой

Затем выбрав функцию «Выравнивание» выровняем точку начала отрезка на окружности относительно начала координат горизонтально. Аналогичным образом делаем отрезок вертикально вниз с выравниванием. Так как высоты сечений равны, то выберем ограничение «Равенство» и выберем оба отрезка (рисунок 6.5).

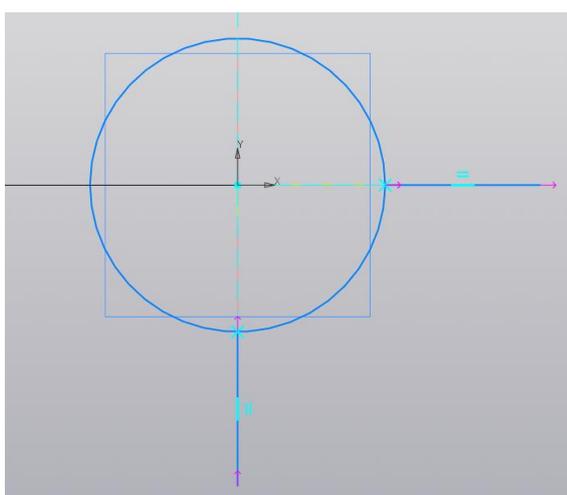


Рисунок 6.5 – Функция «Выравнивание»

Построим вспомогательный отрезок под углом 45 градусов относительно горизонтальной линии. На данной линии построим окружность радиусом $r_5=70$ мм. Важно проследить, что бы окружность не привязалась к середине прямой, так как она должно просто лежать на этой прямой, а в какой точке не важно, после параметризации она займет свое место.

Выбрав горизонтальный отрезок и потянув его крайнюю правую точку до новой окружности, получим привязку «Точка на кривой». Аналогично с вертикальным отрезком (рисунок 6.6).

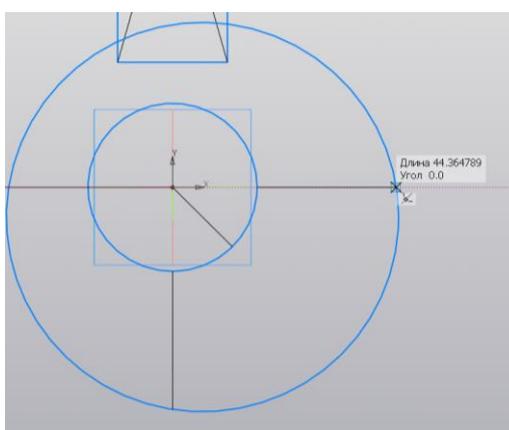


Рисунок 6.6 – Привязка по типу «Точка на кривой»

Используя операцию «Скругление», выполним скругление $r_8=20$ мм между наружной окружностью и правой стенкой прямоугольника (рисунок 6.7).

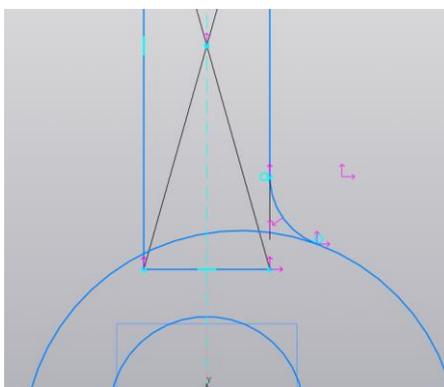


Рисунок 6.7 – Операция «Скругление»

Аналогичным образом сделаем скругление внутренней окружности и левой стенки прямоугольника. Нижнюю полку прямоугольника удалим за ненадобностью вместе с диагональными тонкими линиями прямоугольника и центральной точкой прямоугольника (рисунок 6.8).

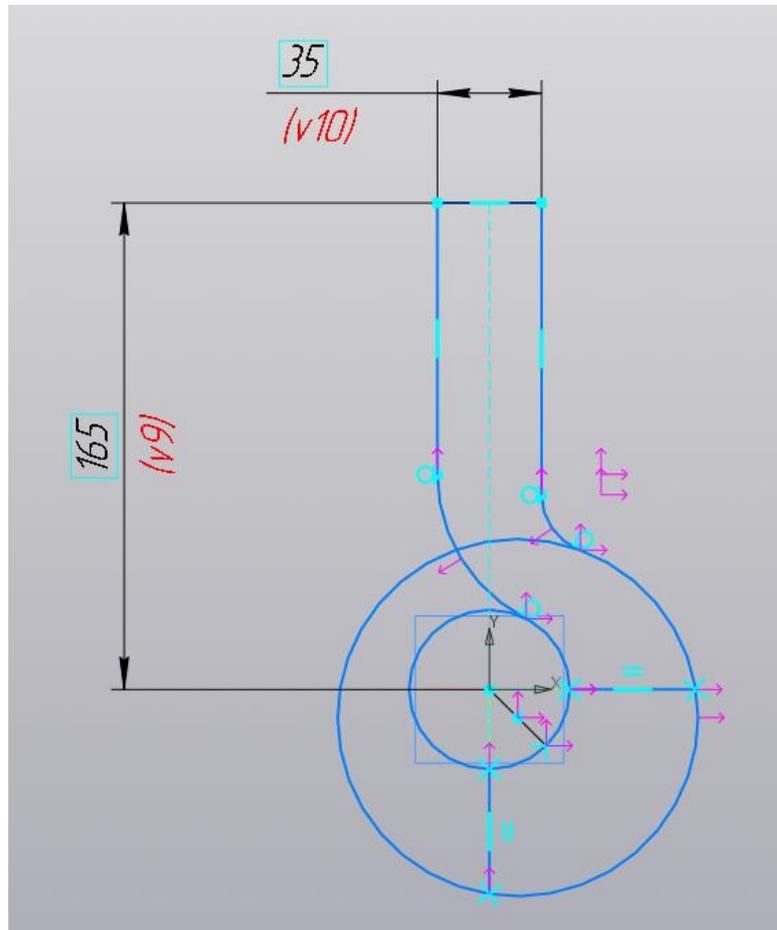


Рисунок 6.8 – Скругление внутренней окружности и левой стенки прямоугольника

Построим окружность радиусом $r=10$ мм левее и относительно окружности большего диаметра и выполним скругление данной окружности относительно внешней окружности (рисунок 6.9).

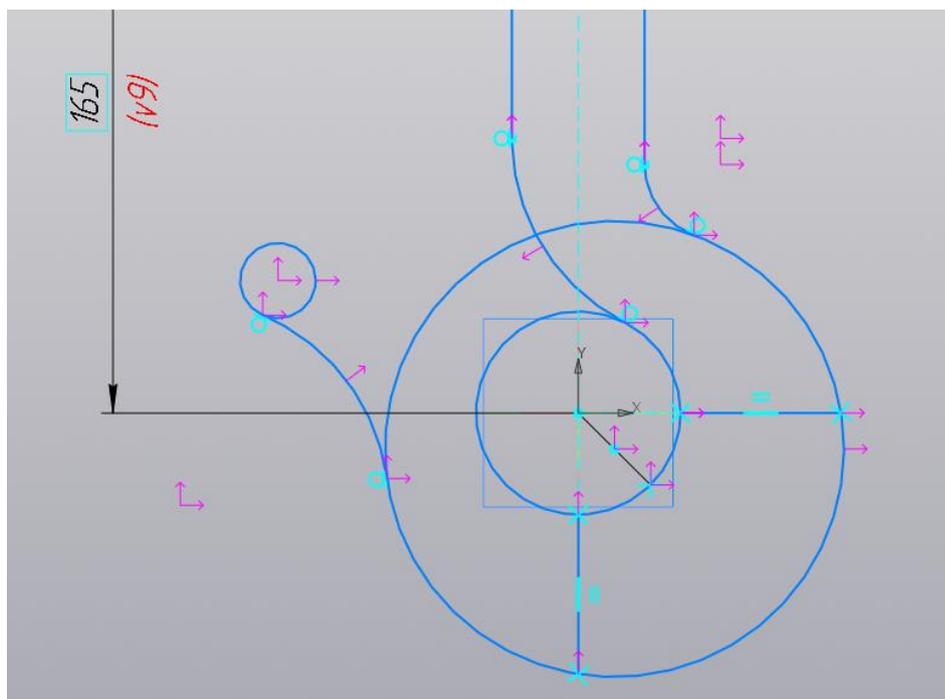


Рисунок 6.9 – Построение дополнительной окружности

Используя операцию «Усечь кривую», которая находится в вкладке «Изменение геометрии», усекаем внешнюю окружность (рисунок 6.10).

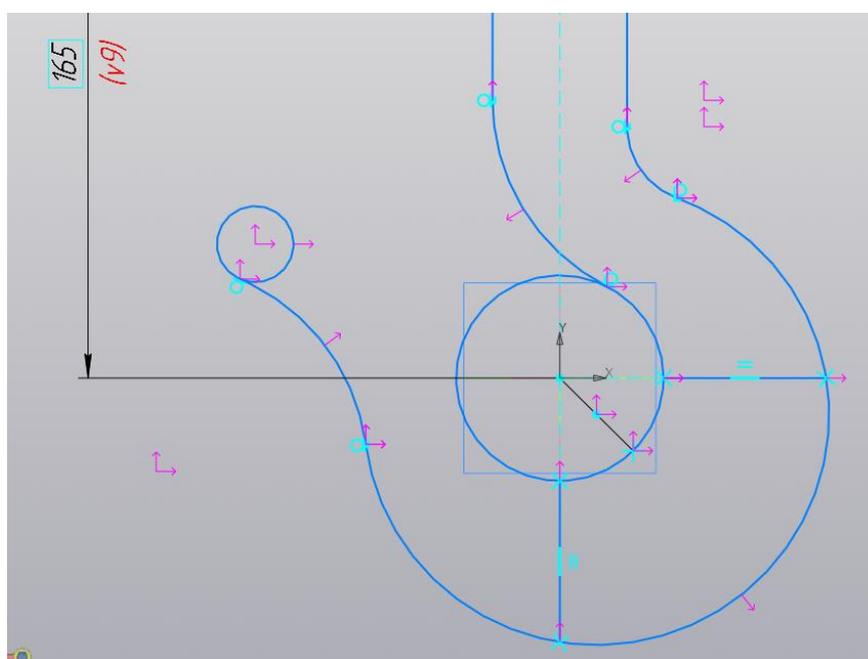


Рисунок 6.10 – Операция «Усечь кривую»

Для построения зева (Зев – это минимальный зазор между концом крюка и основным телом, на чертеже это размер обозначен буквой «S») можно воспользоваться операцией «Эквидистанта», которая находится в меню «Геометрия» (рисунок 6.11). Данная операция может быть свернута в данном меню. Для того, чтобы ее отобразить, необходимо нажать на заголовок меню.

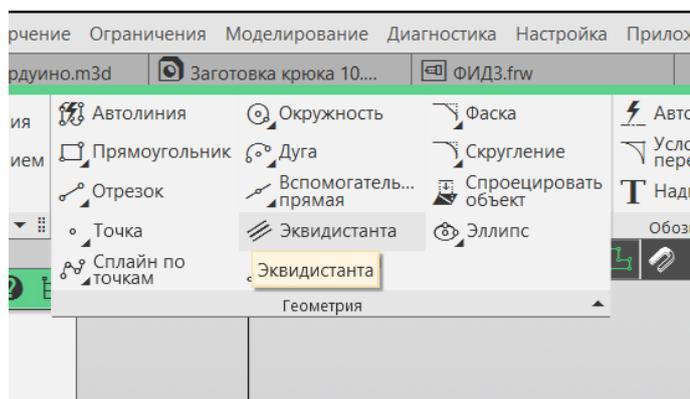


Рисунок 6.11 – Расположение операции «Эквидистанта»

Выбрав нижнюю часть скругления, построим эквидистанту на произвольном расстоянии. После чего необходимо выделить эквидистанту и правой клавишей мыши вызвать меню, где выбрать пункт «Разрушить».

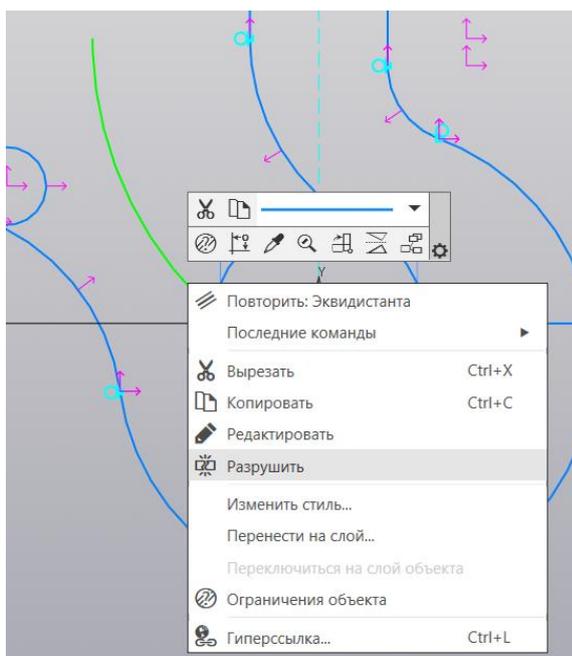


Рисунок 6.12 – Операция «Разрушить»

Сама эквидистанта в данном построении является вспомогательной, и была построена для упрощения получения дуги, концентричной относительно радиуса скругления. Поэтому для правильной параметризации необходимо редактировать ее.

Между полученной дугой и радиусом скругления задаем ограничение «Концентричность» и переводим стиль линии на «Тонкая» (рисунок 6.13).

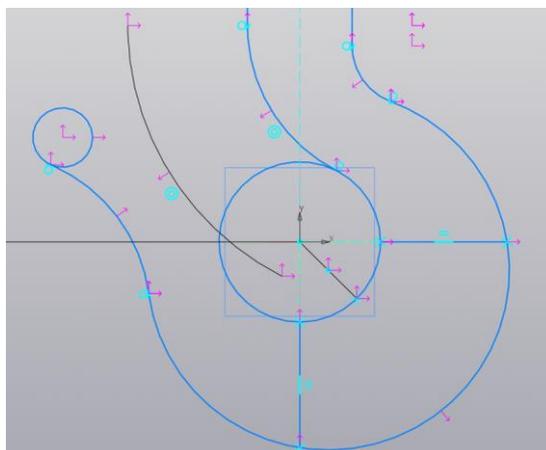


Рисунок 6.13 – Ограничение «Концентричность»

Для замыкания контура воспользуемся операцией «Окружность, касательная к трем кривым», которая находится в меню «Геометрия». Ее можно найти, зажав иконку операции «Окружность», либо выбрать в параметрах при построении окружности (рисунок 6.14).

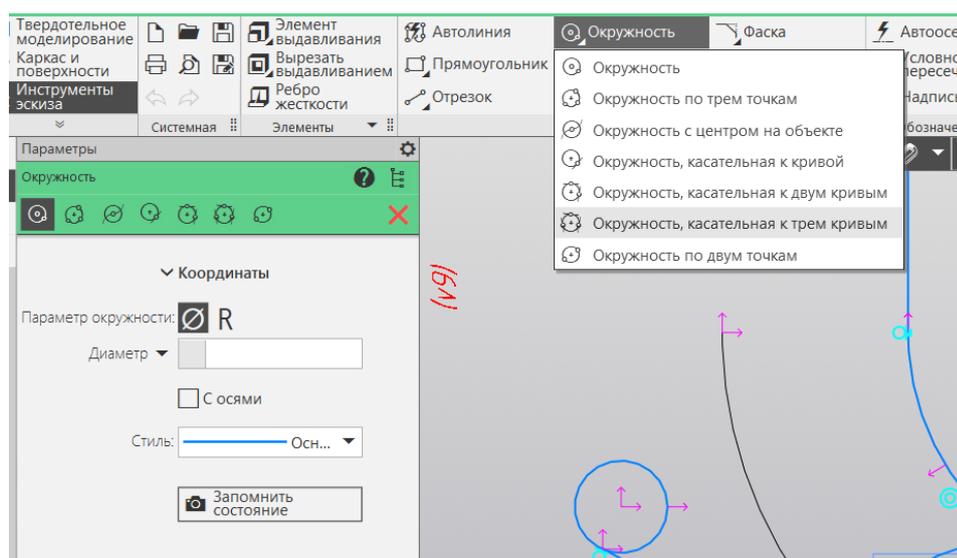


Рисунок 6.14 – Окружность, касательная к трём кривым

Выбрав центральную окружность, бывший эквидистанту и малую окружность радиусом $r=10$ мм программой будет предложено множество различных окружностей. Из данного набора выбираем наиболее подходящую нажатием на ее фантом (рисунок 6.15).

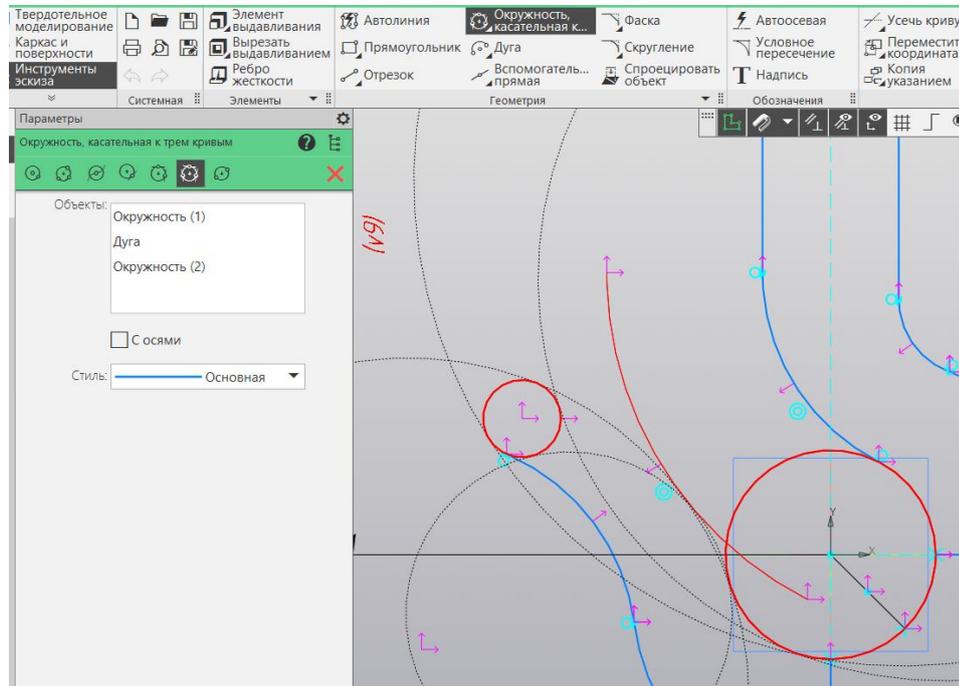


Рисунок 6.15 – Выбор окружности для касания

После выполнения построения окружности усекаем лишние элементы окружности, пересекающие контур.

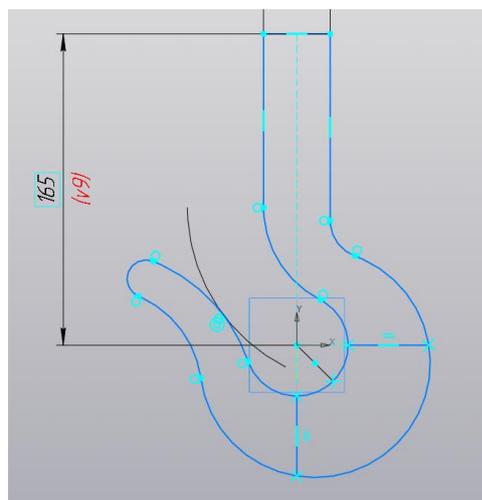


Рисунок 6.16 – Усечение лишних элементов окружности

Для удобства параметризации и задания размеров построим горизонтальный отрезок над дугой радиусом $r=10$ мм. Стиль отрезка поменяем на «Тонкий» и укажем ограничение «Касание» к дуге (рисунок 6.17).

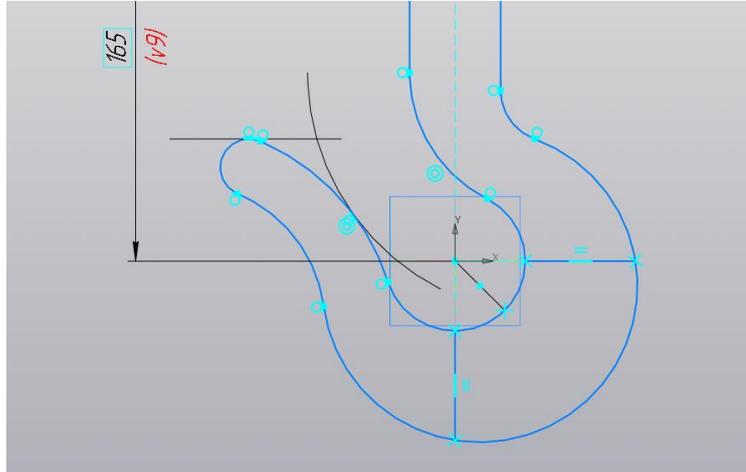


Рисунок 6.17 – Создание отрезка для удобства параметризации

Построение контура завершено. На данном этапе необходимо параметризировать эскиз, указав размеры (рисунок 6.18).

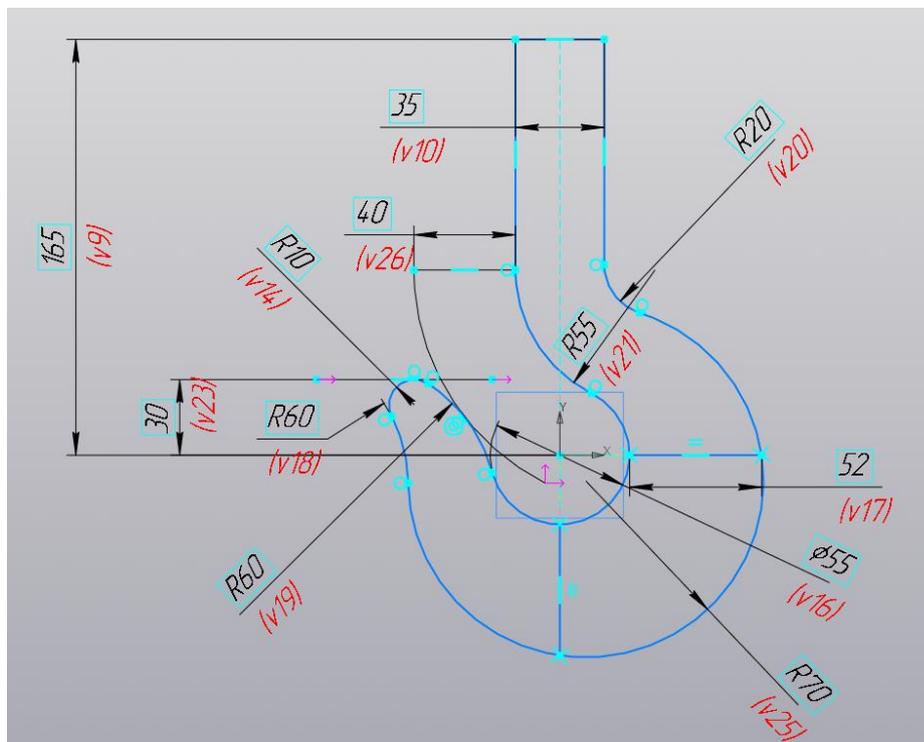


Рисунок 6.18 – Указание размеров на эскизе

После указания размеров степени свободы должны остаться только у вспомогательных линий построения. Данным способом можно контролировать правильность построения.

При невозможности задать размер из-за ограничений необходимо перепроверить правильность ограничений при помощи команды «Ограничения объекта». При обнаружении лишнего ограничения его необходимо удалить. При невозможности обнаружения ошибки рекомендуется перестроить проблемный участок.

Построим линии перехода сечений. На эскизе в ГОСТ указан угол 30 градусов, где сечение переходит из круглого в сложную форму. Также необходимо указать сечение у дуги окружности радиусом $r=10$ мм и при переходе от прямоугольника шириной 35 мм на сгиб. Чем больше сечений будет указано, тем точнее будет построение.

Проекция сечения в 30 градусов удобнее указать при помощи построения дополнительных отрезков. От центра к внешней дуге строится отрезок, указываются углы и меняется стиль на «Тонкий». Затем поверх данных линий строятся основные линии проекции сечения.

Линии перехода у дуг скругления и прямоугольника строятся отрезками от точки перехода дуг при касании. Вспомогательную дугу необходимо продлить до точки пересечения прямоугольника и дуги скругления, после чего проставить размер (это и будет размер зева).

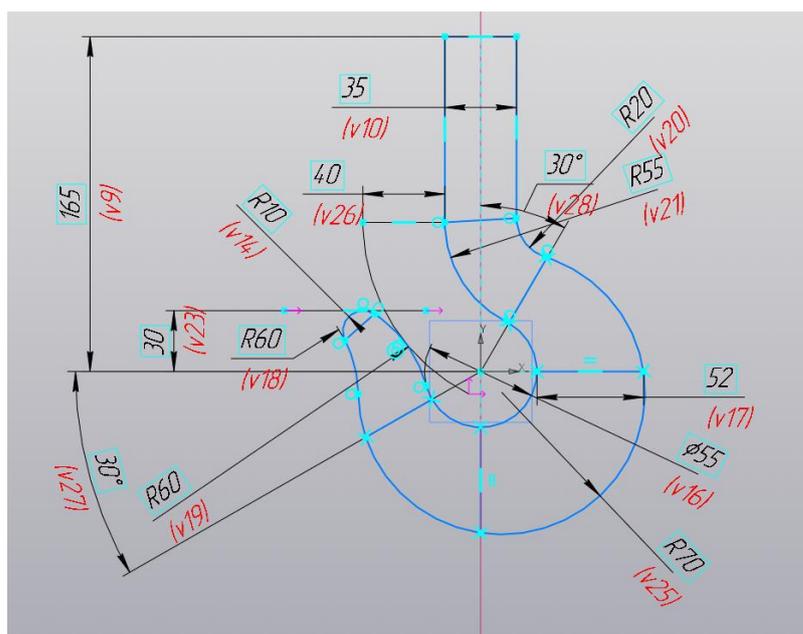


Рисунок 6.19 – Построение линий перехода у дуг скругления и прямоугольника

Выйдя из эскиза, можно убедиться в правильности отсечения линий. Построим сплайны для того, чтобы в будущем использовать их как направляющие кривые при выдавливании. Для построения сплайна перейдем из меню «Твердотельное моделирование» в меню «Каркас и поверхности». В меню «Каркас», раскрыв его, выберем операцию «Сплайн по объектам» (рисунок 6.20).

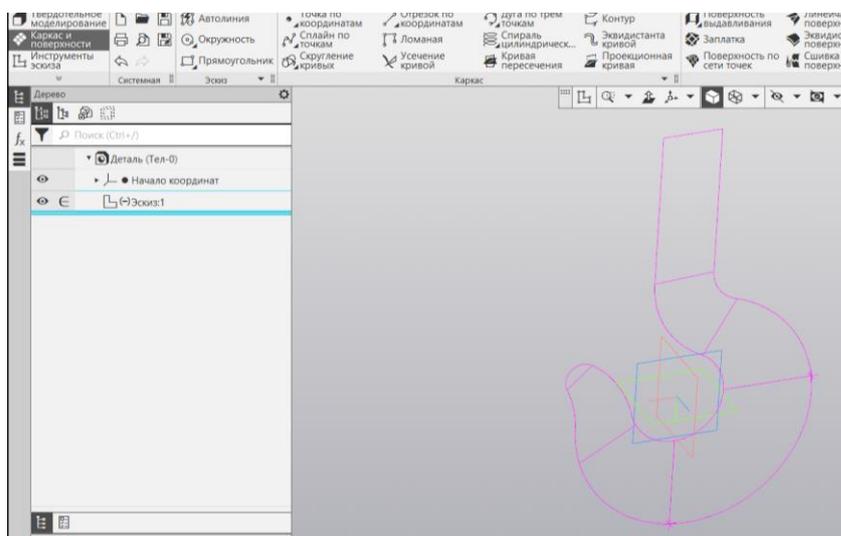


Рисунок 6.20 – Операция «Сплайн по объектам»

Выбирая части предыдущего эскиза в состав сплайна, необходимо внимательно контролировать замкнутость контура, не пропуская небольшие малозаметные отрезки.

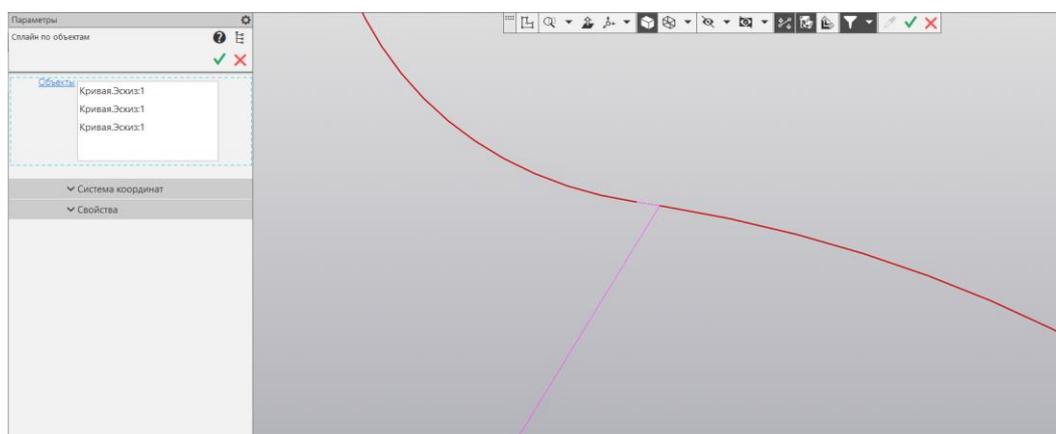


Рисунок 6.21 – Пример незамкнутого контура

Выбрав все отрезки, создаем сплайн. Аналогичным способом создаем сплайн внутреннего контура (рисунок 6.22).

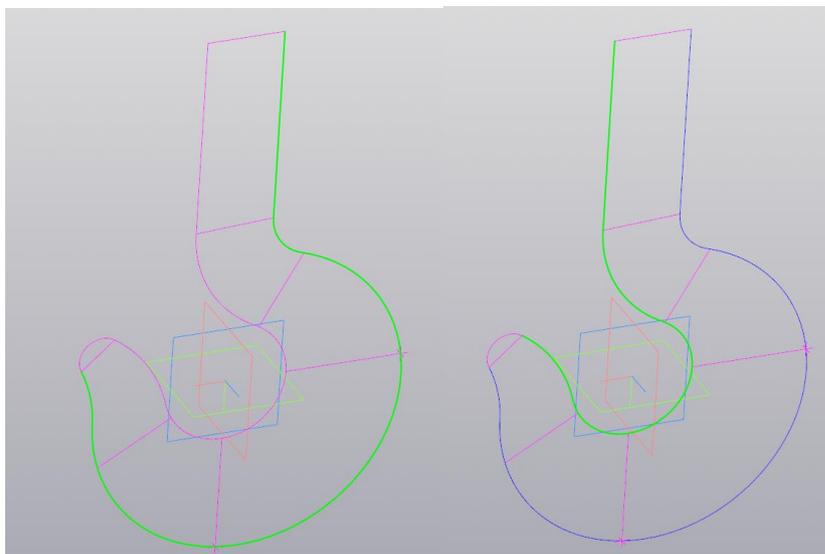


Рисунок 6.22 – Создание сплайна внутреннего контура

Создаем плоскости сечения. Воспользуемся командой «Плоскость через ребро параллельно/перпендикулярно другой грани» (Она находится в группе «Смещённая плоскость»). Выбрав перпендикулярность, ребро и плоскость построения основного эскиза, строится первая плоскость, как и остальные (рисунок 6.23).

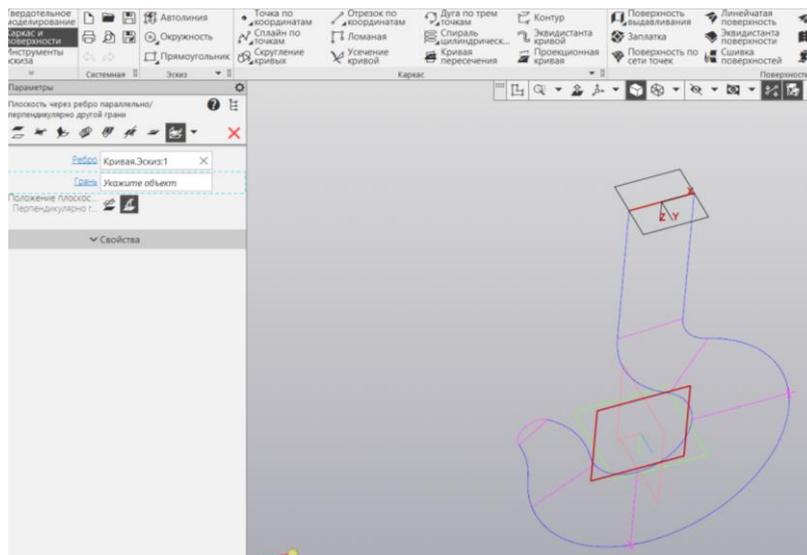


Рисунок 6.23 – Создание плоскости сечения

Построив все плоскости, необходимо на данных плоскостях отобразить сечения. Для всех плоскостей, кроме тех, что присутствуют на эскизе в ГОСТ, сечения выполняются круглыми с диаметрами, совпадающими с проекцией основного эскиза. Например, выберем плоскость у сферического наконечника. Выделив ее, выполняем команду «Создать эскиз».

Для удобства построения в данных простых сечениях можно сразу после вызова команды «Создать эскиз» отменить перемещения ориентации вида по нормали к плоскости эскиза, нажав на среднее колесико мыши, прокрутив колесико мыши, либо правую кнопку мыши (джойстики перемещения камеры) (рисунок 6.24).

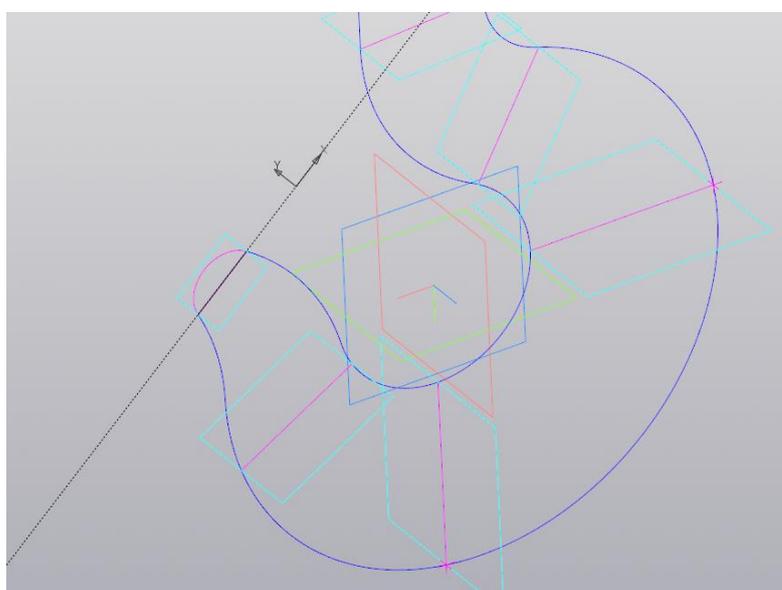


Рисунок 6.24 – Отмена перемещения ориентации вида по нормали к плоскости эскиза

Для построения сечения спроецируем линию с основного эскиза. Открыв операцию «Спроецировать элемент» и выбрав отрезок основного эскиза, пересекающий плоскость сечения, проецируем отрезок, из центра которого строится окружность. При помощи ограничения «Точка на кривой», окружность сопрягается с линией проекции. Стиль линии проекции изменяется на «Тонкий» (рисунок 6.25).

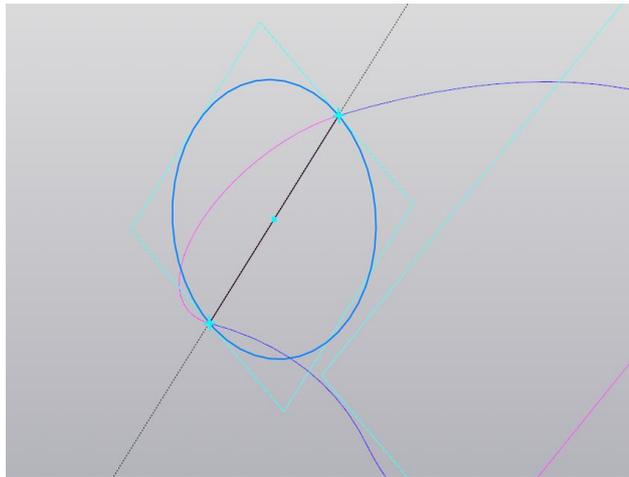


Рисунок 6.24 – Сопряжение окружности с линией проекции

Аналогичным способом делаются остальные круглые сечения. Наложение ограничений окружности сечения к проекции необходимо при изменении размеров основного эскиза (рисунок 6.25).

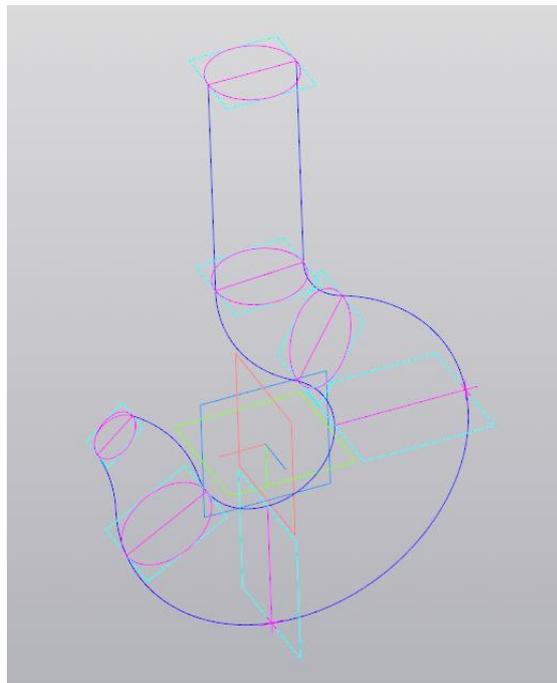


Рисунок 6.25 – Создание круглых сечений

Построим нижнее сечение. Для удобства в виде изометрии выполняем операцию «Спроецировать элемент». Остальные элементы, мешающие восприятию плоскости

построения, можно скрыть, перейдя в дерево построения и скрыв необходимые элементы (рисунок 6.26).

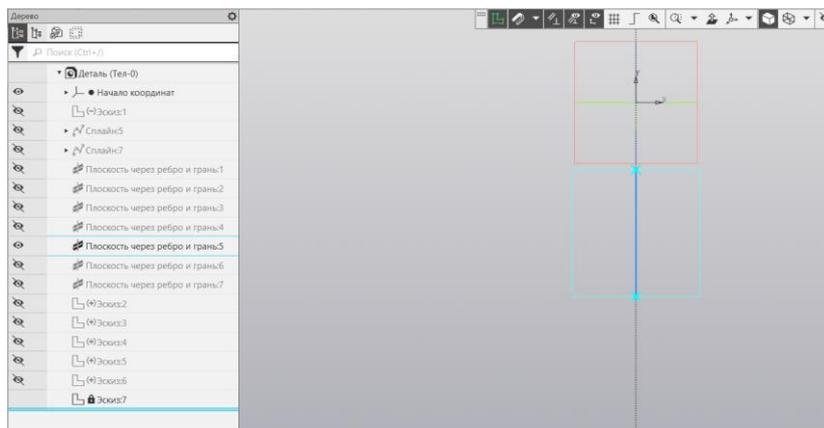


Рисунок 6.26 – Операция «Спроецировать элемент»

На линии-проекции строятся две произвольные окружности и при помощи ограничения «Точка на кривой», привязываются к концам отрезка.

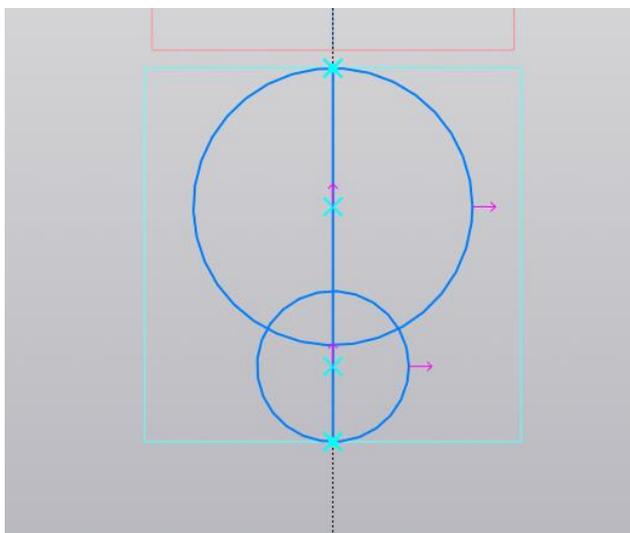


Рисунок 6.27 – Построение произвольных окружностей для привязки к концам отрезка

Строятся два вертикальных отрезка. Вызвав ограничение «Биссектриса», сначала выбираются противоположные отрезки, а затем осевая линия – линия проекции (рисунок 6.28).

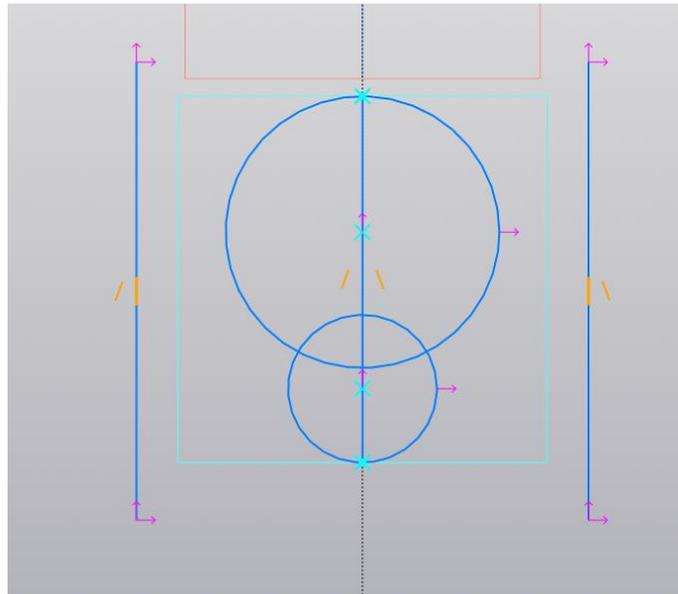


Рисунок 6.29 – Ограничение «Биссектриса»

Для простоты построения радиусов r_2 верхнюю окружность необходимо увеличить шире данных симметричных отрезков. Для этого достаточно взять окружность за контур и потянуть вниз (рисунок 6.30).

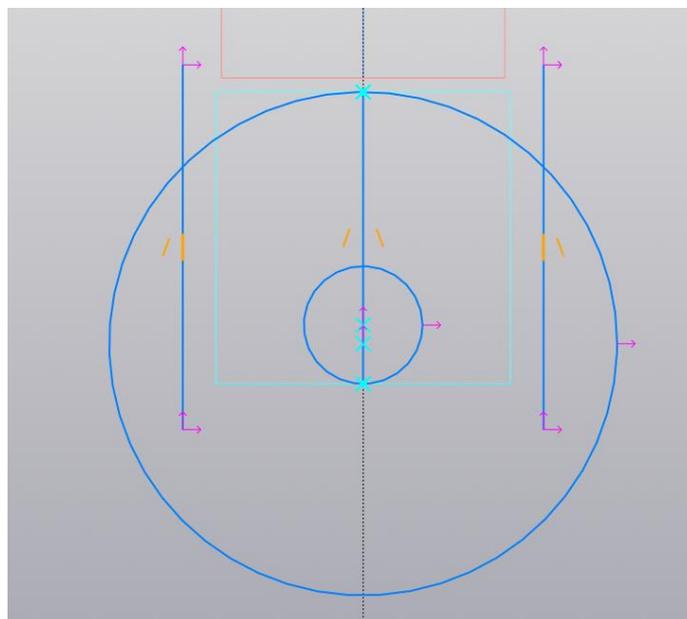


Рисунок 6.30 – Построение радиусов r_2

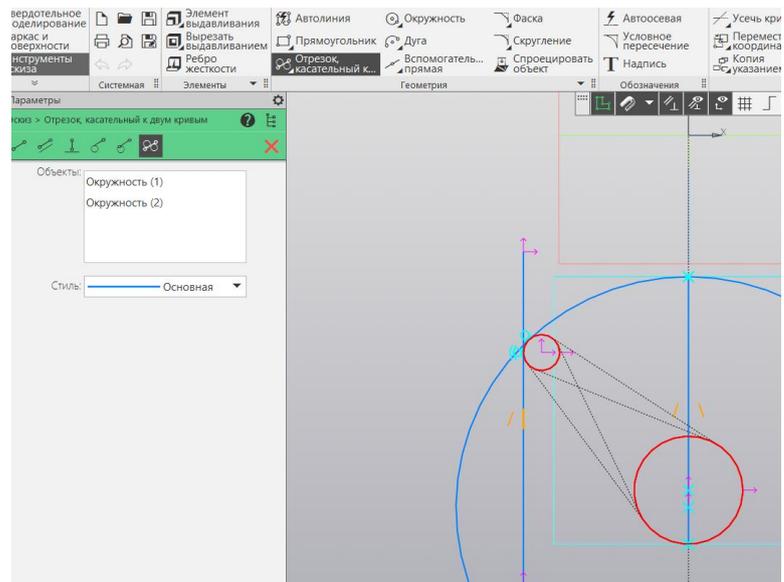


Рисунок 6.32 – Операция «Отрезок, касательный к двум кривым»

Отсекаются лишние линии, у вспомогательных линий и линии проекции изменяется стиль на «Тонкий». Если пока не понятно, какие именно прямые необходимо отсечь, то необходимо просто читать дальше, ниже будет рисунок с необходимыми прямыми.

Если при простановке размеров произошло искривление контура эскиза, можно попробовать отменить изменения и наложить больше параметрических связей.

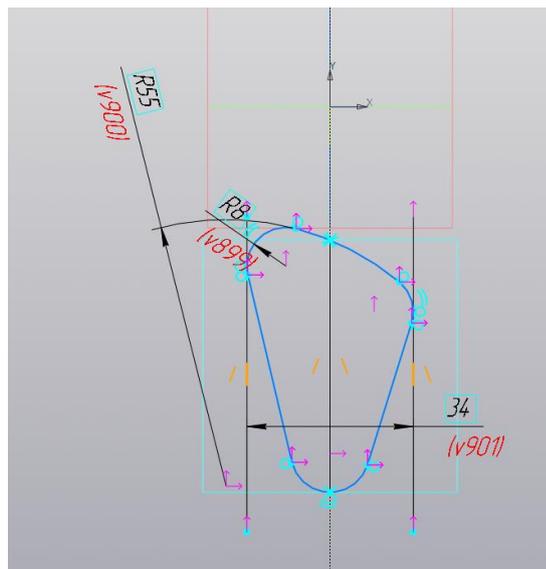


Рисунок 6.33 – Наложение параметрических связей

Данная проблема произошла из-за отсутствия привязки центральных точек радиусов относительно центральной линии. Поочередно выбирая центральную линию и вершину радиуса и используя ограничение «Точка на кривой», можно легко вернуть эскиз на место, то есть на спроецированную в самом начале прямую. Отсутствие степеней свобод показывает правильность наложения параметрических связей (рисунок 6.34).

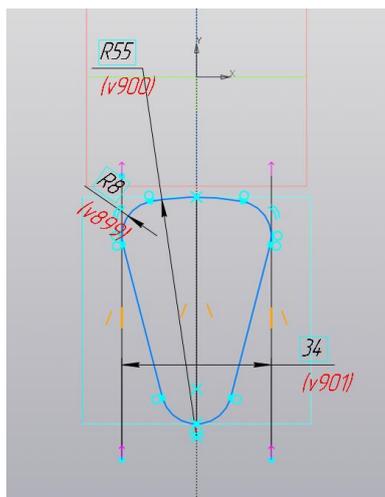


Рисунок 6.34 – Возвращение эскиза на место

Радиус нижней окружности, по чертежу, такой же, как и у боковых, то есть 8мм ($r_2 = r_4$). Аналогичным образом строится второе некруглое сечение (рисунок 6.35).

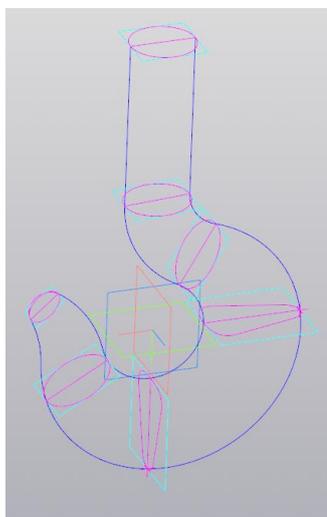


Рисунок 6.35 – Построение некруглого сечения

Построив сплайны и сечения, можно выполнить операцию «Элемент по сечениям». Выбирать сечения необходимо по порядку расположения их в теле. Выбор можно осуществлять прямо на поле построения и в дереве построения (рисунок 6.36).

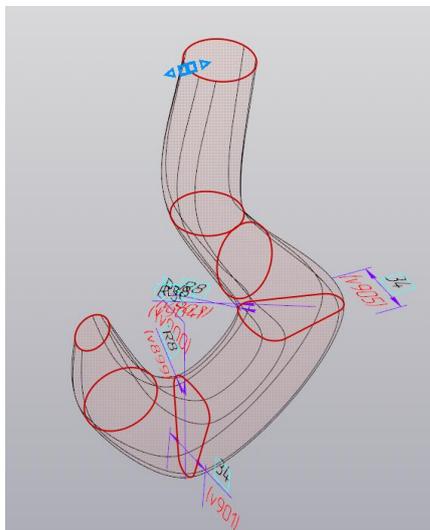


Рисунок 6.36 – Операция «Элемент по сечениям»

После выбора сечений необходимо указать сплайны. Для этого необходимо открыть подменю «Направляющие кривые» и выбрать сплайны в дереве построения или на поле построения.

Получим данную модель. Для того, чтобы скрыть эскизы и плоскости построения, необходимо нажать на кнопку «Скрыть все вспомогательные объекты» (рисунок 6.37).

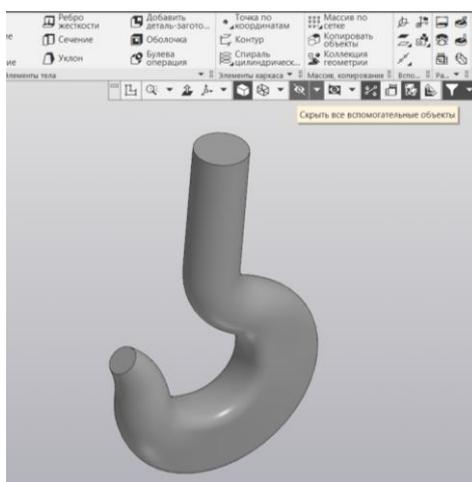


Рисунок 6.37 – Операция «Скрыть все вспомогательные объекты»

Для завершения построения необходимо на плоскости XY построить эскиз и спроецировать дугу радиусом $r=10$ мм и изменить стиль спроецированной линии на «Тонкий». Данная проекция позволяет определить центр данной дуги для построения окружности. При помощи ограничения «Равенство» делаем равными радиусы спроецированной дуги и построенной окружности.

Построив вертикальную линию через центр окружности, отсекь одну из половин для получения сечения вращения. Для того, чтобы не пришлось указывать ось вращения в параметрах операции, можно указать ось вращения при помощи команды «Автоосевая» (рисунок 6.38).

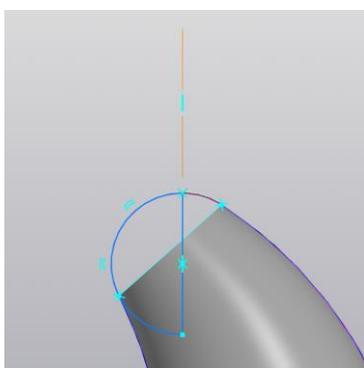


Рисунок 6.38 – Команда «Автоосевая»

Выполнив операцию «Элемент вращения», получаем шар-наконечник (рисунок 6.39).

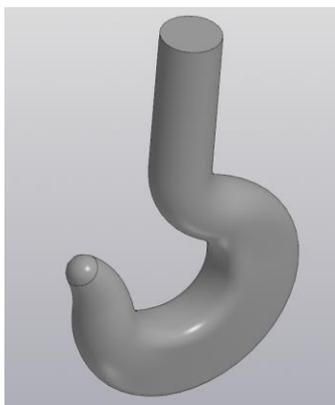


Рисунок 6.39 – Конечный вид тела

Задание выполнено.

7. Трёхмерные сборки.

До этого мы разбирали создание деталей, то есть неделимых единиц, но единичные детали нужны достаточно редко, чаще нужны установки. В Компас-3D есть возможность не просто создавать сборки, но и анимировать их, чтобы посмотреть, как будет работать конечная установка.

7.1 Взаимное позиционирование компонентов.

Для создания сборки необходимо правильно разместить компоненты друг относительно друга. В режиме сборки мы можем задавать зависимости между элементами. Но необходимо понимать, что эти зависимости нужны не для разового размещения деталей, а именно задания зависимостей между ними, то есть если мы совместили 2 детали при помощи зависимостей, то при смещении одной из них, вторая будет смещена тоже. Рассмотрим каждый из способов задания зависимостей:

- Совпадение. Если выбраны 2 плоские поверхности, то они будут лежать в одной плоскости. Если тела соединились неправильно, необходимо поставить галочку в пункте «Обратная ориентация». Фиксирует 3 степени свободы, 2 вращательные и 1 поступательную.

Допустим, что необходимо совместить 2 детали по выделенным плоскостям (рисунок 7.1):

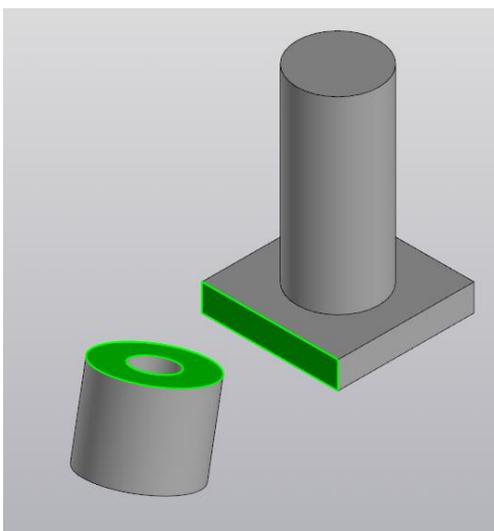


Рисунок 7.1 – Задание зависимости по типу «Совпадение»

Применим функцию совпадение и выберем выделенные плоскости (рисунок 7.2):

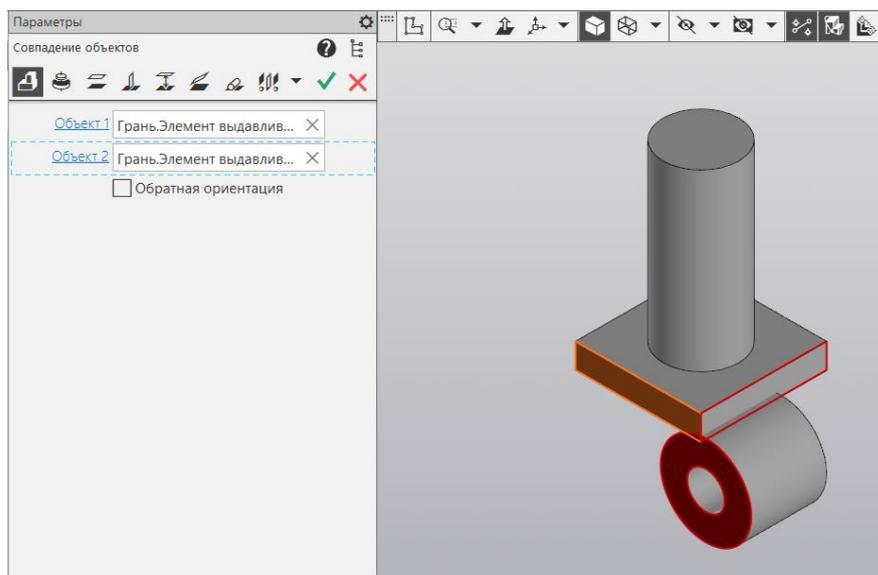


Рисунок 7.2 – Применение функции «Совпадение»

Компоненты совместились неправильно, поэтому включим обратную ориентацию (рисунок 7.3):

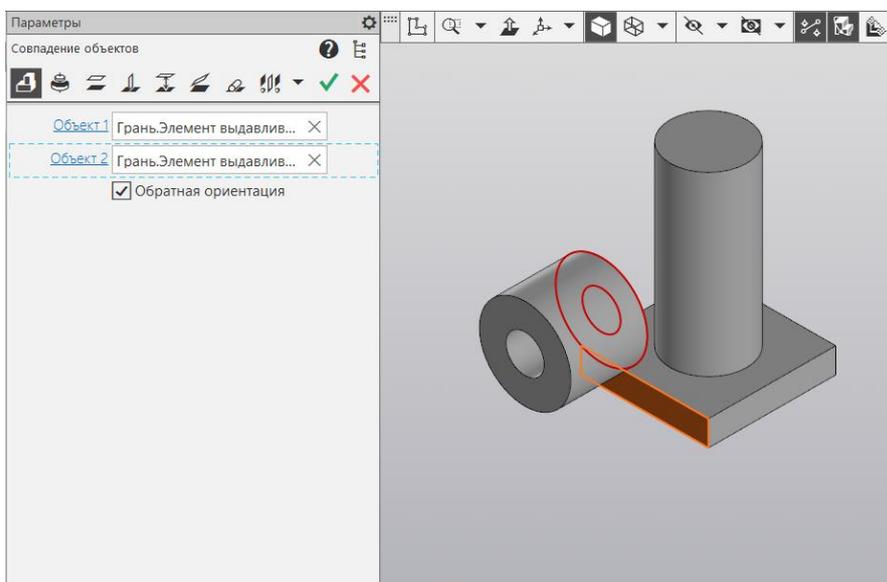


Рисунок 7.3 – Функция «Обратная ориентация»

- Соосность. Размещает на одну ось указанные объекты. Это могут быть грани, цилиндрические поверхности, оси. Фиксирует 4 степени свободы, 2 вращательные и 2 поступательны.
- Параллельность. Делает параллельным 2 выбранных объекта. Это могут быть ребра или поверхности. Фиксирует 2 вращательные степени свободы.
- Перпендикулярность. Делает перпендикулярными 2 объекта. Это могут быть ребра или поверхности. Фиксирует 2 вращательные степени свободы.
- На расстоянии. Фиксирует расстояние между выбранными поверхностями или рёбрами. Может быть установлен автоматически или вручную (рисунок 7.4).

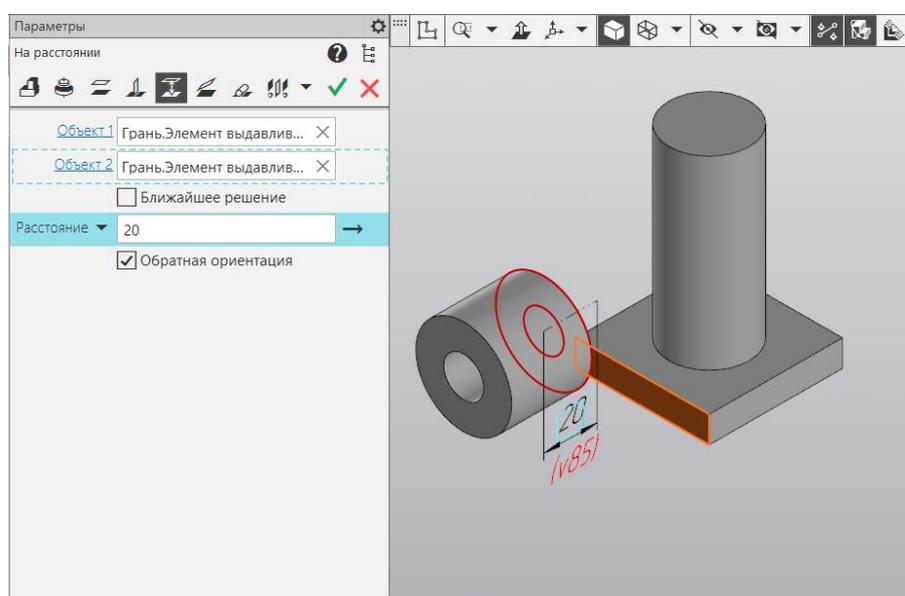


Рисунок 7.4 – Задание зависимости способом «На расстоянии»

Данный параметр может быть зада через переменные.

- Под углом. Задаёт угол между двумя объектами. Это могут быть поверхности или ребра. Может быть задан с помощью переменных.
- Касание. Объекты, к которым будет применяться касание должно иметь или один вариант касания

8.Пример создания сборочной единицы.

Построение деталей и создание сборки для электронной платы (рисунок 8.1).

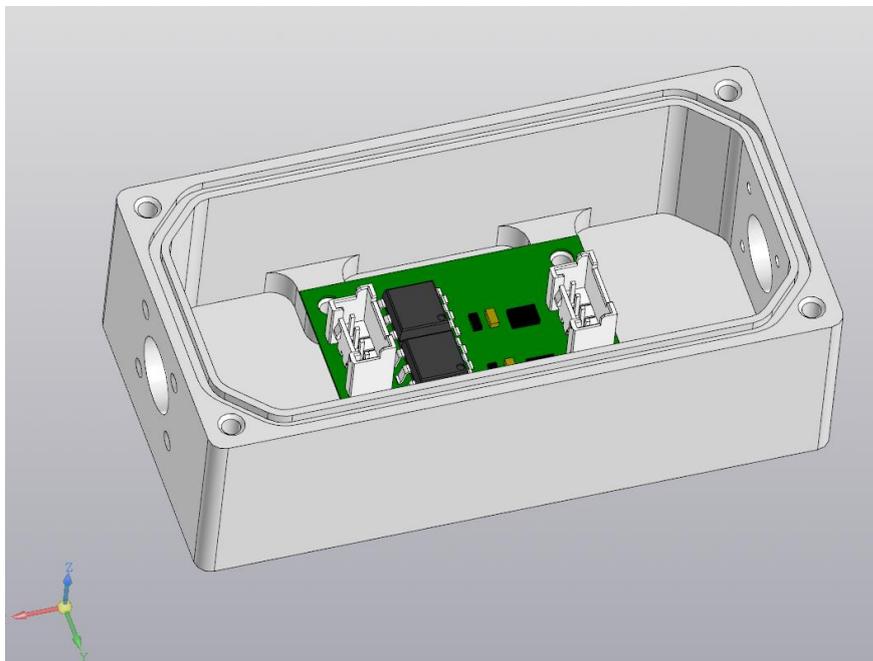


Рисунок 8.1 – Сборка для электронной платы

Необходимо создать корпус для размещения в нем электронной платы и двух типовых разъемов РС4ТВ. Корпус должен иметь крышку и возможность уплотнения от влаги разъема между крышкой и корпусом. Изображение разъема представлено на рисунке 8.2.

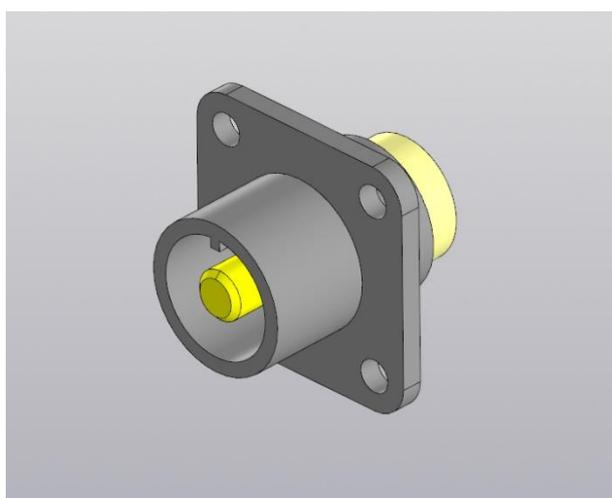


Рисунок 8.2 – Изображение разъёма между крышкой и корпусом

Изображение платы приведено на рисунке 8.3.

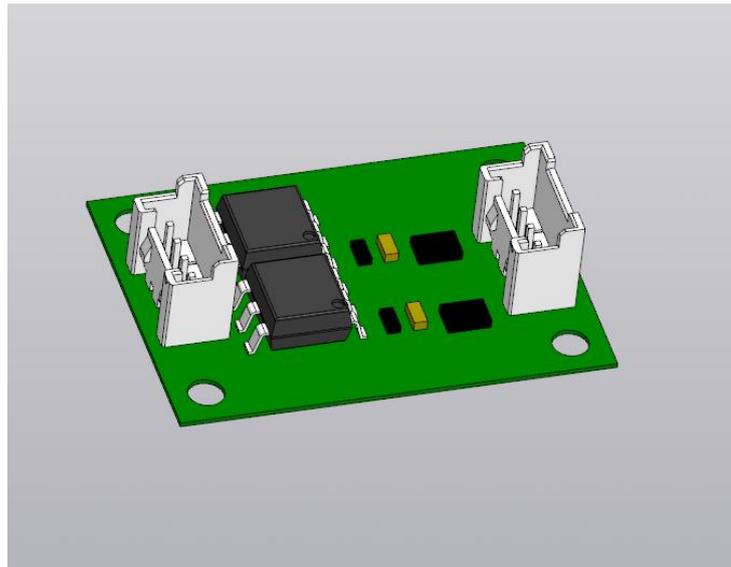


Рисунок 8.3 – Изображение платы

Первым делом необходимо определить размеры платы, размеры выступающих частей и расположение крепежных отверстий. Для этого, открыв модель платы, используем функции “Информация об объекте” и “Расстояние и угол”, которые находятся в меню диагностика. Активировав функцию “Информация об объекте”, наведем курсор на внутренний цилиндр крепежного отверстия. Появится всплывающее окно, где будет указан исходный размер. Если нажать курсором на выбранный цилиндр, то появится окно “Информация”, где отобразится данное измерение. Если продолжить нажимать на интересующие грани и кромки, то в данном окне будет записываться информация по каждому измерению (рисунок 8.4).

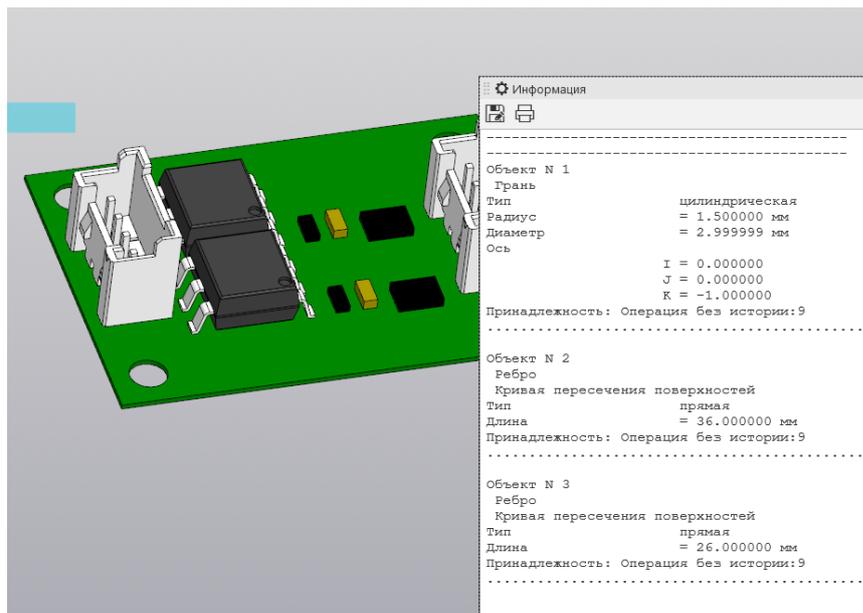


Рисунок 8.4 – Информация о каждом измерении
Полученные данные можно сохранить в текстовый документ.

Для того, чтобы измерить выступающие части электронной платы, воспользуемся функцией «Расстояние и угол». Выбрав плоскость платы и плоскость выступающего снизу контакта платы, получим расстояние между плоскостями и угол (рисунок 8.5).

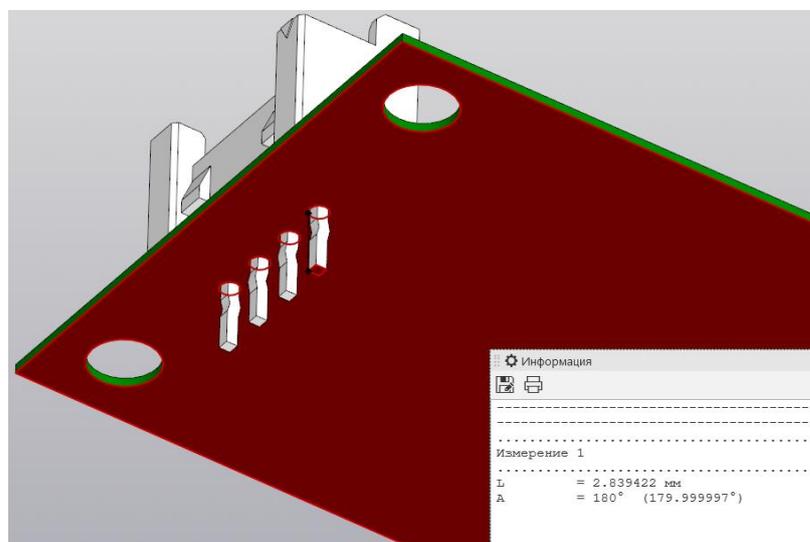


Рисунок 8.5 – Функция «Расстояние и угол»

Зная все необходимые размеры платы, построим модель корпуса. Корпус будет представлять из себя параллелепипед, вытянутый вдоль платы. Дополнительно вдоль платы оставим место под установку разъемов и проводов. Внутри корпуса будут располагаться 4 отверстия для крепления платы. На торце стенок будет выполнена прямоугольная канавка, в которую будет укладываться уплотнительный шнур.

Для этого создадим новую деталь, выберем плоскость XY и начертим основной эскиз. Для удобства изобразим фантом электронной платы. Откроем модель платы, выберем плоскость платы и построим на ней эскиз. Выбрав операцию «Спроецировать объект», укажем на плоскость основания платы и получим проекцию платы на данный эскиз, в которую будут входить наружный контур, крепежные отверстия и прочее.

Для удобства копирования данного фантома, при помощи операции «Вспомогательная прямая», определим точку по центру прямоугольного контура детали. Наведя курсор на центр боковой стороны прямоугольника, произойдет привязка к центру данного отрезка. Таким образом получим центральную точку в месте пересечения вспомогательных прямых (рисунок 8.6).

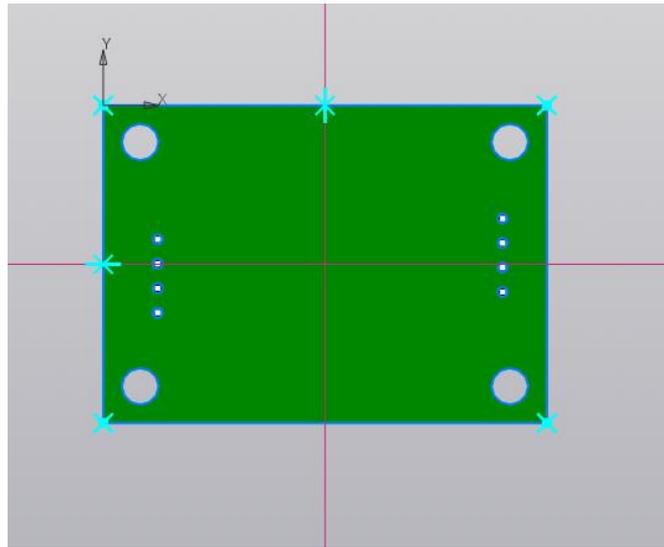


Рисунок 8.6 – Плоскость основания платы

Выделив все линии данного эскиза, копируем его, нажав комбинацию клавиш CTRL+C и указав базовую точку в месте пересечения вспомогательных прямых. Закроем эскиз на основании платы и перейдем к модели корпуса, в котором уже создан и открыт эскиз. Вставляем фантом платы, нажав комбинацию клавиш CTRL+V и указав положение базовой точки в начале координат детали. Выделим все линии данного эскиза и изменим стиль на “Тонкие” для того, чтобы они не были образующими при создании эскиза. Построим прямоугольник по центру и вершине, который будет являться наружный контуром корпуса, и выполним операцию выдавливания на расстояние 20 (рисунок 8.7).

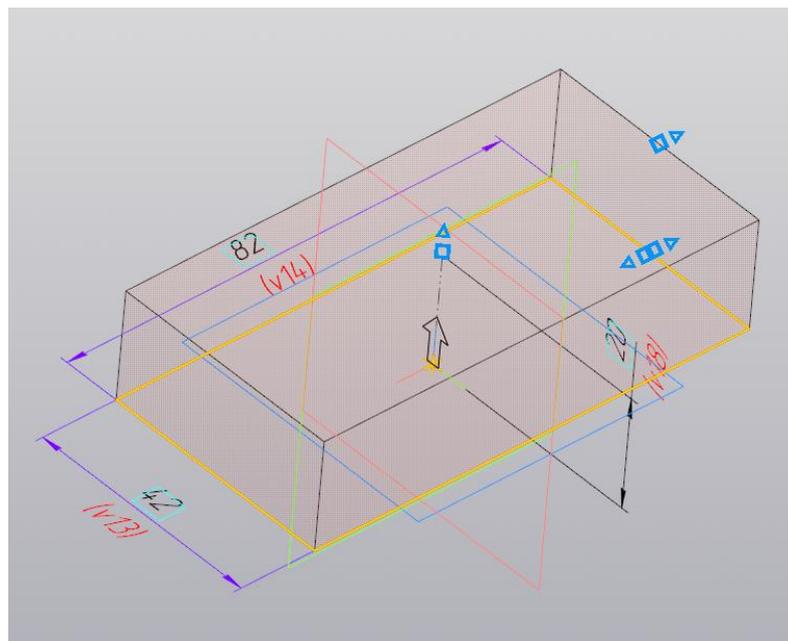


Рисунок 8.7 – Операция выдавливания

Скруглим вертикальные кромки радиусом 2 мм. Для этого воспользуемся операцией «Скругление» (рисунок 8.8, 8.9):

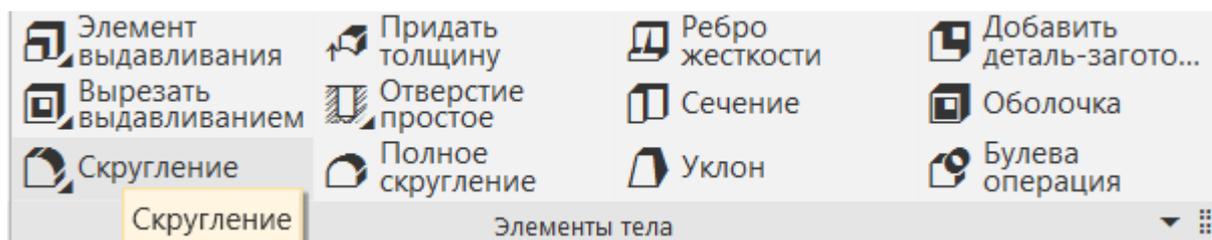


Рисунок 8.8 – Операция «Скругление»

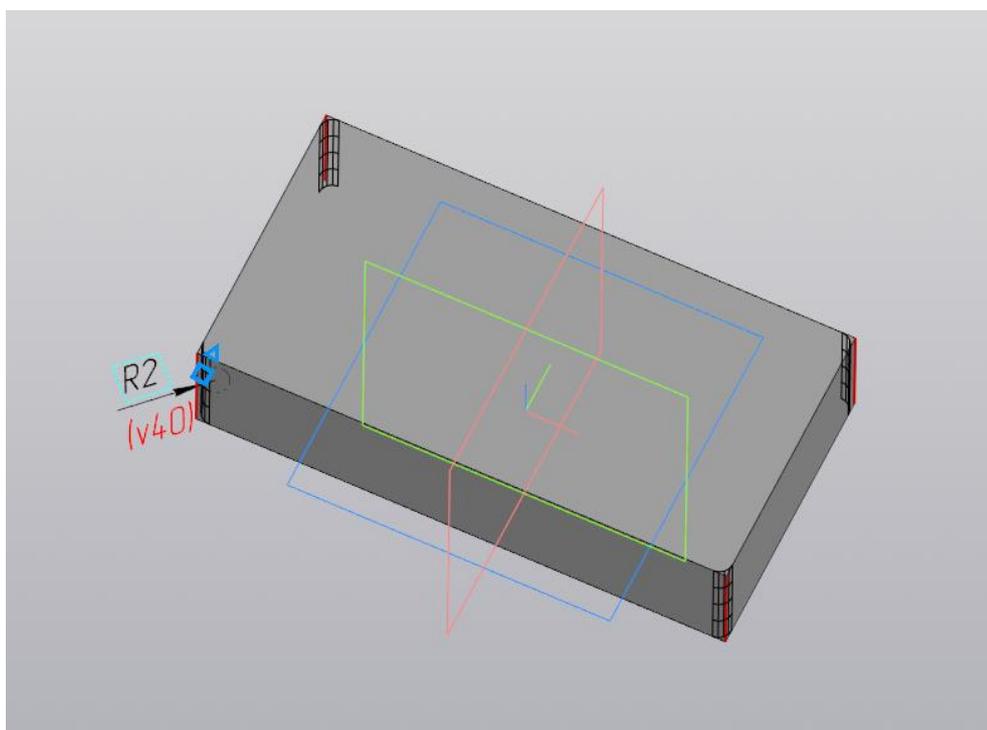


Рисунок 8.9 – Операция скругление (3D-вид)

Построим внутреннюю полость для размещения внутри платы. Для этого на верхней плоскости построим эскиз, на котором укажем прямоугольник по центру и вершине из начала координат.

Укажем толщину стенок в 4 мм от внешнего контура корпуса. Выполним операцию «Вырезать выдавливанием», указав способ выдавливания «До объекта» и указав нижнюю грань и смещение 3 мм. При необходимости, контролируя фантом, сменить граничное направление (рисунок 8.10).

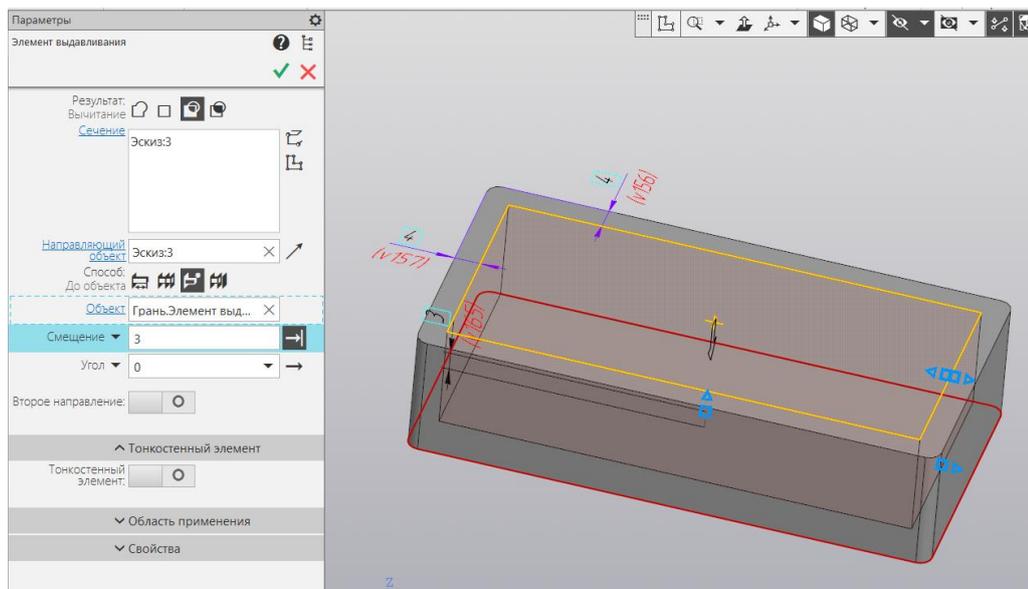


Рисунок 8.11 – Элемент выдавливания

Воспользуемся операцией “Фаска” и укажем фаски во внутренних углах длиной 6 мм и под углом 45 градусов (рисунок 8.12).

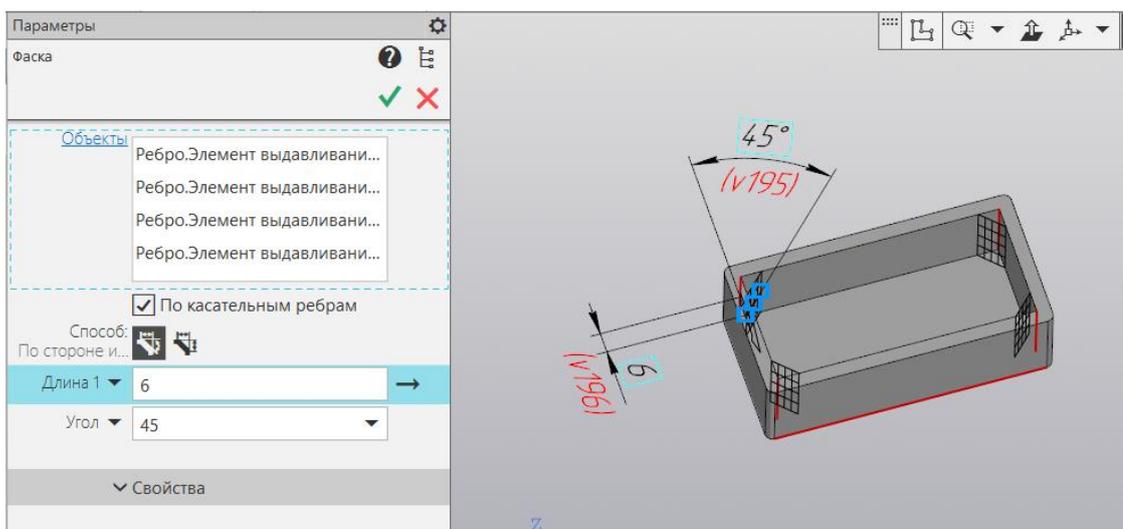


Рисунок 8.12 – Операция «Фаска»

На верхней плоскости построим эскиз размещения крепежных отверстий. Так как диаметр шляпки винта равна 6 мм, то укажем размеры прямоугольника равноудаленного от краев корпуса на 3,5 мм (рисунок 8.13).

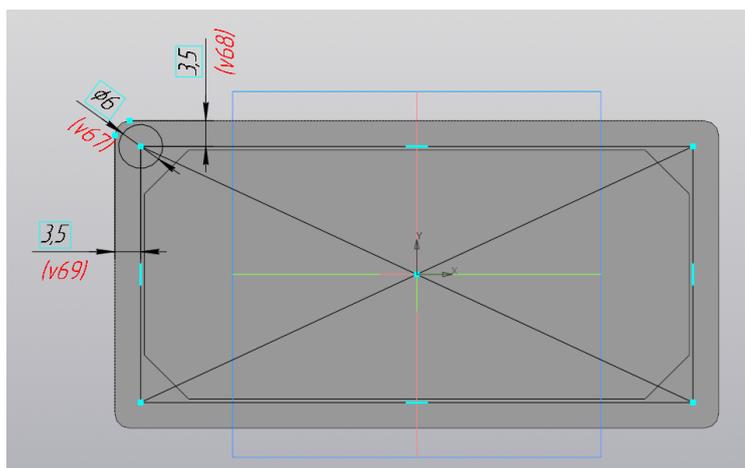


Рисунок 8.13 – Указание удалённости внутреннего прямоугольника

В полученных углах необходимо поставить геометрический элемент “Точка”, чтобы при выходе из эскиза данные точки были отображены.

Вспользуемся операцией “Отверстие с зенковкой”. Укажем, что отверстие имеет резьбу по стандарту “Метрическая резьба с крупным шагом” диаметром 3 мм на глубину 6 мм. Глубина отверстия должна быть глубже глубины резьбы и равняться 8 мм. В параметре зенковки переключим способ указания зенковки “По глубине и углу” и укажем глубину 0,5 мм и угол 90 градусов (рисунок 8.14).

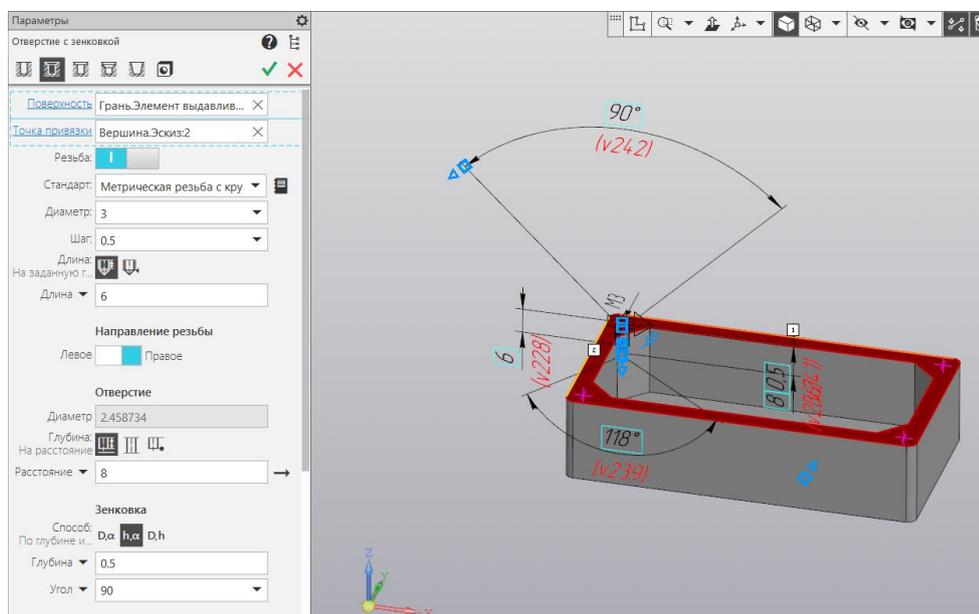


Рисунок 8.14 – Отверстия с зенковкой «По глубине и углу»

Укажем одну из построенных точек и поверхность, от которой будем строить отверстия, убедившись на фантоме, что все указано верно, выполним построение. Построенное отверстие будет иметь условное изображение резьбы в виде оранжевого контура (рисунок 8.15).

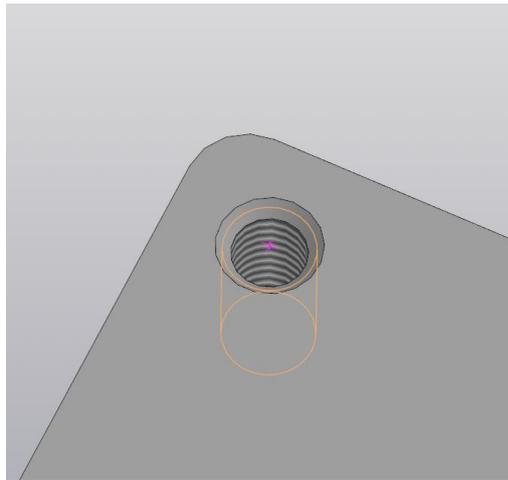


Рисунок 8.15 – Условное изображение резьбы

Выполним “Массив по точкам”, указав в операциях отверстие, а в точках предыдущий эскиз (рисунок 8.16).

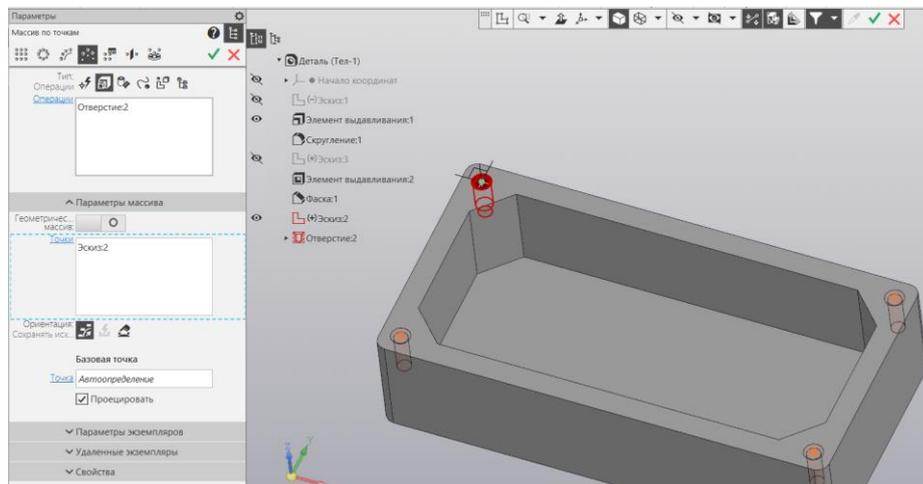


Рисунок 8.16 – Операция «Массив по точкам»

Построив массив, для удобства скроем эскиз точек расположения отверстий в дереве построения, нажав иконку “Скрытый” (рисунок 8.17).

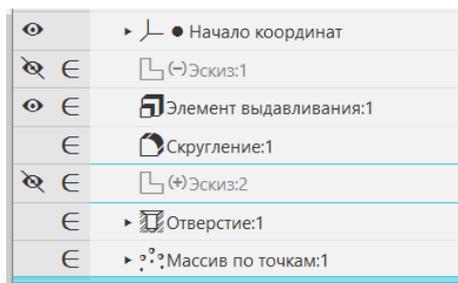


Рисунок 8.17 – Скрытие эскиза

Для построения канавки для уплотнительного шнура построим эскиз на верхней плоскости разъема корпуса. Воспользуемся операцией «Спроецировать объект», указав грань (рисунок 8.20).

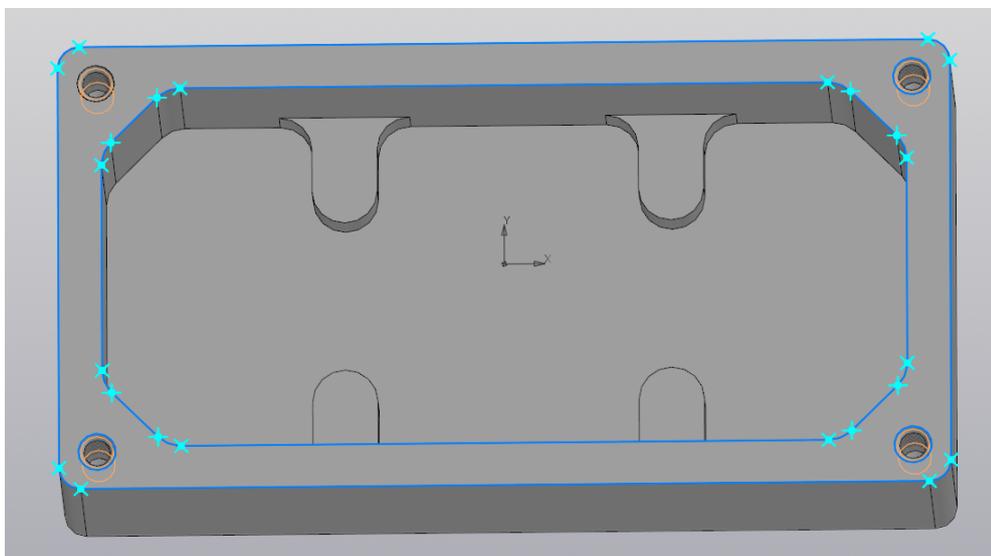


Рисунок 8.20 – Операция «Спроецировать объект»

При данном проецировании необходимо удалить все лишние контуры, кроме контура внутренней полости. У самого контура необходимо поменять стиль на «Тонкий» для того, чтобы он не участвовал в образующих операциях.

Воспользовавшись операцией геометрии «Эквидистанта», нажав кнопку «Собрать контур» и выбрав одну из линий контура, построим эквидистанту на расстоянии 1 мм (рисунок 8.21).

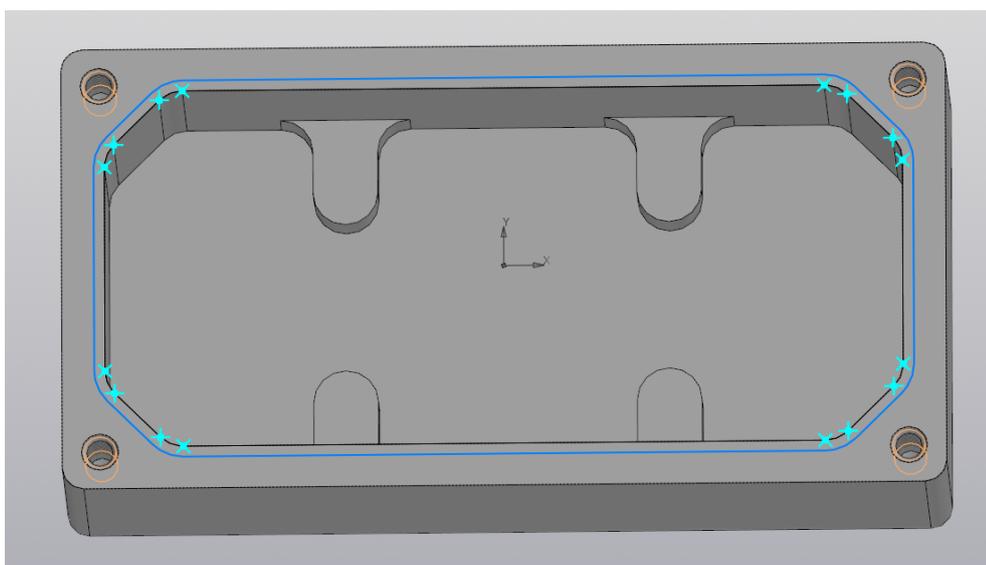


Рисунок 8.21 – Операция «Собрать контур»

Для определения второго ограничивающего контура повторно воспользуемся командой “Эквидистанта”, указав предыдущую эквидистанту за основную и выбрав отступ в 1,5 мм - для уплотнительного жгута диаметром 1,6 мм выполняется канавка шириной чуть уже жгута для удобного монтажа и невыпадения.

Выполним операцию “Вырезать выдавливанием” с граничным расстоянием 1,3 мм - таким образом уплотнительный жгут будет выступать над плоскостью разъема у уплотнителя разъем.

Построим отверстия крепления платы в корпусе. Структура построения аналогична построению предыдущих отверстий (рисунок 8.22).

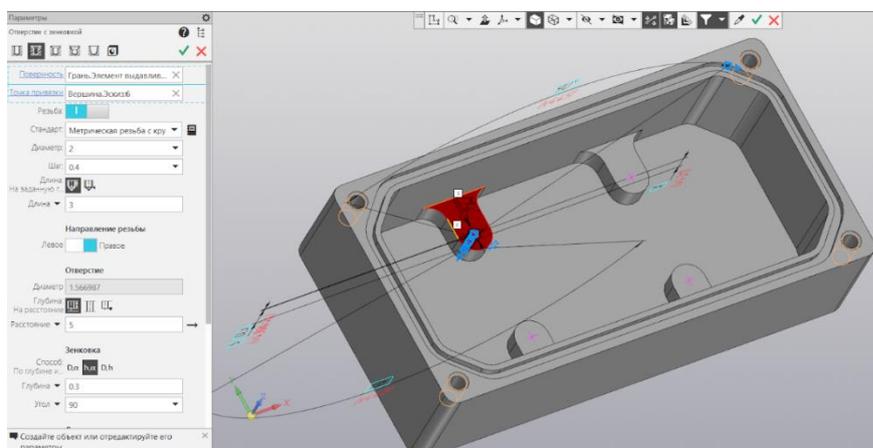


Рисунок 8.22 – Построение отверстия крепления

На боковой грани корпуса строим окружность диаметром 10 мм для разъема и производим выдавливание на глубину толщины стенки.

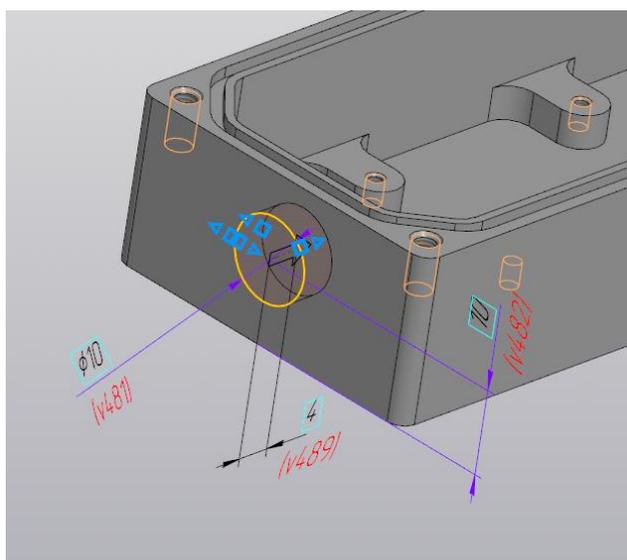
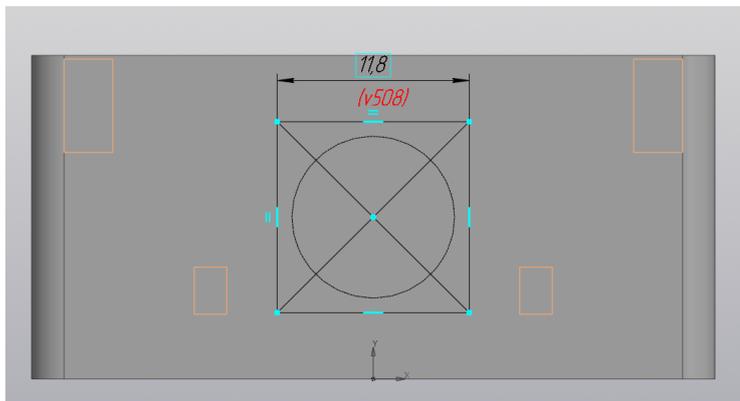
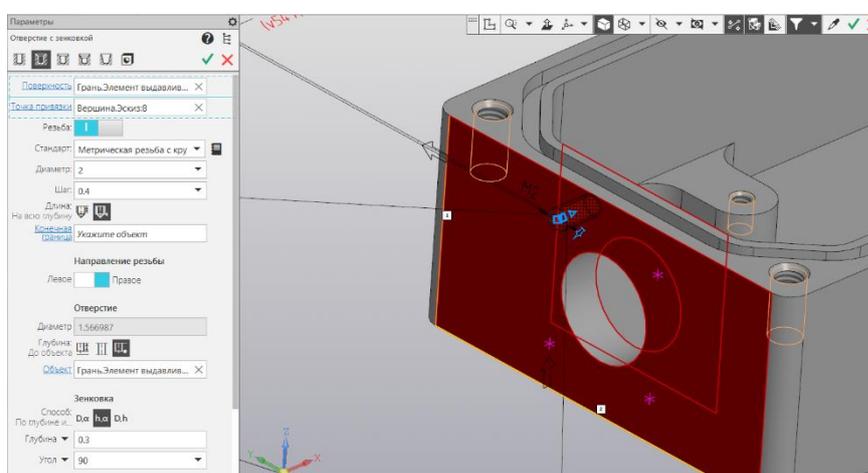


Рисунок 8.23 – Выдавливание окружности

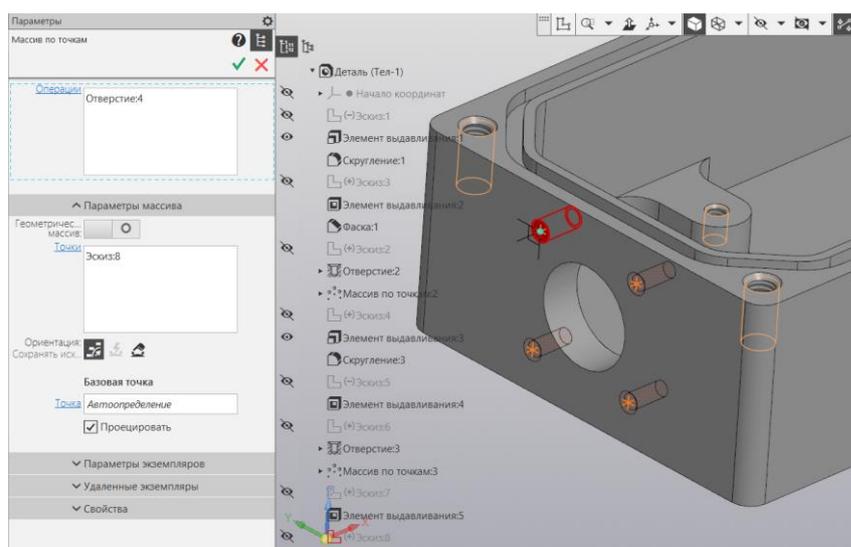
На этой же грани строим эскиз расположения крепежных резьбовых отверстий (рисунок 8.24).



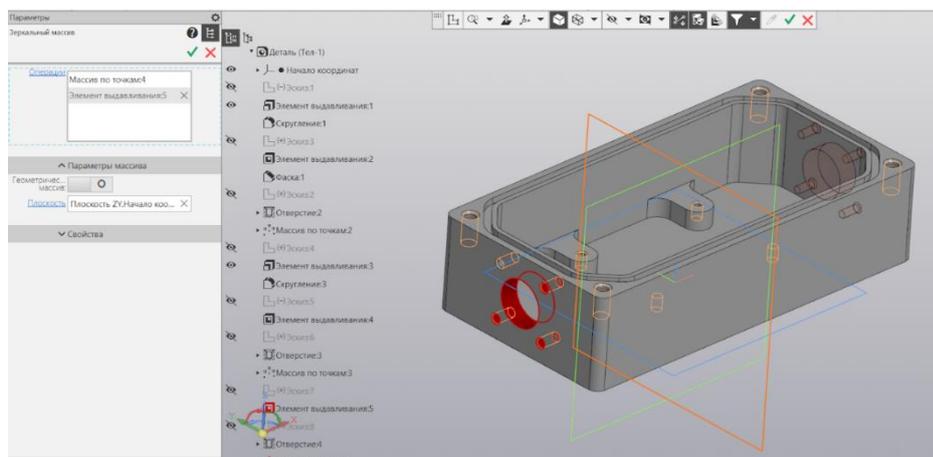
а



б



в



Г

Рисунок 8.24 (а-г) – Эскиз расположения крепёжных резьбовых отверстий

Сохраняем модель корпуса и создаем новую сборку. Выбрав операцию “Добавить компонент из файла”, откроется окно выбора модели. Если модель открыта в программе, то она будет предложена. Если модель закрыта, то необходимо выбрать ее, нажав кнопку “Выбрать с диска” (рисунок 8.25).

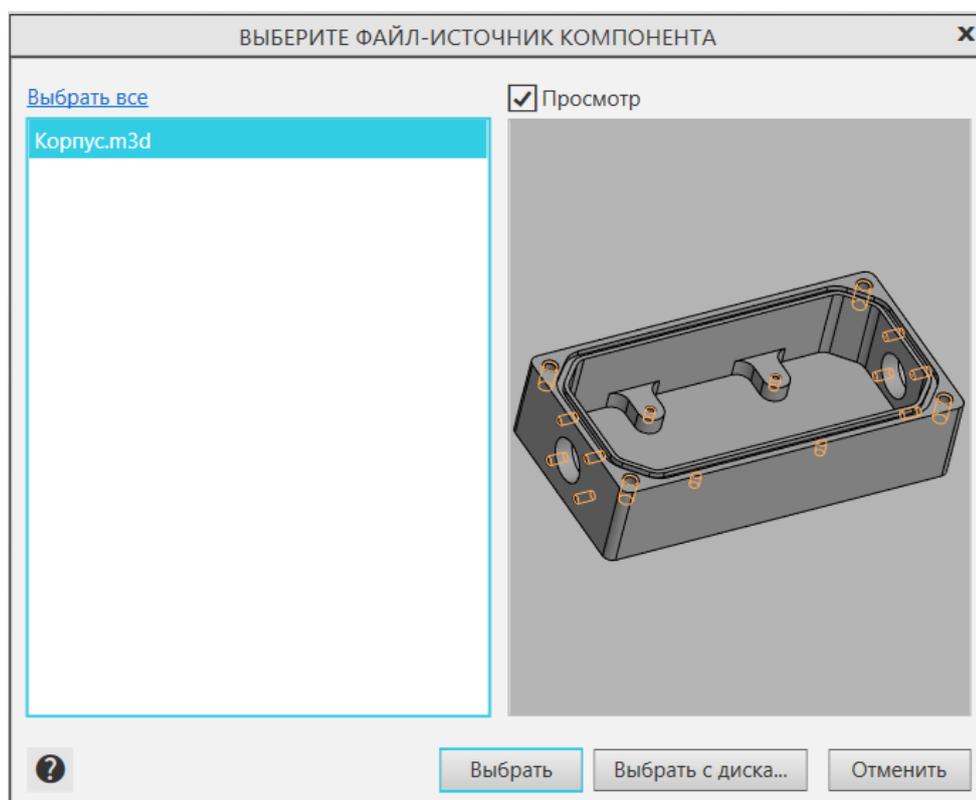


Рисунок 8.25 – Открытие модели в программе

Выбрав модель, необходимо разместить ее в системе координат. Если деталь основная в сборке, то желательно разместить ее в начале координат сборки (рисунок 8.26).

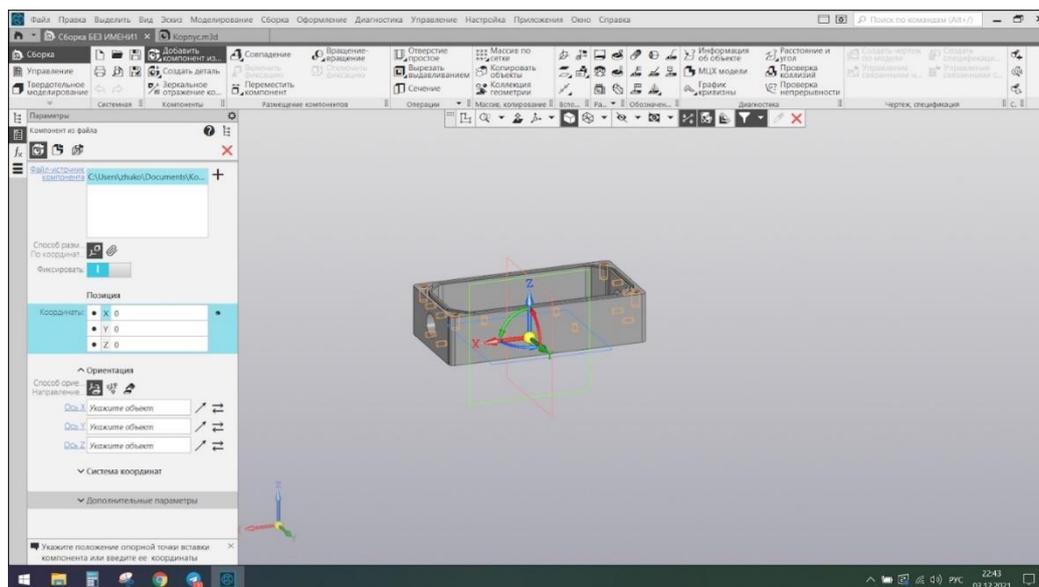


Рисунок 8.26 – Расположение сборки в начале координат

Добавим в сборку модель платы, воспользовавшись операцией “Добавить компонент из файла”.

Плату можно указать в стороне от корпуса, добавив сопряжения сейчас в параметрах “Компонент из файла”, либо после. Рассмотрим второй вариант. Выполняем команду (рисунок 8.27).

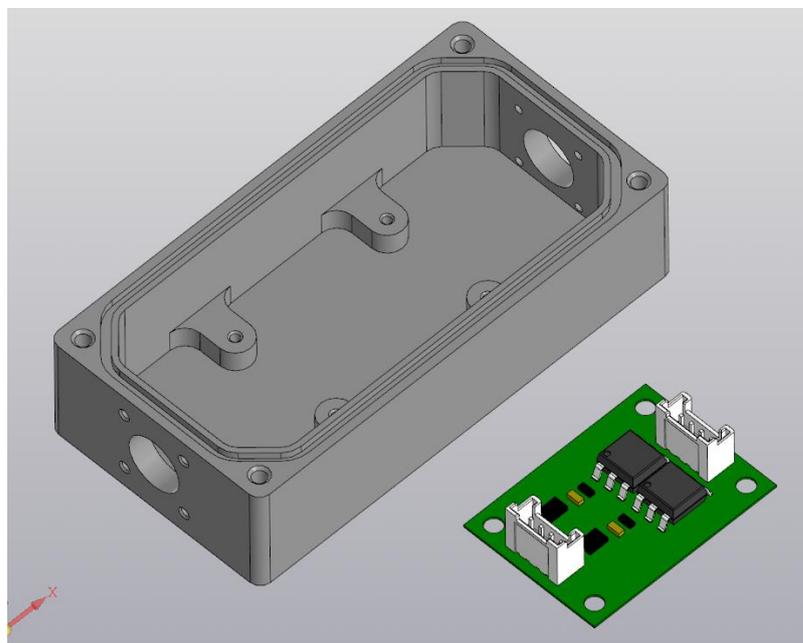


Рисунок 8.27 – Добавление сопряжения в параметрах «Компонент из файла»

В меню “Размещение компонентов” выберем операцию “Совпадение” и укажем нижнюю плоскость платы и постамент для платы в корпусе (рисунок 8.28).

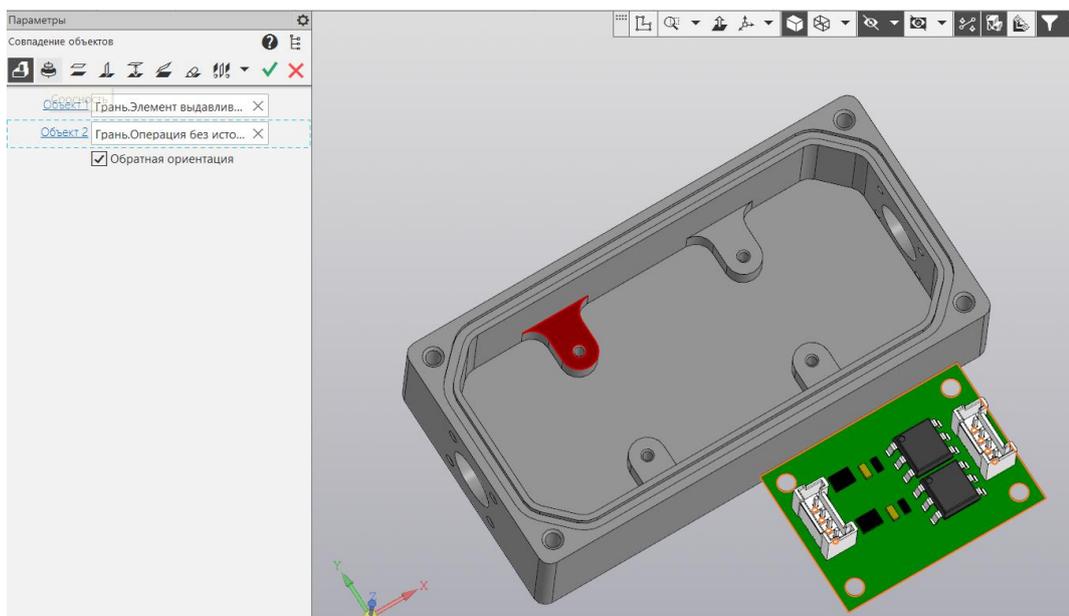


Рисунок 8.28 – Операция «Совпадение»

Выполнив операцию “Совпадение”, переключим в параметрах режим на “Соосность”, где укажем отверстие в плате и отверстие в корпусе. Детали автоматически перенесутся, образуя связи (рисунок 8.29).

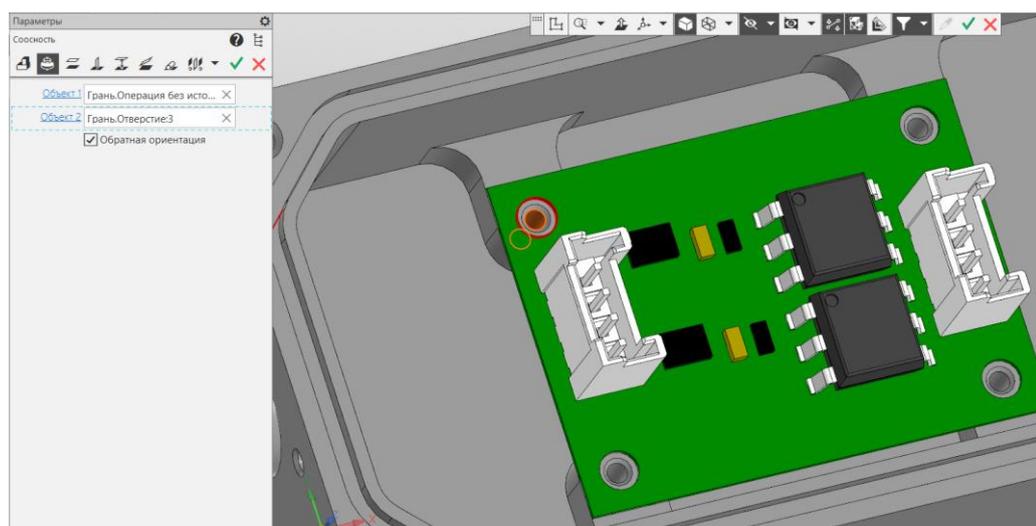


Рисунок 8.29 – Режим «Соосность»

Аналогичным образом укажем параллельность грани платы и стенки корпуса (рисунок 8.30).

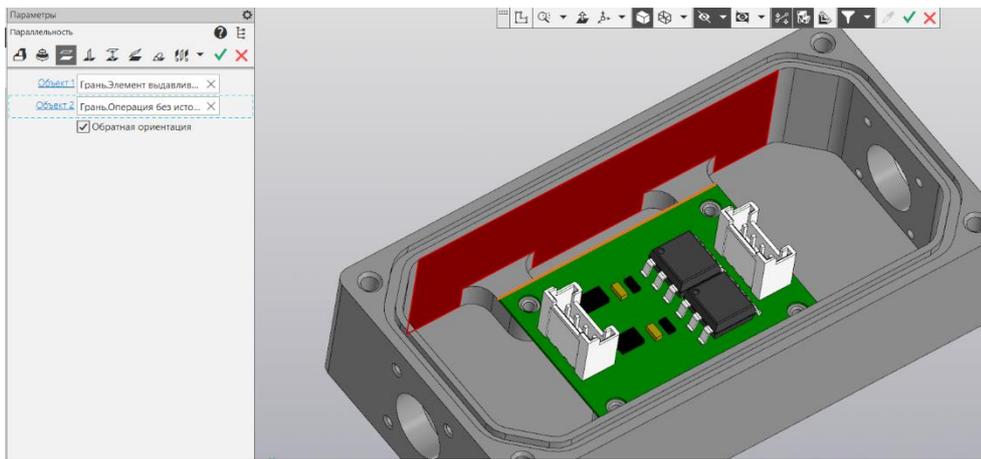


Рисунок 8.30 – Указание параллельности грани платы и стенки корпуса

При полном ограничении всех степеней свободы детали в сборке, в дереве сборки появляется знак “+” около детали.

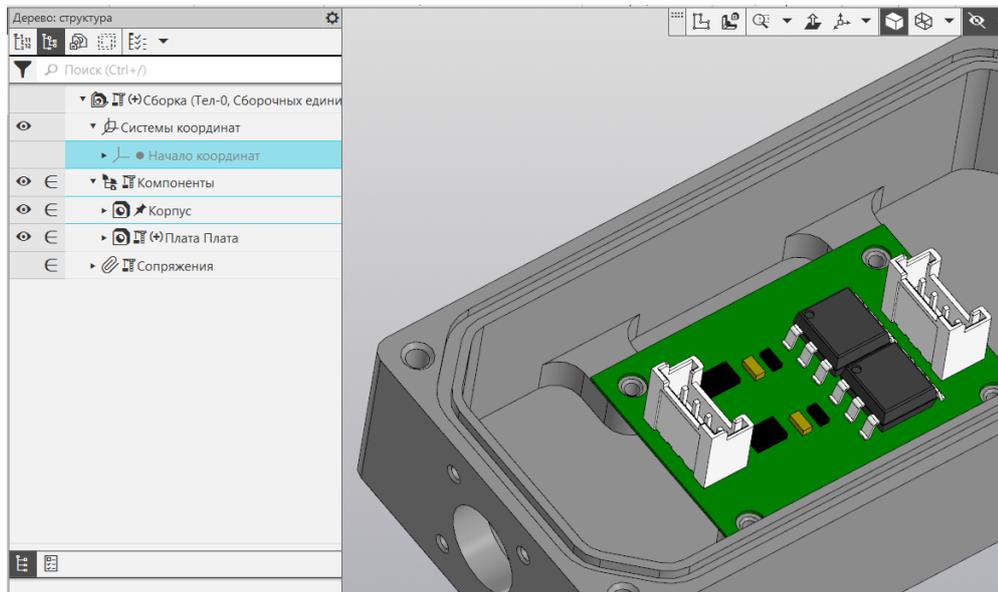


Рисунок 8.31 – Вид детали с ограниченными степенями свободы в сборке

Рассмотрим редактирование детали в составе сборки. Выполним сечение модели, которое находится в меню быстрого доступа (рисунок 8.32, 8.33):



Рисунок 8.32 – Операция «Отображать сечение модели»

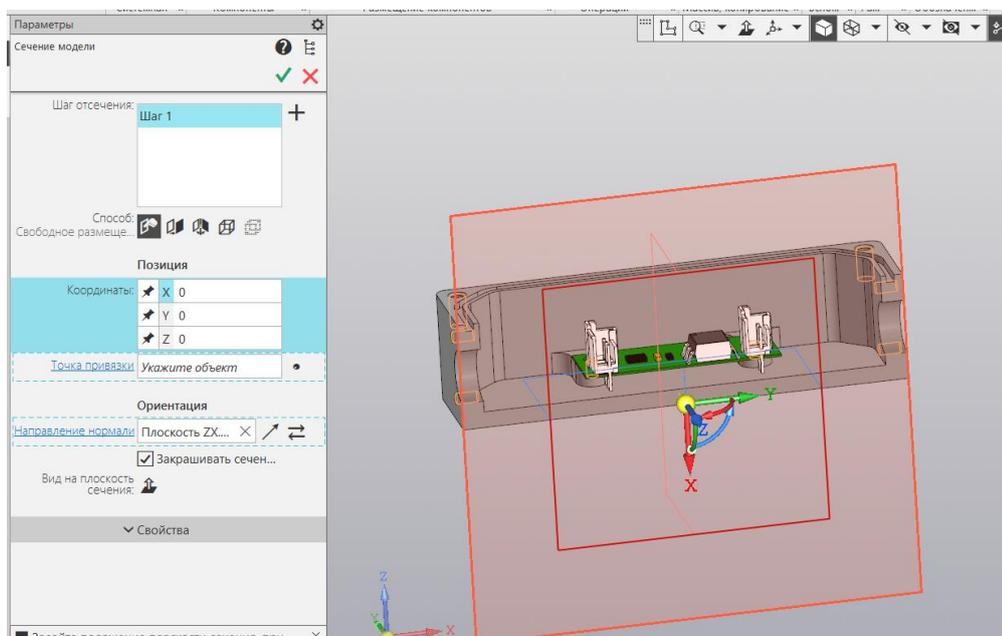


Рисунок 8.33 – Указание параметров для сечения модели

Благодаря сечению становится понятно, что при нынешней конфигурации корпуса, разъем, вставляемый в плату, может упираться в предполагаемую крышку (рисунок 8.34).

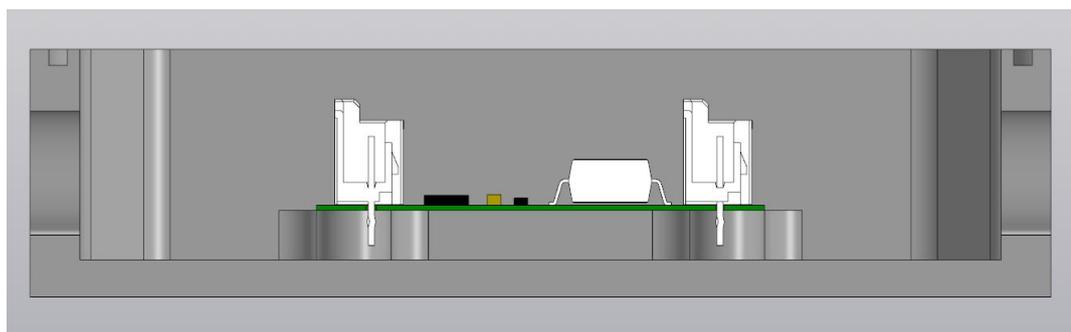


Рисунок 8.34 – Указание разъёма

Для того, чтобы это предотвратить, увеличим высоту корпуса. К тому же, расположение разъемов на стенках корпуса можно отдалить от дна корпуса для удобства монтажа. Не выходя из сборки, нажимаем двойным щелчком на боковую стенку корпуса. Данная боковая стенка образована операцией выдавливания, которая определяла высоту корпуса.

Таким образом мы входим в режим “Редактирование компонента на месте”, который при нажатии на элемент операции переносит к исходной операции (рисунок 8.35).

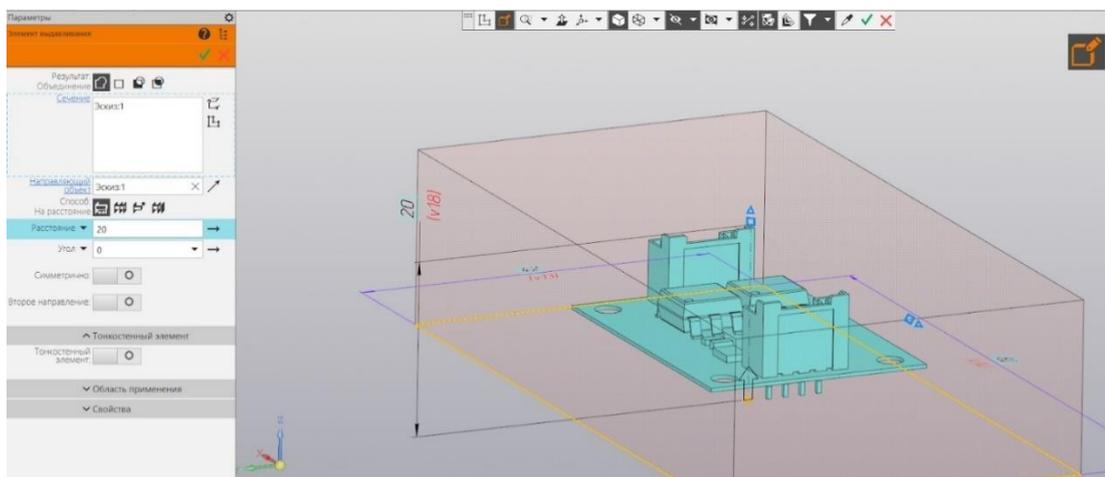


Рисунок 8.35 – Режим «Редактирование компонента на месте»

Таким образом увеличим высоту корпуса на 5 мм до 25 мм. Не выходя из режима редактирования, изменим эскиз расположения боковых разъемов, дважды нажав на основное отверстие исходного элемента разъема.

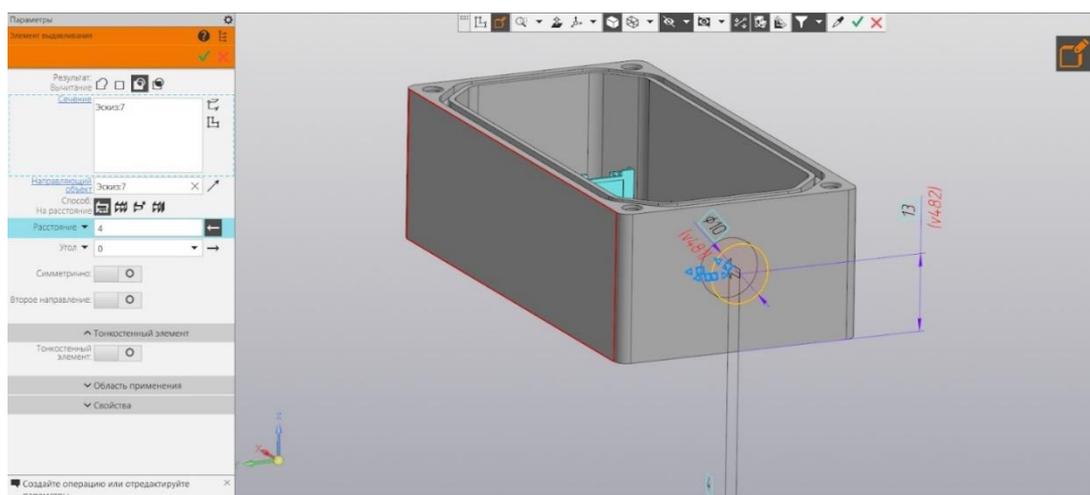


Рисунок 8.36 – Изменение эскиза расположения боковых разъемов

Так как положение крепежных отверстий параметризовано эскизом относительно центра основного отверстия разъема, а весь блок отверстий для разъема на противоположной стороне корпуса получен массивом, то при изменении исходного элемента все зависимые производные элементы изменятся автоматически (рисунок 8.37).

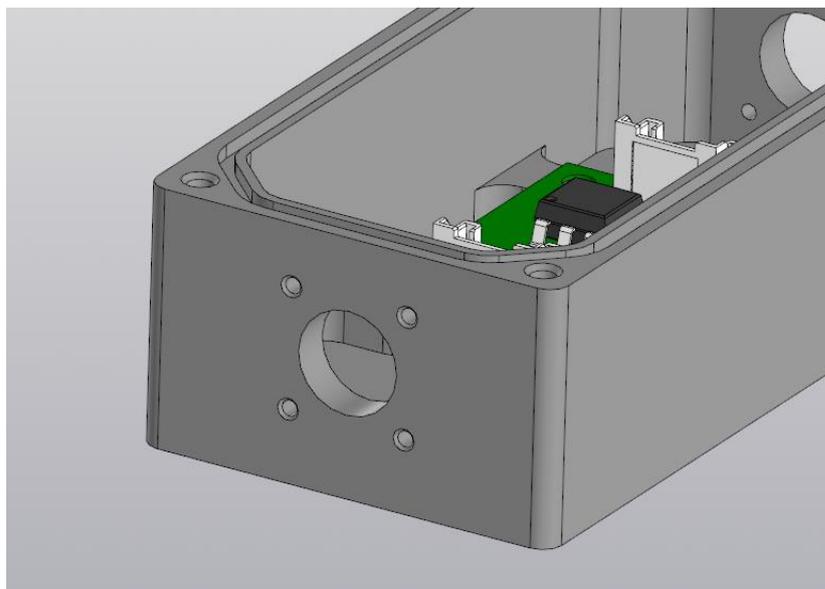


Рисунок 8.38 – Изменение элемента

Повторив сечение модели, можно убедиться в правильности изменения модели.

9. Основы трехмерного сканирования

9.1 Основы оцифровки объектов окружающего мира

3D-сканированием (далее - сканирование) называют процесс, в результате которого получается компьютерная трехмерная модель реального объекта. Для осуществления сканирования используют специальные устройства - 3D-сканеры.

Оптический 3D-сканер. Принцип работы такого сканера основывается на измерении расстояния до объекта путем отражения излучаемых им волн определенной частоты. По типу этих волн сканеры можно разделить на оптические и лазерные, изредка используются рентгеновские лучи, инфракрасное излучение или ультразвук.

Оптический сканер RangeVision Spectrum или аналогичный имеет две камеры, которые снимают объект с разных ракурсов (используется метод триангуляции), при этом на деталь проецируется структурируемый свет проектора, например черно-белые полосы. При попадании на объект проецируемый рисунок искривляется, что позволяет получить информацию о кривизне поверхности объекта. Информация, полученная с камер, передается на компьютер, где обрабатывается программным обеспечением сканера и на экране появляется геометрия поверхности физического объекта.

Что касается лазерных сканеров, они не нуждаются в наличии камер. Они проводят анализ отраженных лазерных лучей, используя встроенный дальномер. Поскольку скорость света величина неизменная, время фиксируется с помощью высокоточного таймера, программное обеспечение сканера с высокой точностью может рассчитать расстояние до точки поверхности объекта.

Таким образом, конечным результатом при любой технике 3D-сканирования является облако точек, расположение которых друг относительно друга соответствует форме поверхности реального объекта. Такое облако точек как правило сохраняется в формате .stl и доступно к просмотру и редактированию в специализированном программном обеспечении. Кроме того, сканеры бывают стационарными или ручными. Первые закреплены на штативе, а объект перемещается и поворачивается относительно них. Чаще используются для более точного сканирования малогабаритных объектов (до одного метра). При этом точность сканирования обратно пропорциональна геометрическим размерам сканируемой детали. Ручные сканеры перемещаются пользователем вдоль объекта сканирования, и обычно используются для сканирования больших объектов, например, бамперов автомобилей и др. (рисунок 9.1).



Рисунок 9.1 – Процесс сканирования бампера автомобиля ручным 3D сканером

Непосредственно после сканирования, специалист обрабатывает полученные данные для получения достоверной модели: выбирает из набора снимков наиболее удачные, удаляет шумы и другие погрешности сканирования.

Помимо технических характеристик оборудования качество сканирования зависит от многих факторов: важно правильно подготовить объект к сканированию, провести настройку и калибровку оборудования для сканирования, выбрать оптимальное расположение сканера или траекторию его перемещения.

9.2. Задачи, для которых применяется 3D сканирование

3D-сканирование применяется как в инженерных задачах, так и в художественных. Например, стоит задача, взять деталь, которая уже не выпускается и никакой документации на нее нет. В таком случае применяя 3D сканирование и последующий реверс мы сможем воспроизвести 3D модель детали и в будущем ее воспроизвести. Так же, если необходимо деталь изучить работу какого-либо механизма, или узнать его скрытые функции (функции, которых нет в документации на механизм), применяется сканирование с последующим реверсом. Ещё один пример применения 3D сканирования и реверса, при поломки детали, обломки сканируются и по ним строится исходная деталь. Вообще в инженерных задачах достаточно редко применяется 3D сканирование без реверса, так как после 3D сканирования получается полигональная модель (STL), которые не используются в инженерной отрасли. При помощи связки сканирования и реверса можно получить

практически точную копию какого-либо механизма. Например, советский грузовик АМО-3 практически точной копией американского грузовика «AutoCar-SA», конечно, 3D сканера в то время не было и обратное проектирование проводили при помощи ручного измерительного инструмента, но сейчас для таких задач используется 3D сканирование. В инженерной отрасли часто применяют 3D сканирование так же по тому, что не все детали возможно померить ручным инструментом с необходимой точностью, например, корпуса редукторов. Так же 3D сканирование применяется что бы померить расстояние между какими-либо элементами конструкции, например, ручным сканером возможно достаточно быстро отсканировать часть автомобиля, чтобы измерить расстояние между элементами, которые невозможно померить ручным инструментом напрямую.

В художественных целях сканирование применяется, например, при реставрации какого-либо объекта. Сначала проводится сканирование, далее 3D модель дорабатывается художниками, и после согласования начинаются работы с реальным объектом. Это позволяет избежать части ошибок и не испортить реставрируемый объект. Так же часто сканируются какие-либо памятники или статуи, которые необходимо транспортировать. Таким образом после транспортировки возможно сравнить скан исходного объекта с перевезённым объектом и удостовериться, что ничего не сломалось или испортилось.

9.3 Выполнение трехмерного сканирования с использованием стационарных сканеров RangeVision Spectrum

Рассмотрим принцип работы со сканером на примере стационарного оптического сканера RangeVision Spectrum.

RangeVision Spectrum – это универсальный 3D-сканер высокого разрешения. Сканер активно используется при реверсивном инжиниринге, быстром прототипировании, производстве сувенирной продукции, образовании, промышленном дизайне и тюнинге, скульптуре и др. Диапазон габаритных размеров сканируемых объектов: от 1 см до 3 м. Сканирующий модуль с камерами 3.1 МР способен создавать 3D-модели с точностью до 0,04 мм и 3D-разрешением до 0,06 мм (<https://rangevision.com/products/spectrum/>) (рисунок 9.2).



Рисунок 9.2 – Внешний вид оптического 3D-сканера RangeVision Spectrum

В комплект входят: сканирующий модуль с двумя камерами технического зрения и светодиодным проецирующим устройством, автоматический поворотный стол с максимальной нагрузкой до 20 кг, комплект проводов и кабель питания, штатив, профессиональное программное обеспечение, набор калибровочных полей из алюминиевого композита, ключ шестигранный, набор самоклеящихся маркеров.

Самоклеящиеся маркеры наносятся на крупногабаритные объекты с целью повышения качества их сканирования (рисунок 9.3).



Рисунок 9.3 – Комплект сканера

Прежде, чем начать работу с оборудованием, сканер необходимо правильно собрать и настроить.

Рассмотрим порядок сборки:

1. Сборка сканирующего модуля.

Сканирующий модуль представляет собой проектор и две камеры, закрепленные в пазах конструкционного алюминиевого профиля. Обратите внимание, что камеры имеют несимметричные крепления, по этой причине установка может оказаться неверной. Камеры должны быть установлены по обе стороны от проектора таким образом, чтобы угол между оптическими осями их объективов был меньше 90 градусов и зафиксированы винтами при помощи шестигранного ключа.

2. Установка на рабочую поверхность.

Необходимо установить штатив на ровную поверхность, например, на пол или стол и присоединить к нему сканирующий модуль. Необходимо убедиться в надежности крепления.

3. Подключение

Для подключения сканера нужен персональный компьютер с двумя разъемами HDMI.

Тройной кабель с разъемом HDMI подключается в разъем проектора, USB кабели в соответствующие разъемы на задней части камер. Другой конец кабеля подключается к компьютеру. Еще один USB кабель подключается к поворотному столу и персональному компьютеру при необходимости. На последнем этапе подключения необходимо подключить блок питания к проектору, а также к поворотному столу.

4. Начало работы.

Включите проектор и снимите с объективов камер защитные крышки. Подключите к компьютеру лицензионный ключ. (Он выглядит как флешка, является частью комплекта поставки сканера).

После сборки сканера и подключения его к ПК, необходимо запустить программное обеспечение для сканирования “Scancenter” и убедиться, что диагностика подключения прошла успешно. После открытия программы с левой стороны экрана под надписью RangeVision Spectrum вы увидите список «Состояние оборудования». В этом списке все элементы: камеры, проектор, лицензионный ключ и поворотный стол (в случае необходимости его использовать) должны быть белого цвета. Если какой-то из элементов неактивен (остался серым), необходимо убедиться, что все кабели подключены верно. При

наличии проблем с подключением, работу со сканером продолжить не получится (рисунок 9.4).

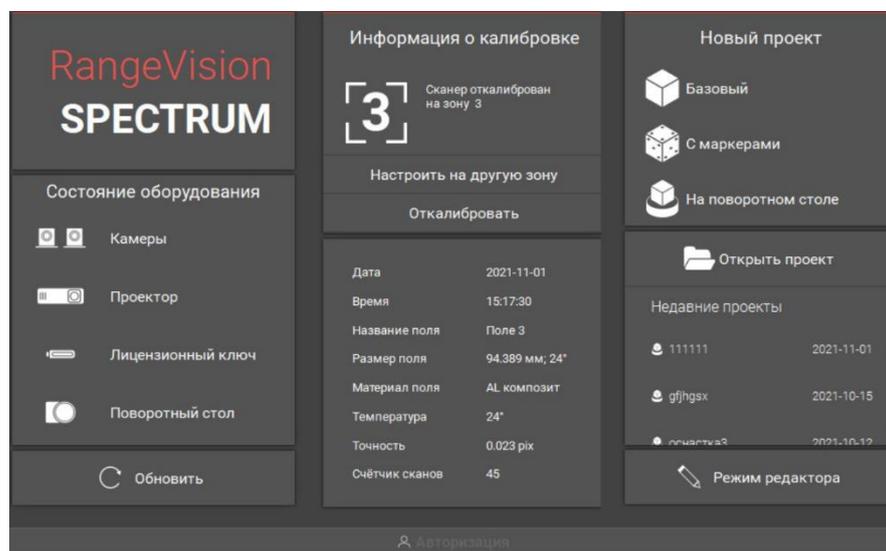


Рисунок 9.4 – Окно старта работ и диагностики программного обеспечения для сканирования “Scancenter”

Настройка и калибровка сканера. Посередине открывшегося окна старта работ и диагностики программного обеспечения для сканирования “Scancenter” находится колонка «Информация о калибровке». В случае отсутствия информации о калибровке в данном окне необходимо провести полную калибровку (рекомендуется делать перед выполнением задания). Для калибровки сканера необходимо выбрать пункт меню «Настроить сканер на новую зону». Далее необходимо выбрать калибровочное поле. В комплекте сканер имеется 3 калибровочных поля разного размера. Выбор калибровочного поля зависит от габаритов сканируемого объекта и требуемой точности сканирования. Самое большое поле – зона №1 предназначена для калибровки сканера при сканировании объектов от 0.4м до 1м (точность сканирования минимальная), зона №2 – от 0.15м до 0.5м (средняя точность сканирования), а зона №3 – от 0.01м до 0.15м (точность сканирования максимальная). Таким образом, для маленьких объектов наиболее подходящим будет калибровочное поле №3.

После выбора зоны сканирования необходимо добавить новое поле, ввести точные данные, указанные на обратной стороне этого поля. Для установки поля перед сканером в комплекте имеются специальные подставки (рисунок 9.5).

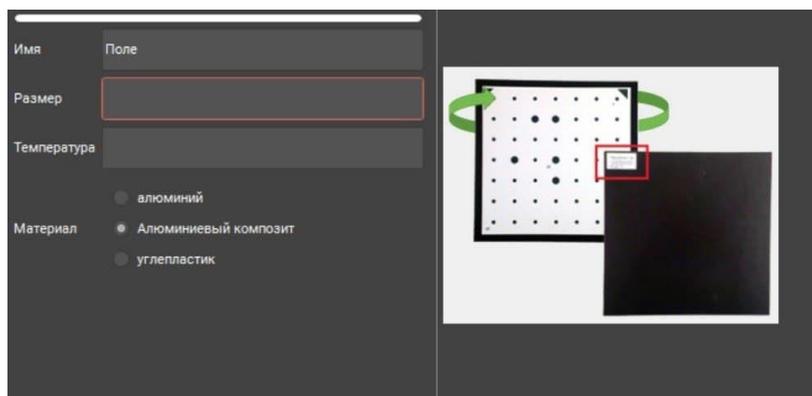


Рисунок 9.5 – Введение данных о калибровочном поле

Далее необходимо следовать пошаговым инструкциям, описанным в окне настройки и калибровки. В зависимости от версии программного обеспечения инструкции и последовательность этапов калибровки могут быть изменены.

Настройка сканера.

На третьем шаге калибровки калибровочное поле устанавливается перед сканером на расстоянии, указанном в окне калибровки.

Для начала нужно установить камеры в соответствии со следующим правилом: чем меньше размер поля, тем ближе друг к другу и к проектору соответственно они должны быть установлены. Калибровочное поле должно быть установлено таким образом, чтобы крайние его метки совпадали с синими линиями сетки на экране, а центральная точка поля находилась в центре пересечения линий сетки (рисунок 9.6).

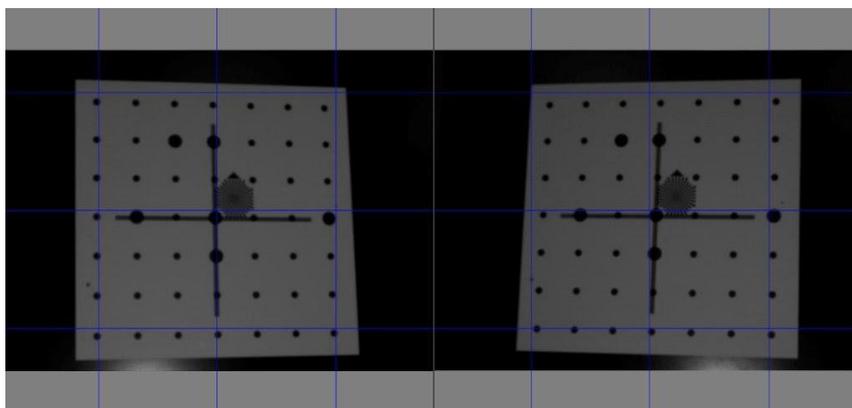


Рисунок 9.6 – Установка калибровочного поля

На четвертом шаге необходимо провести настройку камер. При настройке камер нужно будет постараться обеспечить одинаковую яркость их изображений.

На объективе камер располагается кольцо настройки диафрагмы, с его помощью регулируется яркость изображения. Для работы с регулировочными кольцами необходимо ослабить винты, блокирующие вращение регулировочного кольца объектива. При повышении яркости поле на экране будет становится красным (засвечиваться, см. рисунок). Для корректной настройки яркости рекомендую увеличить выдержку камер в окне его настройки, несколько раз щелкнуть на «+», установить значение порядка 65, затем выкрутить кольца настройки диафрагмы на обеих камерах таким образом, чтобы засвет (красные пятна) на полях были небольшими и примерно одинаковыми по размеру или отсутствовали вовсе, затем понизить выдержку нажав «-» один раз. Таким образом засвет пропадет, а камеры окажутся настроенными одинаково (рисунок 9.7).

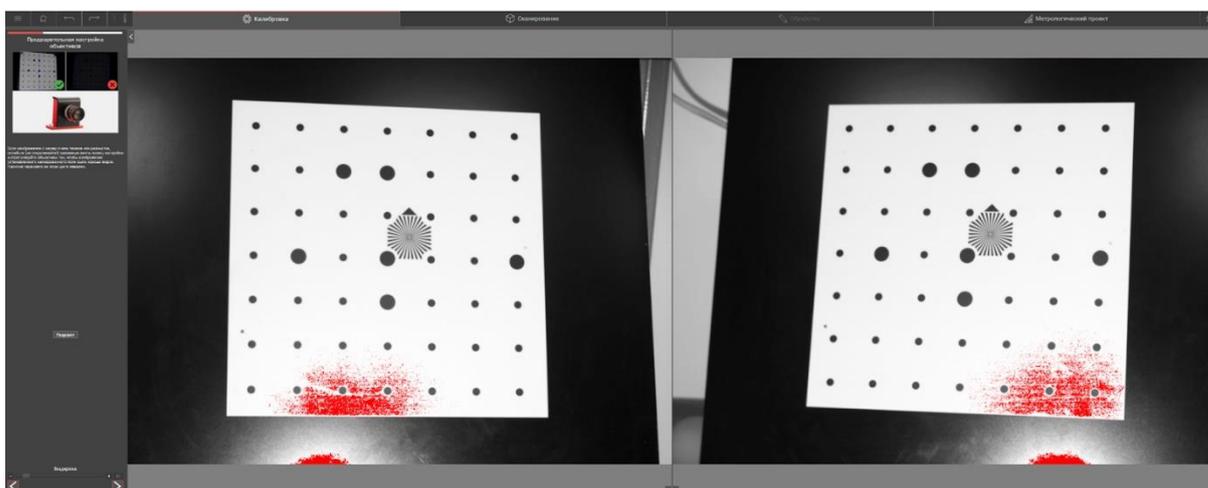


Рисунок 9.7 – Регулировка яркости изображения

Следующий этап - настройка резкости камер. Для настройки резкости необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши по окну с изображением настраиваемой камеры, изображение с камеры должно увеличиться (рисунок 9.7). После необходимо добиться максимальной четкости изображения аккуратно регулируя фокусное расстояние специальным кольцом, расположенным на объективе камеры. Аналогичные действия необходимо произвести с второй камерой.

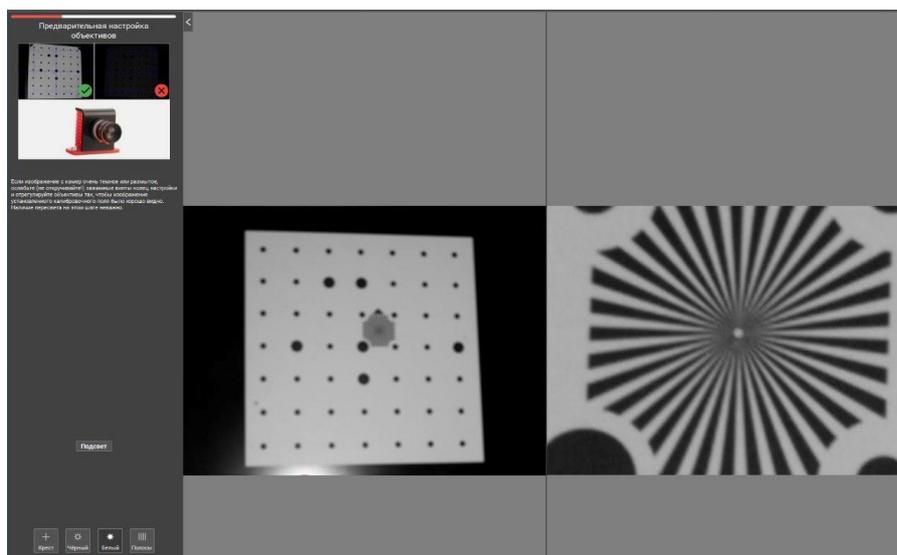


Рисунок 9.7 – Настройка резкости камер

На следующем этапе необходимо проверить, корректно ли отображаются изображения с камер. Чтобы проверить расположение камер, нужно не касаясь камер прикрыть изображение, например, правой камеры. Если при этом на экране пропало изображение справа экрана, значит камеры установлены правильно, если нет, то необходимо нажать кнопку «Поменять камеры местами». Далее необходимо выполнить процедуру проверки корректности изображения с камер сначала и, после ее завершения, перейти к следующему шагу.

Далее необходимо переместить поле или камеры таким образом, чтобы синие вертикальные линии пересекали самые крайние и средний ряды маркеров калибровочного поля. Выполняя данную регулировку необходимо ориентироваться на изображение в панели описания шага.

Следующий шаг - настройка фокусного расстояния проектора. Для настройки фокусного расстояния необходимо нажать «подсвет» внизу панели шага, затем выбрать «полосы», и перемещая рукоятку регулировки фокусного расстояния, расположенную сверху проектора, добиться максимальной резкости темных линий структурированного подсвета (рисунок 9.8). При настройке фокусного расстояния необходимо ориентироваться на само калибровочное поле, а не на его изображение на экране.

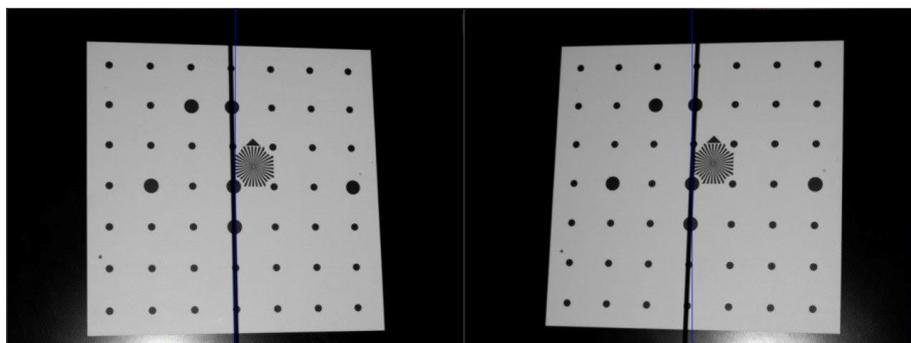


Рисунок 9.8 – Рукоятка регулировки фокусного расстояния

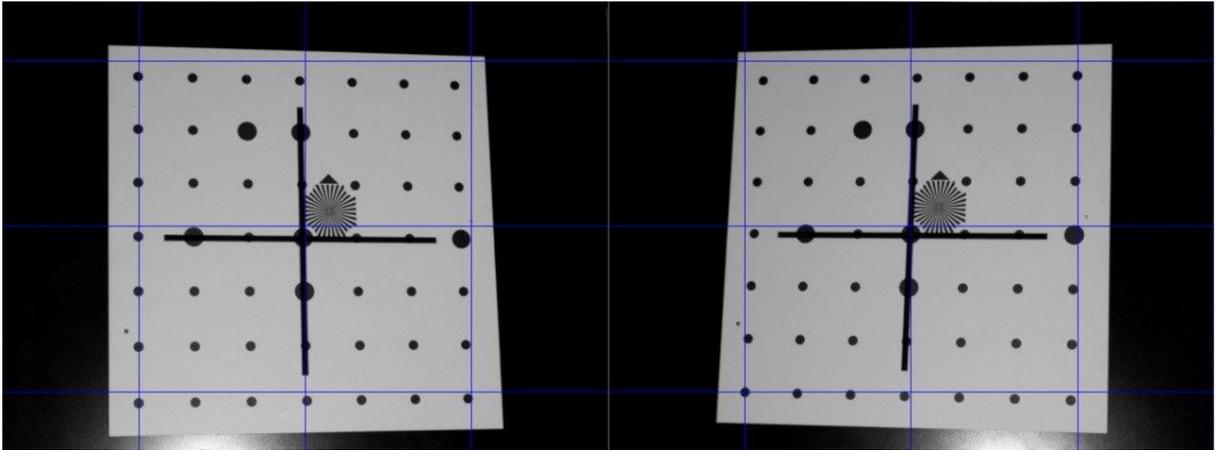
Для удобства настройки рисунок подсветки проектора можно менять горячими клавишами:

ctrl + A - темный крест, повторное нажатие светлый, ctrl + S - темный подсвет, ctrl + D - белый подсвет, ctrl + F - полосы.

Далее необходимо более точно настроить расположение поля и камер. Для этого нужно сначала выставить калибровочное поле таким образом, чтобы темная линия на калибровочном поле совпала с синей в окне программного обеспечения, затем, чтобы крест подсветки на калибровочном поле совпал с пересечением синих линий (рисунок 9.9 а,б). Калибровочное поле нужно перемещать таким образом, чтобы линии подсветки находились на центральных метках калибровочного поля, при этом совпадение линий достигается за счет перемещения камер вдоль паза конструкционного алюминиевого профиля.



а



б

Рисунок 9.9 – Настройка расположения калибровочного поля и камер

При настройке расположения калибровочного поля и камер необходимо обеспечить наиболее точное совпадение вертикальных линий, горизонтальные линии при этом могут быть немного ниже или выше (рисунок 9.10).

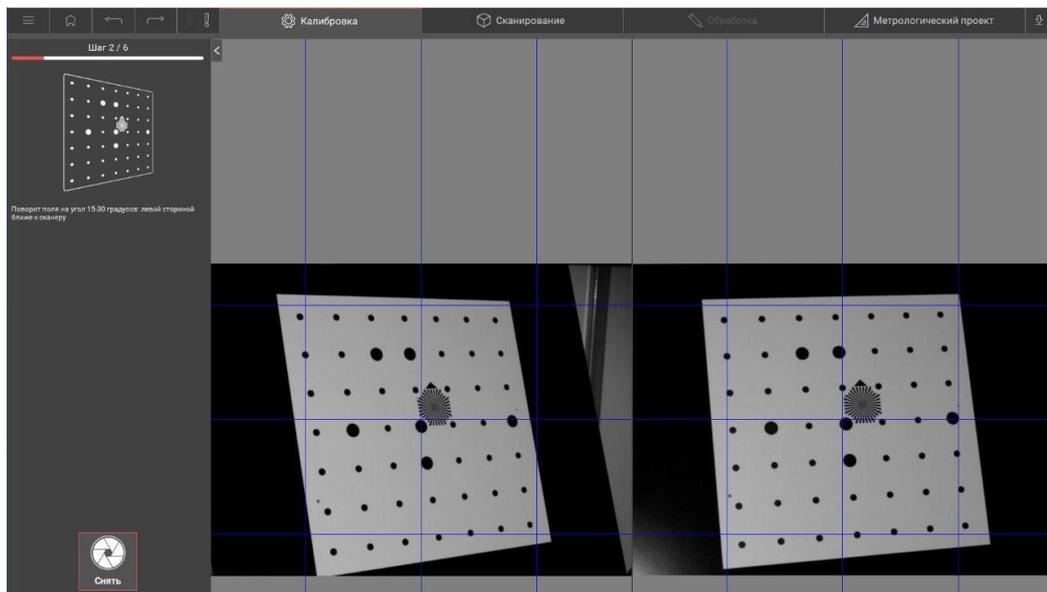


Рисунок 9.10 – Обеспечение наиболее точного совпадения вертикальных линий

На следующем шаге настройки и калибровки сканера необходимо уточнить фокус камер и убедиться в отсутствии засвета.

После этого шага на протяжении всей работы со сканером в этой зоне до перекалибровки не стоит изменять расстояний камер относительно проектора и друг друга, их фокус и не трогать другие настройки сканирующего модуля.

Калибровка сканера.

Для выполнения процедуры калибровки сканера необходимо менять положение калибровочного поля в соответствии с рисунками и текстовому описанию диалогового окна калибровочной программы.

При калибровке сканера калибровочное поле должно находиться на одинаковом расстоянии до сканирующего модуля (за исключением финального этапа калибровки). Также не следует поворачивать поле сразу на большой угол. При калибровке все метки калибровочного поля должны быть в поле зрения камер. Чтобы сделать снимок можно нажать пробел или использовать кнопку в интерфейсе программного обеспечения.

В процессе эксплуатации необходимо аккуратно обращаться с калибровочными полями, не допускать их загрязнения или механическое повреждение. После использования калибровочные поля необходимо хранить в чехле.

Помимо полной калибровки при необходимости повторной калибровки на используемом ранее калибровочном поле может быть выполнена частичная калибровка, включающая в себя только последние 6 шагов.

Таким образом, полная настройка и калибровка используется при перенастройке камер, их местоположения, смене зоны сканирования, и при любых подозрениях на ухудшение точности сканирования, также, в обязательном порядке, после транспортировки сканера. Во всех других случаях можно выполнить частичную калибровку перед началом работы и убедиться в ее корректности.

Сканирование.

После калибровки необходимо нажать «перейти к сканированию», а затем выбрать тип проекта (базовый, с маркерами или сканирование с поворотным столиком) и, при необходимости, подготовить объект.

Поскольку сканер анализирует отраженный от поверхности объекта структурированный подсвет, сканирование темных или черных, прозрачных, зеркальных, бликующих и глянцевых объектов (рисунок 9.11) затруднено или невозможно. Для работы с такими объектами необходимо использовать специальные аэрозольные составы, которые после высыхания оставляют на объекте тонкий матирующий белый слой порошка. Очень важно производить напыление аккуратно, не допуская наплывов и не делая слой слишком

большим, поскольку это добавит погрешность в размеры детали и может повлиять на качество получаемой на скане поверхности. Перед нанесением матирующего покрытия рекомендуется сделать пробный скан поверхности объекта с целью оценки пригодности его к сканированию.



Рисунок 9.11 – Примеры бликующих и светопоглощающих объектов сканирования

При выполнении сканирования за один кадр (снимок) программное обеспечение формирует часть поверхности объекта. При необходимости выполнения сканирования большей поверхности объекта необходимо делать снимки с разных ракурсов. Полученные сканы объединяются в программном обеспечении и таким образом формируют трехмерную модель исходного тела. При этом важно понимать, что объединение происходит по общим элементам геометрии, то есть сканы должны накладываться друг на друга. При выполнении сканирования нужно учесть, что большое число наложенных друг на друга сканов приведет к ухудшению качества сканирования. Таким образом количество сканов должно быть минимально достаточным для получения геометрии сканируемого объекта.

При сканировании в режиме базового проекта не используются дополнительные средства, например, поворотный столик или маркеры. В данном случае необходимо перемещать сканер или объект вручную. При таком сканировании совмещение сканов невозможно выполнить в автоматическом режиме. При перемещении объекта нужно сохранять его расположение в фокусе камер. Для определения или уточнения этого

расстояния необходимо включить подсветку «крест» и переместить объект таким образом, чтобы крест подсветки на сканируемом объекте совпал с синим крестом на экране персонального компьютера.

Для сканирования по меткам необходимо заранее нанести метки на объект. Поскольку маркеры могут быть разными, их размер и тип указывается при создании проекта. Помимо построения поверхности объекта, в этом режиме сканер находит нанесенные метки, определяет размер и рассчитывает их координаты. Если на каждом следующем скане содержится достаточно смежных меток с предыдущих сканов, новый фрагмент автоматически устанавливается в нужное положение. Таким образом, все фрагменты автоматически образуют трехмерную модель объекта, упрощая дальнейшую обработку данных сканирования и ускоряя процесс получения 3D-модели.

Метки, которые обнаруживает сканер, образуют, так называемую опорную сеть. Это можно назвать еще одним преимуществом сканирования данным способом, поскольку можно заранее создать опорную сеть, а только после производить сканирование, так же каждый новый скан здесь совмещается не с предыдущим сделанным сканом, а по опорной сети, что повысит качество сканирования однотипных протяженных объектов и позволит избежать ошибки совмещения.

Маркеры можно клеить не только на сам сканируемый объект, но и на вспомогательные объекты, что даст возможность использования одной опорной сети неоднократно, поскольку ее можно подгружать перед началом сканирования. Таким вспомогательным объектом может являться подложка, плита с маркерами и другие стационарные объекты. Использование темной поверхности в качестве подложки упростит ее отделение от полученной модели, поскольку такую поверхность сканер может просто «не увидеть». Для создания опорной сети, необходимо установить галочку «Только маркеры» в меню «Сканирование».

Важно отметить, что в случае применения объекта с метками для получения нового кадра лучше перемещать сканер, а не объект сканирования, поскольку смена его положения относительно меток меняться может привести к ошибке совмещения поверхностей.

Если объект сканирования требует матирования, необходимо сначала подготовить объект, а затем немного убрав слой спрея с малого участка, наклеить туда маркер. Маркеры целесообразно размещать на плоских гранях объекта, что упростит процедуру их программного удаления с результата сканирования.

При всех методах сканирования необходимо стараться удерживать объект сканирования на фокусном расстоянии от камер.

Сканирование на поворотном столике осуществляется без меток. Необходимо подключить поворотный стол и установить объект сканирования на его платформе. В таком случае возможно автоматическое сканирование с нескольких ракурсов, что ускоряет процесс получения 3D-модели. Объект сканирования устанавливается ориентировочно в центре стола, таким образом расстояние между объектом и камерами в процессе поворота стола, будет оставаться одинаковым. Кроме того, необходимо разместить стол относительно сканера так, чтобы объект сканирования был в фокусе и полностью помещался в поля обеих камер при всех углах поворота. Для начала процесса сканирования необходимо открыть вкладку «столик» в меню слева и настроить параметры поворотного столика. В данном подменю можно настроить количество поворотов столика N , которое будет делаться за полный оборот столика B в таком случае поворот будет производиться на один и тот же угол α , рассчитать который можно по формуле $\alpha = 360/N$. Также при сканировании можно выбрать угол поворота столика, при этом количество сканов будет пересчитано автоматически. В настройках сканирования можно включить функцию «Автоматически совмещать группы», когда данная функция активна программа будет выполнять совмещение сделанных сканов и их групп в автоматическом режиме, ориентируясь на геометрию и ось стола.

Перед первым сканированием и каждый раз, когда положение сканера относительно столика изменяется, необходимо проводить оценку оси поворотного столика. Это можно сделать, нажав соответствующую кнопку в меню сканирования. Оценка оси происходит в автоматическом режиме. Для ее проведения необходимо использовать специальное калибровочное поле.

Процесс сканирования на поворотном столике начинается с настроек параметров удаления элементов, не относящихся к объекту сканирования. Для этого необходимо открыть вкладку «отсечь». По умолчанию в настройках указан диаметр поворотного столика в случае, если объект сканирования больше размера столика, то необходимо увеличить этот размер, иначе часть элементов объекта сканирования, оказавшаяся за габаритами поворотного столика, будет обрезана. После этого можно начать сканирование.

Независимо от выбранного метода сканирования в разделе «сканировать» необходимо всегда подбирать выдержку, при которой объект хорошо освещен, но не засвечен. Чаще всего, необходимые для достижения лучшего результата настройки в разделах меню, расположенного слева, подбираются опытным путем в зависимости от детали.

На рисунке 9.12 показан пример засвета детали. Чтобы избавиться от него необходимо снизить выдержку в разделе «Сканирование».

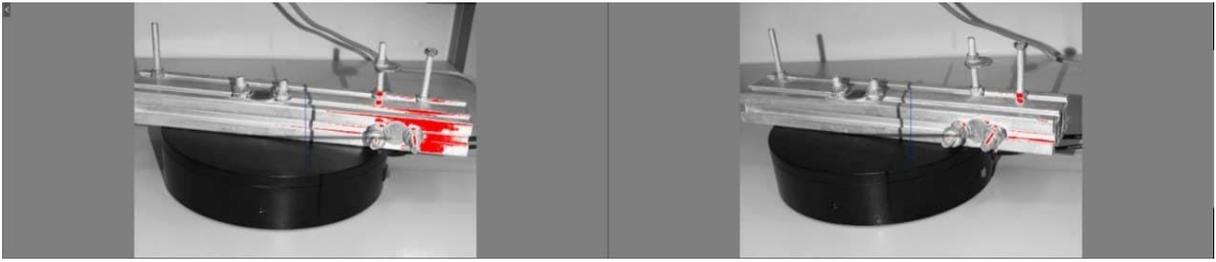


Рисунок 9.12 – Пример засвета сканируемого объекта

Минимальный засвет, показанный на рисунке 9.13, допускается.

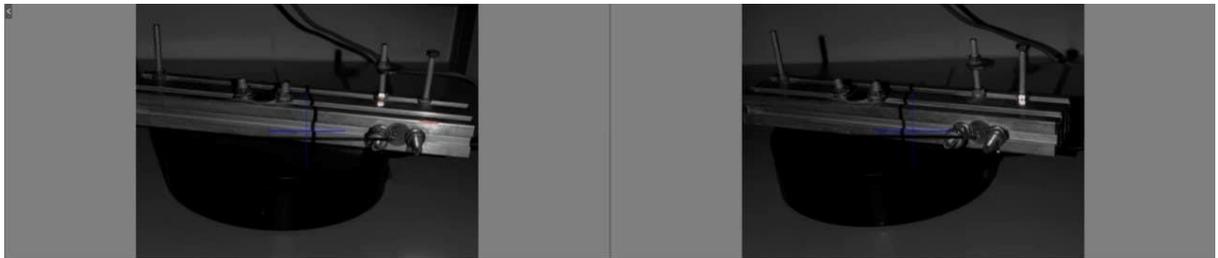


Рисунок 9.13 – Правильная настройка выдержки при сканировании

В процессе сканирования полученные отдельные сканы будут появляться в списке слева. Неудачные снимки или группы снимков можно удалить (переместить в корзину), тогда их можно восстановить, или удалить с диска безвозвратно. Чтобы рассмотреть качество конкретного скана или нескольких, остальные можно скрыть, сняв галочки напротив их наименований. Перемещение результата сканирования объекта осуществляется с помощью правой кнопки мыши, а вращение - левой.

10. Обработка результатов сканирования в программе Scan Center

По окончании сканирования необходимо перейти на вкладку «Обработка».

В данной вкладке присутствуют следующие разделы: очистка, совмещение, модель, обработка, экспорт и вид. Рассмотрим каждый из них.

В первом разделе имеются функции выделения. Функции выделения необходимы для удаления лишних или неудачных фрагментов со сканов. Для работы с этим инструментом необходимо выбирать режим (например, прямоугольник, кисть, лассо или др.) и, зажав `ctrl` + ЛКМ, выделить необходимую часть результата сканирования. Для удаления выбранных фрагментов необходимо нажать клавишу `delete` или «удалить выбранное» в контекстном меню. Так же можно выделить объект, а затем инвертировать выбор. Для снятия выделения используется сочетание клавиш `ctrl` + ПКМ. Важно отметить, что выделение распространяет свое действие только на видимые сканы.

Помимо ручного выделения программа позволяет автоматически выделять и удалять шум, подложку или границы сканов. Если какой-то посторонний элемент сканирования присутствует на конкретном скане, его можно «подсветить» в дереве результатов сканирования используя сочетание клавиш `alt`+ЛКМ.

Для получения трехмерной модели из получившихся сканов их фрагменты необходимо совместить. Как правило совмещение осуществляется по общей геометрии объекта. При работе с длинными и плоскими поверхностями программа может некорректно выполнить совмещение, поэтому при сканировании таких объектов желательно использовать дополнительную геометрию, например, наклеить небольшие кусочки пластилина на сложные участки. При сканировании без маркеров или стола, деталь нуждается в более длительной обработке, поскольку сканы сохраняются в различных положениях и системах координат.

Автоматический вариант совмещения чаще всего используется для произвольно расположенных в пространстве сканов. Для автоматического совмещения необходимо выделить нужные сканы в дереве используя сочетание клавиш `shift` и `ctrl` и запустить процесс автоматического совмещения. Аналогично, для групп сканов можно использовать функцию «совместить группы». Это удобно для проектов, выполненных на поворотном столе. В данном случае нужно выделять группы, а не отдельные сканы. В процессе совмещения подобными способами “Scancenter” анализирует форму поверхности объекта и пытается совместить данные по геометрии друг с другом.

Зачастую автоматическое совмещение требует очень много времени, поэтому иногда целесообразнее пользоваться функцией ручного совмещения. В режиме ручного

совмещения можно совмещать две группы, два скана или группу с отдельным сканом. Для выполнения совмещения в ручном режиме необходимо открыть вкладку «вручную», выбрать группу или скан или несколько групп/сканов, которые будут служить базовым элементом, нажать enter, затем выбрать перемещаемый элемент, также подтверждая его выбор нажимаем enter. Внизу посередине экрана будет виден базовый и перемещаемый элементы в одном окне. Для смещения перемещаемого объекта относительно базового используется сочетание клавиш shift+ЛКМ и shift+ПКМ. Помимо этого, можно использовать совмещение по точкам, выбирая на базовом, а затем на перемещаемом объектах по 3 точки с помощью сочетания клавиш alt+ЛКМ. При совмещении по 3 точкам необходимо приблизительно сопоставить 2 фрагмента сканируемого объекта, далее программным образом осуществляется более точная подгонка и выравнивание поверхностей в автоматическом режиме.

Когда поверхности собрались в единую модель необходимо выполнить «финальное совмещение». Граница между сканами станет менее четкой и они окажутся плотно совмещены друг с другом. В случае работы с группами, сканы в которых совмещение предварительно, до окончательного совмещения для повышения точности лучше выполнить финальное совмещение внутри каждой группы, выбрав конкретную группу и нажав «финальное совмещение» и только после этого выполнить итоговое совмещение.

Следующим этапом является построение единой модели. Для этого необходимо перейти во вкладку «модель», выбрать в дереве группы и сканы, которые нужны для конечной модели и прошли финальное совмещение. При проведении данной операции, необходимо выбрать «художественный» уровень детализации, снять галочку с «заполнять пустоты». Данная функция не применяется в реверсивном инжиниринге так как она нарушает исходную поверхность детали, автоматически достраивая не отсканированные области. Рекомендуется оставлять галочку только на пункте «оптимизировать структуру модели». Далее необходимо нажать «строить модель».

Если после построения модели было обнаружено, что не все дефекты сканирования были удалены, то во вкладке обработки можно также удалить их с модели, как и с отдельных сканов.

Следующая вкладка «Обработка» предназначена для упрощения модели, оптимизировать структуру, сгладить отдельные поверхности, заполнить отверстия, отсечь, выровнять или масштабировать. Эти этапы позволят довести модель до удовлетворительного состояния в рамках поставленной задачи.

После конечной обработки необходимо перейти во вкладку «Экспорт» для сохранения модели. Для этого нужно выбрать построенную модель в дереве, требуемый формат и расположение, куда будет сохранена деталь, затем нажать «экспортировать».

В процессе работы необходимо периодически сохранять сам проект, чтобы в случае проблем с программным обеспечением не потерять все данные. Для сохранения необходимо во вкладку меню выбрать пункт «сохранить проект».

Также стоит отметить, что Scancenter позволяет редактировать несколько проектов одновременно. Для этого в стартовом окне справа под списком проектов нужно перейти в «режим редактора», а затем выбрать необходимые проекты из списка.

10.1. Примеры сканирования

Пример сканирования художественной детали (рисунок 10.1):

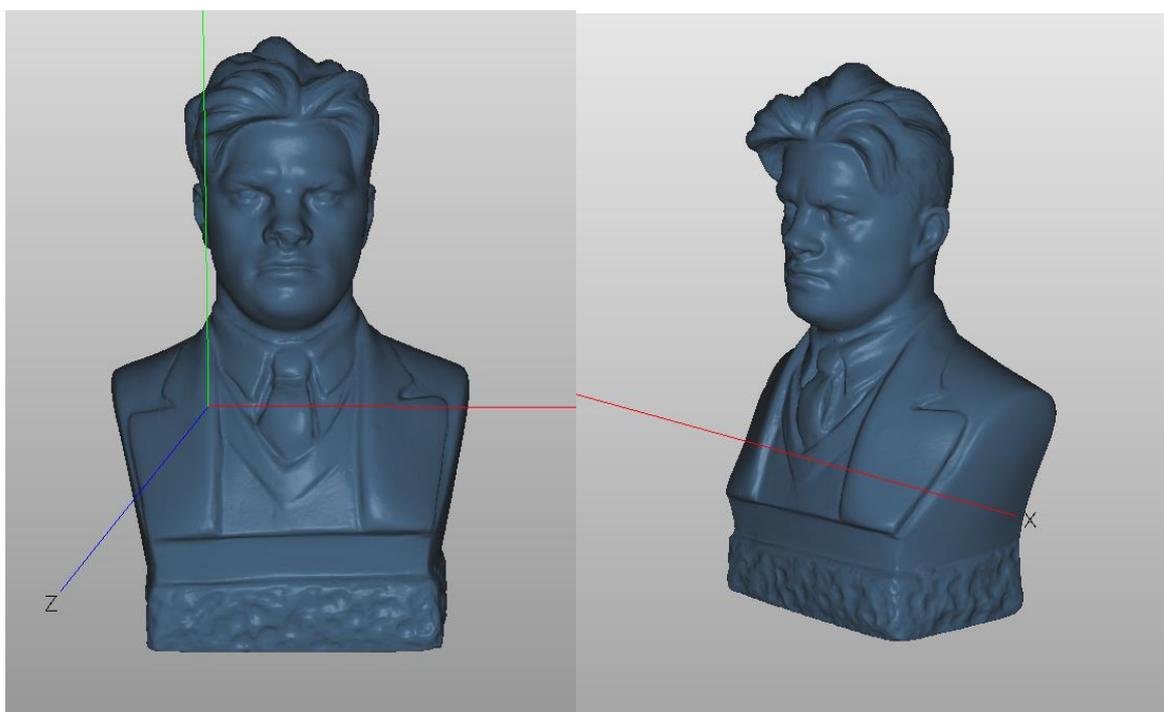


Рисунок 10.1 – Пример сканирования художественной детали

Пример сканирования инженерной детали (рисунок 10.2):

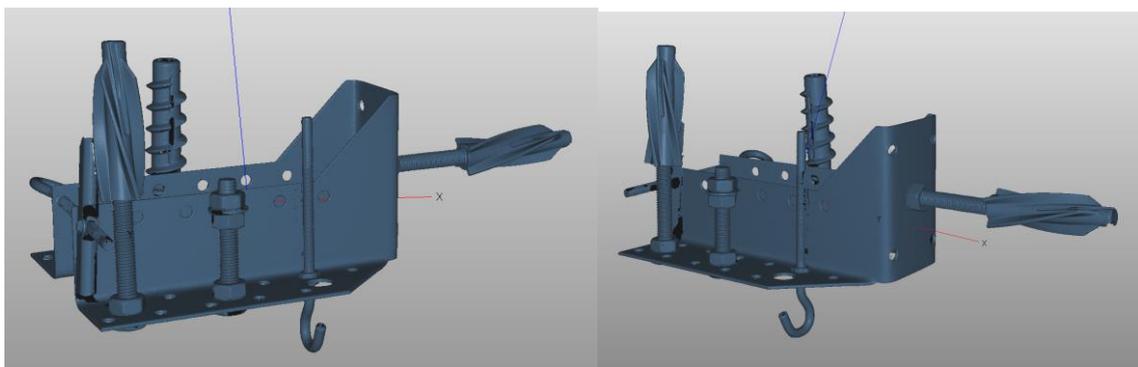


Рисунок 10.2 – Пример сканирования инженерной детали

Как можно заметить, качество получившихся моделей достаточно хорошее. На художественной модели можно разглядеть даже мелкие детали, например, в одежде или волосах. Хорошо виден даже дефект сканируемого объекта. На инженерной детали хороши видны все резьбы и важные конструкционные элементы.

11. Обратное проектирование детали сканирования

11.1. Введение в обратное проектирование.

Реверс инжиниринг – представляет собой построение чертежей и 3D модели по готовой детали с целью ремонта, модификации или изучения.

Человек, который занимается реверс инжинирингом должен обладать инженерным мышлением, так как деталь может быть, например, сломана или иметь следы износа, в таком случае необходимо восстановить геометрию поломки, а затем создать 3D-модель исходной детали. Так же необходимо обладать навыками 3D-сканирования, компьютерного моделирования и анализа материалов.

Данное направление имеет широкий спектр применения в крупных промышленных компаниях (аэрокосмос, транспорт, судостроение, энергетика и добыча), конструкторских бюро, образовательных учреждениях, а также в области протезирования и восстановительной медицины.

Далее рассмотрим пример обратного проектирования по данным 3D сканирования с помощью связки GOM Inspect и Компас 3D.

Программное обеспечение:

После 3D сканирования мы получаем полигональную модель (stl файл), по ней нам необходимо построить параметрическую модель. Для этого необходимо установить GOM Inspect и Компас 3D. GOM Inspect предоставляет лицензию на базовый функционал при регистрации. Компас 3D предоставляет лицензию для обучения.

Обратное проектирование детали (Реверс):

Сначала рассмотрим общий алгоритм реверса, а затем пройдемся по каждому пункту более подробно.

1. Импортировать деталь в GOM Inspect и выровнять относительно системы координат.
2. Построить сечение детали и импортировать его в Компас 3D.
3. В GOM снять все необходимые размеры.
4. В Компас 3D обвести контур детали и параметризовать его по снятым ранее размерам.
5. Выдавить на необходимое расстояние.
6. Повторить пункты 2-5 до построения детали. Сохранение.

Теперь рассмотрим каждый из этапов подробнее:

1. Чтобы загрузить деталь в GOM необходимо создать новый проект и перетащить туда stl файл. Далее вы проверяете, если деталь выровнена

относительно системы координат, тогда этот шаг можно пропустить, но если деталь хаотично расположена в пространстве ее надо выровнять:

1.1. Для выравнивания нужно построить плоскость, давайте разберемся, как это делать.

В вкладке «Построить» выбираем «Плоскость», «Плоскость коррекции...» (рисунок 11.1)

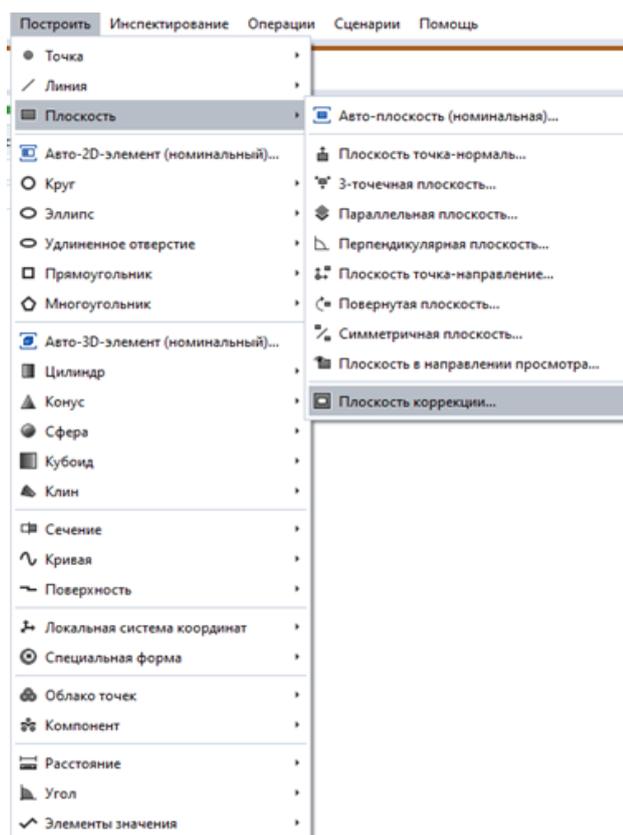


Рисунок 11.1 – Расположение операции «Плоскость коррекции»

После чего Комбинацией клавиш Ctrl + ЛКМ выбираем сторону детали, на которой нужно построить плоскость.

1.2.1 Теперь нужно определиться по каким плоскостям мы будем выравнивать нашу деталь. Строим плоскость по всем сторонам, которые кажутся перпендикулярными (Нужно хотя бы 3).

Теперь нужно понять, между какими 3мя плоскостями угол наиболее приближен к 90 градусам:

Для этого нужно перейти в вкладку «Построить», «Угол», «Угол по 2м направлениям» (как построить угол мы рассмотрим позже более подробно) (рисунок 11.2):

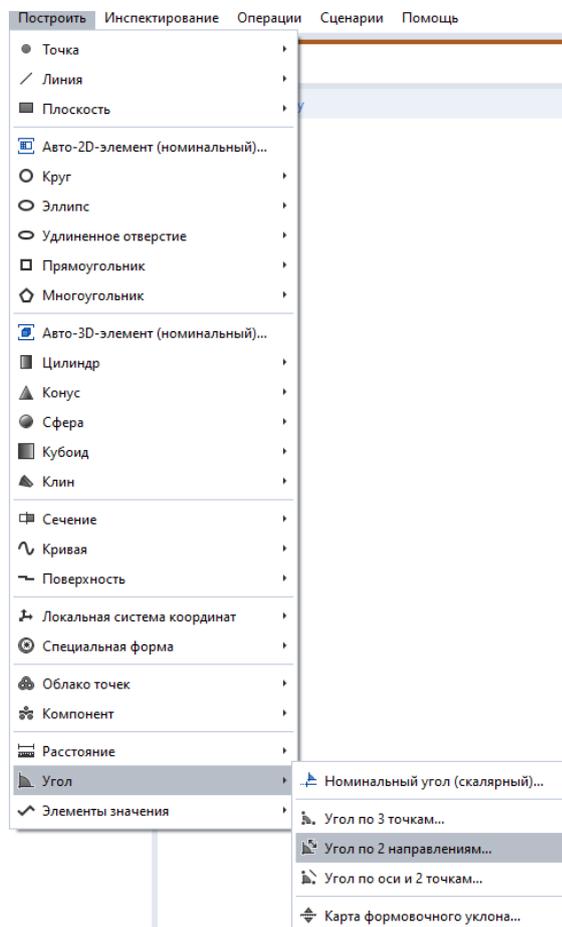


Рисунок 11.2 – Операция «Угол по 2-м направлениям»

После чего смотрим какой угол между плоскостями (можно смотреть в правом нижнем углу появившегося окна, а можно создать угол и включить видимость геометрии, я делаю первым способом, чтобы было понятнее) (рисунок 11.3):

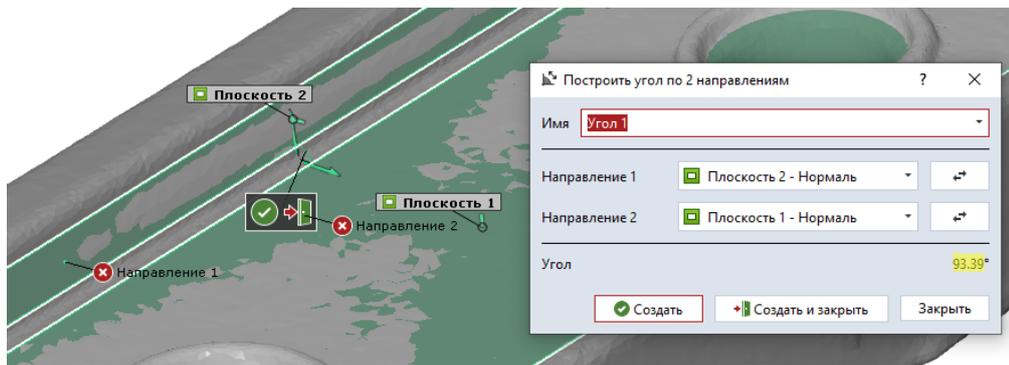


Рисунок 11.3 – Построение угла

После нахождения 3х плоскостей, угол между которыми максимально приближен к 90 градусов, можно выровнять по ним деталь (Плоскости можно строить не только по детали, но и преобразовывать уже имеющиеся, например, построить среднюю плоскость по 2м).

1.2.2 Переходим во вкладку «Операции», «Выравнивание», «Исходное выравнивание», «3-2-1» (рисунок 11.4):

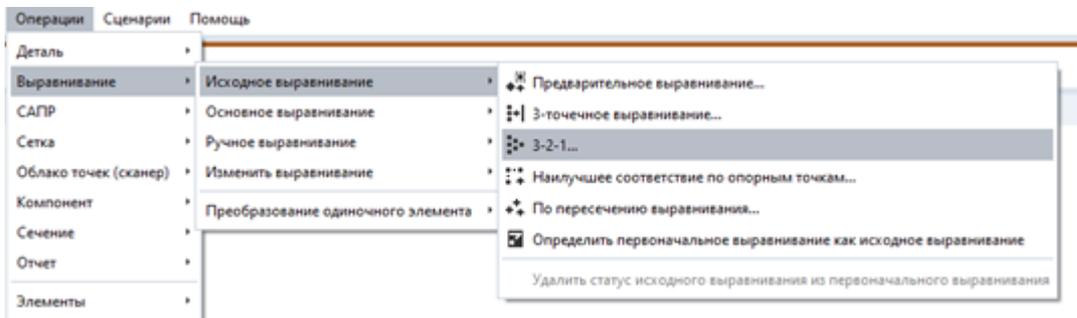


Рисунок 11.4 – Вкладка «Операция»

Выбираем 3 плоскости по которым будем выравнивать. На первой отмечаем 3 точки, на второй 2, и на третьей 1 точку. После этого в режиме предпросмотра можно оценить, как выровнялась деталь (рисунок 11.5).

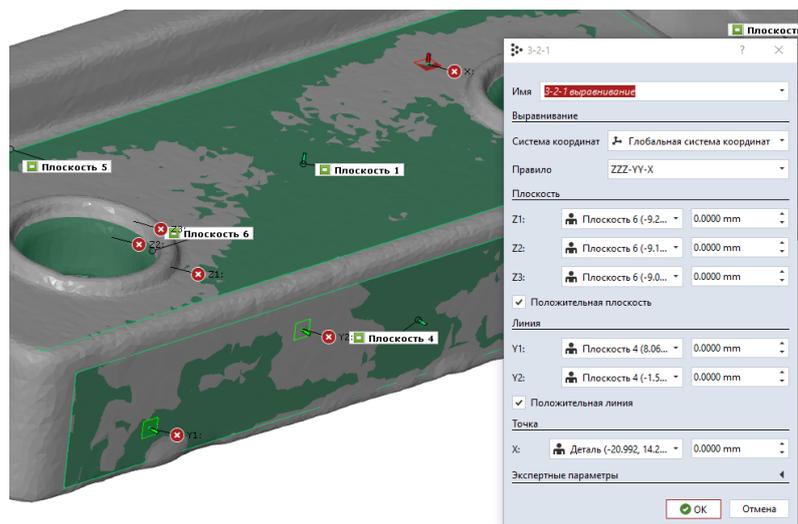


Рисунок 11.5 – Операция «Выравнивание»

Важно! На скриншоте, если посмотреть какие точки были выбраны, написано «Деталь...», так быть не должно, точки надо ставить именно на плоскости!

После выравнивания должно получиться примерно, как на рисунке 11.6:

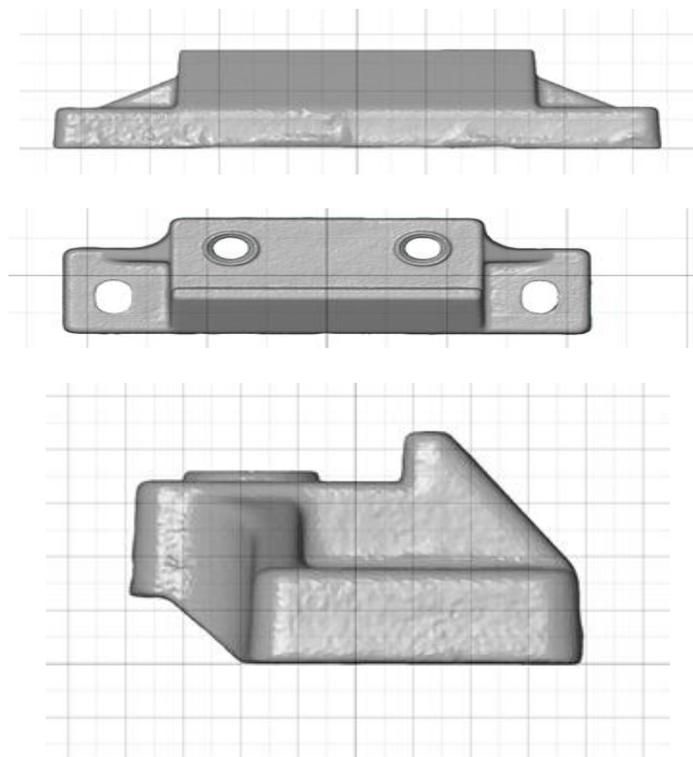


Рисунок 11.6 – Вид детали после выравнивания

2. Сечений нужно делать столько, сколько необходимо для реверса. Давайте посмотрим, как их делать:

- a. Для начала нужно построить плоскость, по которой мы будем сечь деталь. Чаще всего это те плоскости, по которым мы выравнивали деталь, но иногда их может не хватить, и нужно будет выбирать такую плоскость, что бы она секла ту часть детали, которая необходима.
- b. После построения плоскости в вкладке «Построить» Выбираем «Сечение», «Одно сечение» (рисунок 11.7)

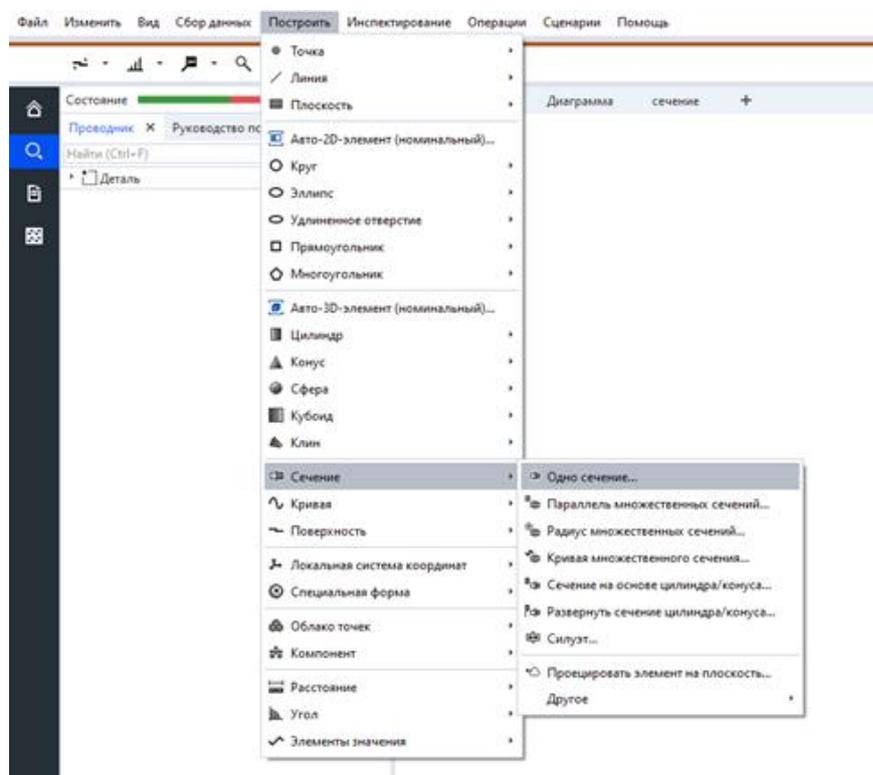


Рисунок 11.7 – Построение сечения

В открывшемся окне надо выбрать нужную плоскость (в нашем случае «Плоскость 1») и «Положение», это расстояние, на котором от плоскости создается сечение. Оно должно быть параметрическим, то есть задаем его мы вручную и запоминаем это число, оно нам понадобится дальше (рисунок 11.8).

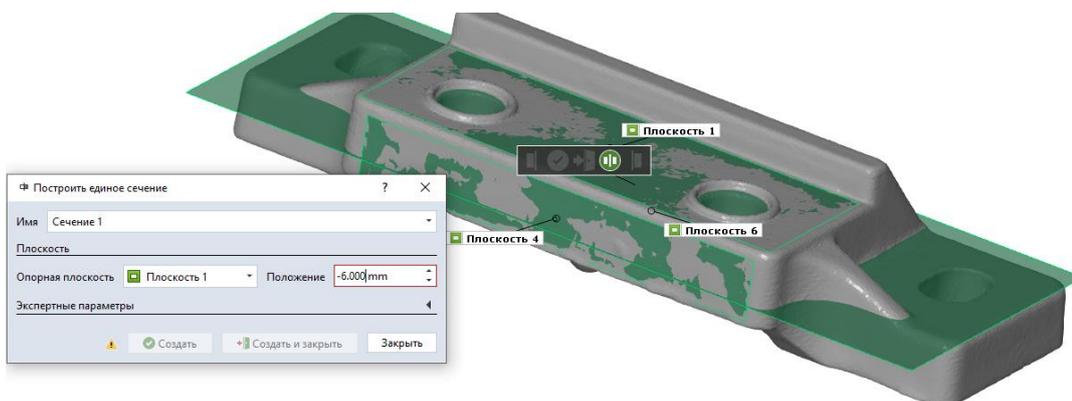


Рисунок 11.8 – Построение единого сечения

После этого наводим курсор на нашу модель, нажимаем ПКМ и выбираем «Выбрать все точки элемента» (рисунок 11.9):

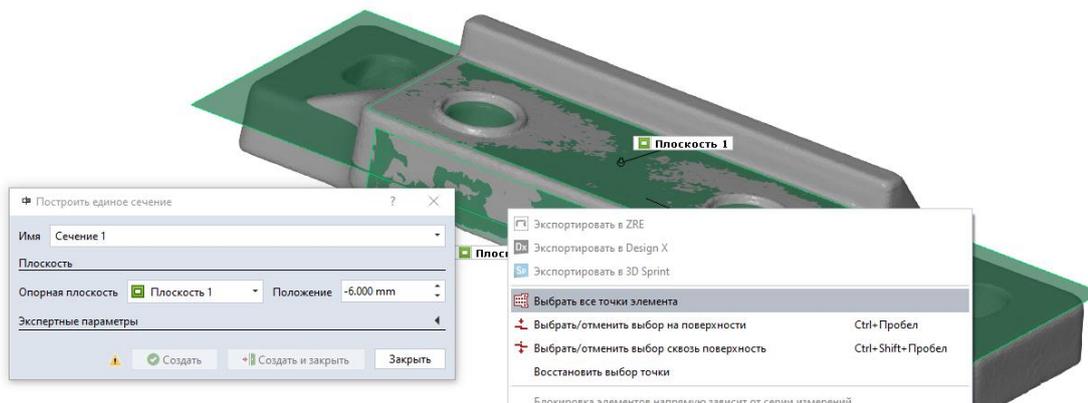


Рисунок 11.9 – Операция «Выбрать все точки элемента»

Модель должна стать красной, теперь можно создать сечение (рисунок 11.10):

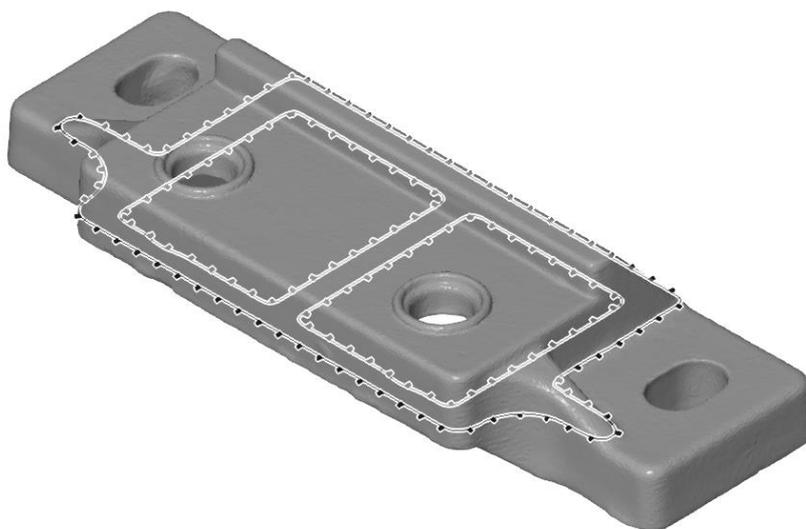


Рисунок 11.10 – Создание сечения

с. Теперь надо экспортировать сечение из GOM. В вкладке «Файл» выбираем «Экспортировать», «Геометрия», «IGES» (рисунок 11.11):

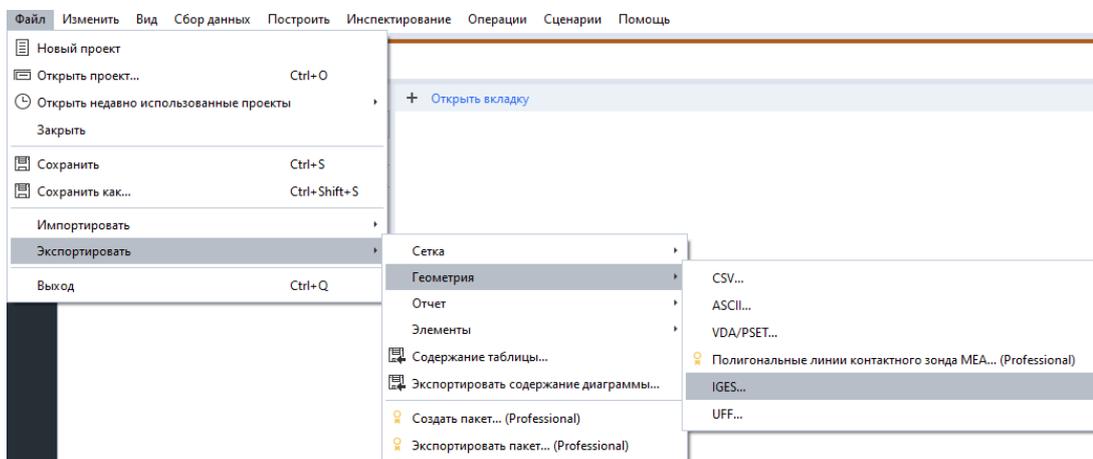


Рисунок 11.11 – Экспорт сечения

Выбираем наше сечение, указываем путь к папке, в которую надо сохранить деталь. Важно! В Пункте «Единицы» указать миллиметры (рисунок 11.12).

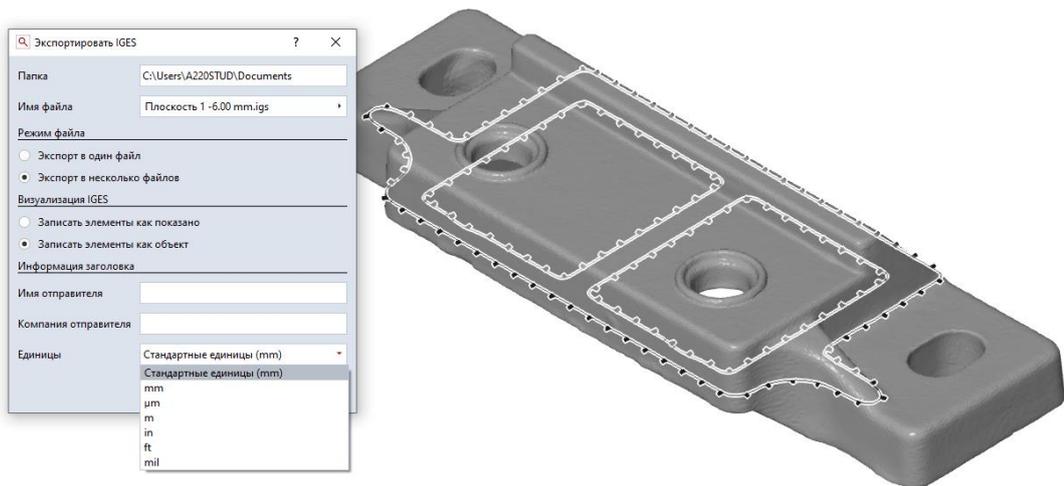


Рисунок 11.12 – Указание единиц измерения

Закрываем GOM.

- а. Теперь это сечение надо импортировать в Компас. Здесь мы будем использовать небольшой «Костыль». Дело в том, что в компас нельзя просто так импортировать файл, созданный не компасом. Поэтому перед тем, как импортировать сечение в Компас, его необходимо просто открыть в компасе. Для этого достаточно просто перетащить файл нашего сечения в компас и в открывшемся окне выбрать «Читать файл формата IGS 3D» (рисунок 11.13)

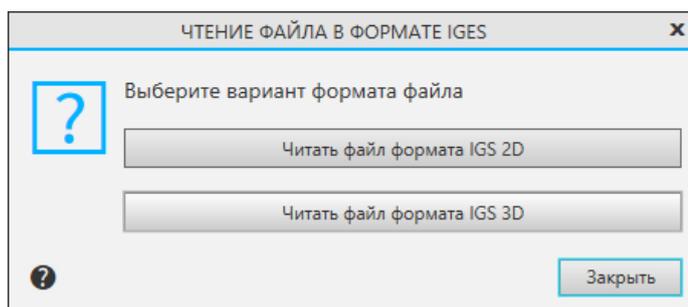


Рисунок 11.13 – Окно «Чтение файла в формате IGS 3D»

После этого в папке, в которой был первоначальный файл сечения, должен появиться ещё один, с расширением «.m3d». Этот файл уже возможно импортировать в нашу деталь. Для этого в панели управления нажимаем на

кнопку «Добавить компоновочную геометрию из файла...» (В отделе «Вспомогательная геометрия» (рисунок 11.14):

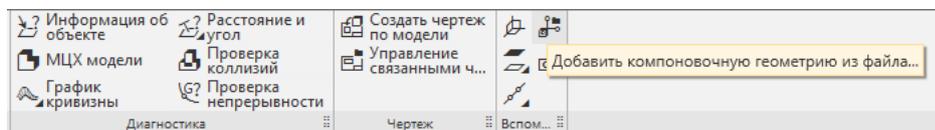


Рисунок 11.14 – Импортирование файла в деталь

После этого в открывшемся окне выбираем файл, который создал Компас после загрузки в него сечения.

3. Теперь надо снять размеры с детали. Можно взять листочек, нарисовать на нем деталь и снимая размеры проставлять их на своем рисунке, а можно сделать сечение и снять размеры только те, которые входят в это сечение. Конечно, можно параллельно строить размеры и проставлять их в Компас, но далеко не каждый компьютер может потянуть одновременную работу GOM и Компаса.

а. Линейные размеры:

Для построение линейных размеров мы будем использовать “Расстояние проецируемой точки...”. Данная функция находится в вкладке “Построить”, “Расстояние” (рисунок 11.15):



Рисунок 11.15 – Функция «Расстояние»

Расстояние мы будем мерить от точки на плоскости до плоскостей системы координат. Важно учитывать, что точку мы будем выбирать именно на плоскости, и расстояние будет строить именно от этой точки до плоскости системы координат. Для построение такого размера надо на плоскости поставить точку комбинацией клавиш Ctrl + ЛКМ, а в пункте “Проецировать на” вручную выбрать из списка нужную нам плоскость системы координат (рисунок 11.16).

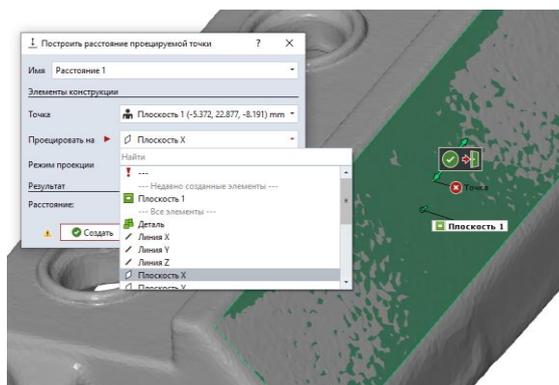


Рисунок 11.16 – Операция «Построить расстояние проецируемой точки»

Важно! В графе “Точка” должна быть именно плоскость, если там написано “Деталь...”, значит эту точку надо удалить и поставить заново именно на плоскость. Если размер нужно снять между двумя построенными плоскостями, то выбираем точку на одной плоскости, после чего той же комбинацией клавиш просто выбираем вторую плоскость.

Также можно узнавать размеры между цилиндром и плоскостью (как построить цилиндр мы посмотрим чуть позже), для этого нужно в графе “Точка” выбрать цилиндр (Достаточно нажать на него комбинацией клавиш Ctrl+ЛКМ, он сам выберет ось цилиндра), а в элементе “проецировать на” выбрать нужную плоскость. Таким образом мы получим расстояние от оси цилиндра до плоскости. Увидеть сам размер можно в самом окне построения в правом нижнем углу (рисунок 11.17):

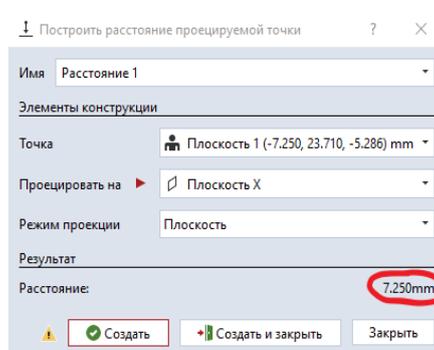


Рисунок 11.17 – Окно «Построение»

Или изменить визуализацию элемента. Для этого нужно выбрать размер, нажав на него левой кнопкой мыши (сразу после создания расстояние, оно уже выбрано), в левом нижнем углу нажать на элемент правой кнопкой мыши, далее “выбрать визуализацию”, ”Geometry”. Над самым размером появится маленькая табличка с размером (Длина обозначена буквой “L”) (рисунок 11.18).

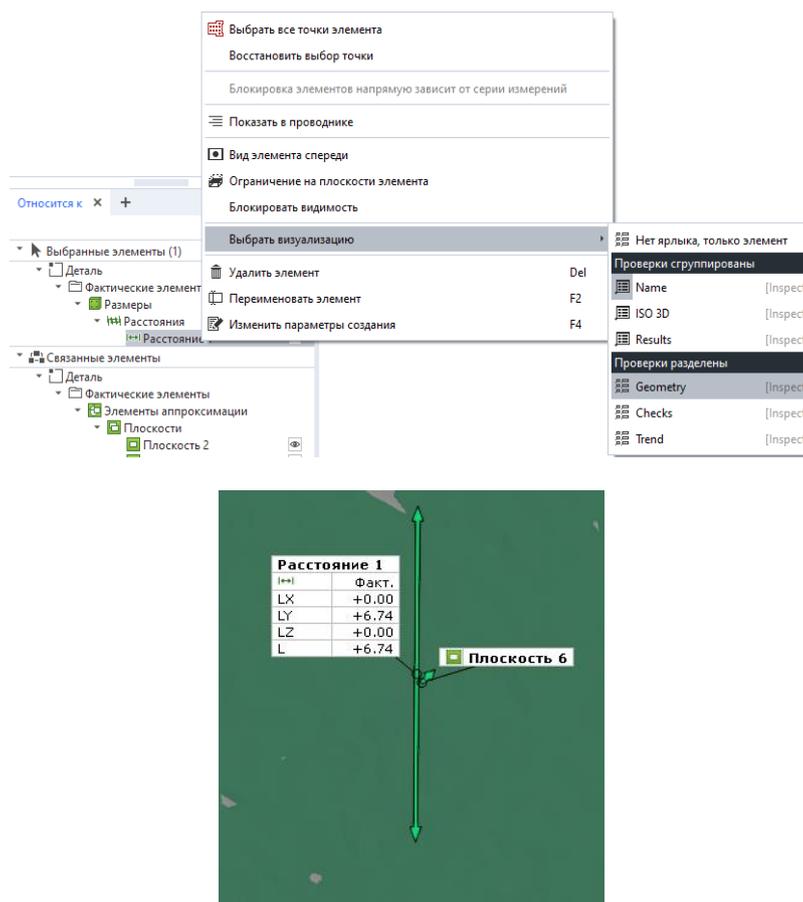


Рисунок 11.18 – Изменение визуализации объекта

б. Радиальные размеры:

С линейными размерами мы разобрались, теперь давайте посмотрим на радиальные. Они нужны что бы узнать диаметр отверстия или, например, радиус скругления.

Как их строить:
Переходим в вкладку “Построить”, “Цилиндр”, “Цилиндр коррекции”
(рисунок 11.19).

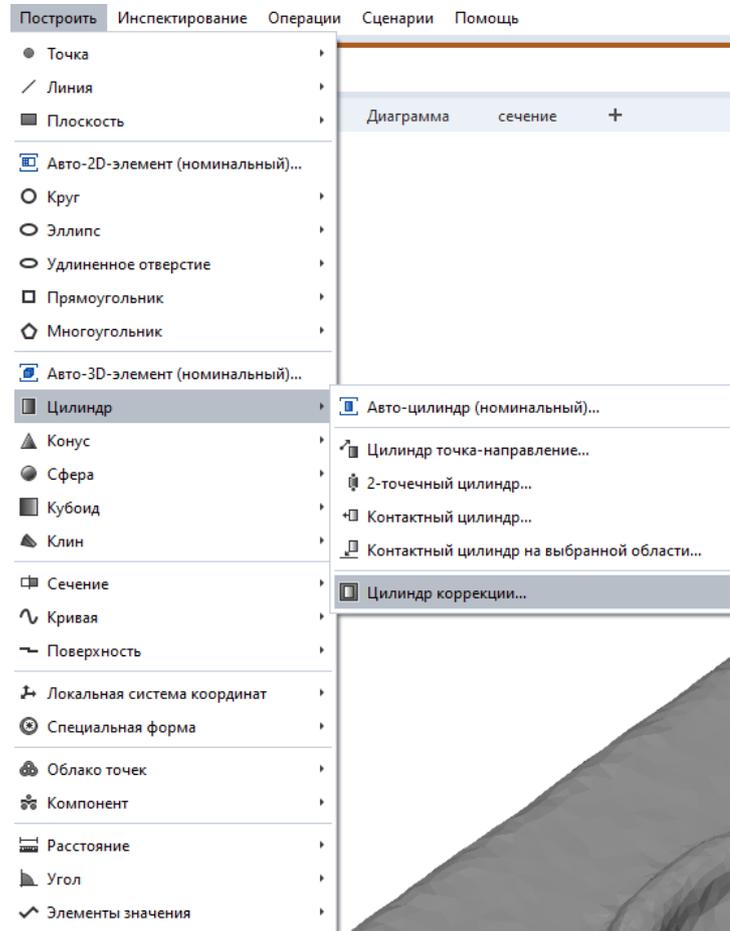


Рисунок 11.19 – Построение радиальных размеров

Комбинацией клавиш Ctrl + ЛКМ выбираем место в котором нужно построить цилиндр. Чтобы увидеть диаметр цилиндра нужно так же, как и у размера, поменять визуализацию на “Geometry”

с. Угловые размеры:

Чтобы построить угловой размер переходим в вкладку “Построить”, “Угол”, “Угол по 2 направлениям...”, после чего нужно выбрать между какими элементами нам нужен угол. Важно! В элементе “Направление” должны быть именно созданные

объекты, если там написано “Деталь ...” или просто какие то координаты, значит точка выбрана неправильно. Угол можно посмотреть в правом нижнем углу окна построения, или же после создания угла поменять визуализацию на “Geometry”.

4. Когда мы получили сечение и сняли все необходимые размеры можно перейти к построению детали. После импорта сечения в Компас надо создать плоскость, которая будет совпадать с сечением (поэтому сечение лучше всегда делать по плоскостям координат). Для начала выбрать плоскость, параллельную сечению. В панели инструментов выбрать пункт “Смещенная плоскость” (В отделе “Вспомогательные объекты”), после чего нажать на выбранную ранее плоскость, и в параметрах указать расстояние (тот размер, который мы вводили в гоме, когда строили сечение (пункт 2.b.)). Наша построенная плоскость и сечение должны совпадать. Далее создаем эскиз на построенной плоскости. Наше сечение состоит из точек, чтобы элементы эскиза не привязывались к этим точкам необходимо в панели быстрого доступа в элементе «Привязки» убрать галочку с пункта «Ближайшая точка» (рисунок 11.20):

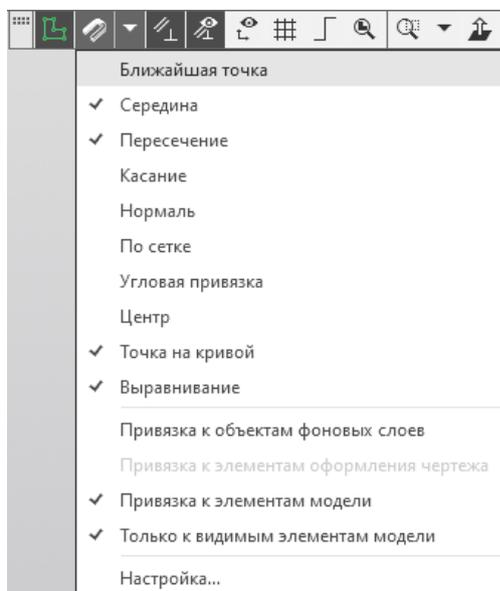


Рисунок 11.20 – Панель быстрого доступа

После чего обводим сечение вручную, используя прямые, окружности, дуги и т.д. (Обводить обязательно параметризуемыми элементами. Например, сплайн использовать нельзя, так как он не параметризуется. После того, как вы обвели всю деталь, нужно параметризовать ее, то есть задать размеры. Так как все размеры мы делали относительно плоскостей системы координат, то и задаем мы размеры относительно осей координат. Для этого в панели инструментов выбираем “Авторазмер” (в пункте “Размеры”), нажимаем на элемент и ось системы координат. Тут важно не просто перенести размеры с GOM, а понимать, что, во-первых, размеры должны быть округлены до сотых или десятых (в зависимости от задания), а во-вторых, эти размеры могут включать в себя: неточность сканирования, неточность совмещения сканов, следы износа или следы поломки. Все это вы должны оценивать сами и строить исходную деталь, которую потом можно будет произвести. Например, если вы получили размер в GOM 7.99мм, то его необходимо округлить до 8мм, или же если вы видите, что у вас группа отверстий явно одинакового диаметра, и конструкция предполагает, что диаметры должны быть одинаковыми, но снимая размеры в GOM вы получили ± 0.1 мм, то вы должны выбрать среднее из этих значений (то есть если есть 4 отверстия диаметры которых в GOM: 2.30, 2.35, 2.26, 2.29, то очевидно, что размер всех отверстий из этой группы 2.30).

5. Когда все размеры проставлены, эскиз можно выдавливать. Для этого необходимо завершить эскиз, нажав на кнопку завершения эскиза в правом верхнем углу, после чего выбрать “Элемент выдавливания” (В пункт “Элементы тела”). Очень важно выдавить элемент в нужную сторону. Понять куда выдавливать можно, посмотрев на взаимное расположение сечения и начала координат в GOM, и повторить его в Компасе, или же создать и импортировать еще одно сечение, выше или ниже предыдущего, чтобы ориентироваться по нему.

6. Если деталь полностью построена, её нужно правильно сохранить.

В Компасе после окончательного построения детали необходимо выключить видимость всех сечений, эскизов и остальных вспомогательных элементов и т.д. кроме самой детали. После этого переходим в вкладку «Файла», «Сохранить как...», в открывшемся окне выбираем папку, в которую хотим сохранить нашу деталь, в поле «Тип файла:» выбрать STEP. После этого в кнопке «Сохранить» должна появиться стрелочка вниз, нажимаем на нее и выбираем «Сохранить с параметрами...», в открывшемся окне в

параметрах ставим галочку только напротив пункта «Только видимые объекты» и нажимаем «Экспортировать». Таким образом мы сохранили только саму деталь.

В GOM после выравнивания детали лучше сразу ее сохранить, так как вы можете делать деталь не за один раз, или может произойти форс-мажор, а выровнять деталь второй раз точно так же уже не получится. Также часто в задании требуется предоставить не только саму деталь, но и полигональную модель. Для сохранения выровненной детали необходимо ее выбрать (Нажать на деталь левой кнопкой мыши), затем в вкладке «Файл», «Экспортировать», «Сетка», «STL...». В открывшемся окне можно задать папку, в которую сохранится деталь. Обязательно выбрать параметр «Единицы» миллиметры.

Рекомендуется сохранять проект каждые 10-15 минут или после каждого серьезного изменения, так как любая программа может вылететь и весь прогресс не сохраняется.

11.2. Сравнение полученной параметрической модели с результатом сканирования в программе GOM Inspect

После сохранения детали, вы можете импортировать её в GOM («Файл», «Импортировать», «Файл»), в открывшемся детали, она должна совпадать с вашей полигональной моделью (если это не так, значит либо выдавливание происходило в неправильном направлении, либо полигональная модель была выровнена заново или после выравнивания не была сохранена). После этого нужно перейти в вкладку «Инспектирование», «Анализ поверхности на основе САПР», «Сравнение поверхности с САПР...», в открывшемся окне необходимо изменить параметр «Макс. расстояние», по умолчанию там стоит 10 мм, что для нас очень много, меняем это значение на 1мм (можно и меньше, чуть позже будет понятно, что это за параметр). После выполнения этой операции деталь должна стать разноцветной, чтобы лучше это увидеть нужно скрыть полигональную модель (сетку). Для этого в вкладке «Проводник» открываем пункт «Деталь» и скрываем сетку (рисунок 11.21):

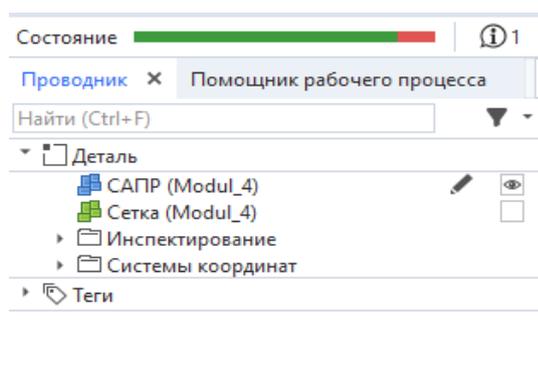


Рисунок 11.21 – Импорт детали

Теперь мы видим нашу деталь разноцветной. Справа мы можем увидеть шкалу соответствия цвета и значение. То есть если на детали есть область красного цвета, это значит, что это область не совпадает с полигональной моделью на значение, которое можно посмотреть на шкале справа. Значение в 1мм, которое мы установили ранее в параметре “Макс. расстояние” задает диапазон, в котором проверяется отклонение, соответственно, чем меньше диапазон и больше зеленая область, тем лучше.

Самые распространенные ошибки:

1. Несостыковка базовых элементов. Рассмотрим эту ошибку на примере подкосной стороны какой-либо детали. У вас должна быть сторона плоской, но посреди стороны проходит прямая (рисунок 11.22).

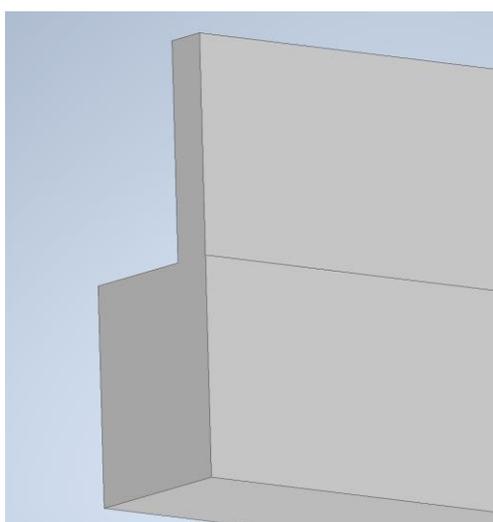


Рисунок 11.22 – Несостыковка детали

На картинке мы видим, что лицевая левая сторона - одна сплошная плоскость, а лицевая правая сторона - 2 плоскости, хотя, измеряя расстояние и угол между ними в Компасе мы видим, что они параллельны расстояние между ними 0. Это происходит из-за того, что деталь делалась в 2 выдавливания, и на втором эскизе прямая, по которой строилась эта сторона, ставилась “на глаз”. На самом деле расстояние между этими плоскостями 0,00005 мм, но Компас округляет это значение до 0. Как это исправить: параметризовать. Если бы размер был указан относительно начала координат в обоих эскизах, такого не произошло. Также можно использовать функцию проецирования геометрии.

2. Не округлен размер. Не должно быть элементов, размер которых равен “9.0002мм” - это ошибка, такой размер необходимо округлять. Также не должно быть элементов расстояние или угол между которыми не был округлен до сотых.
3. Коллизии. Коллизия – это дефект одного элемента детали, которых возник из-за выдавливания другого. Посмотрим на примере (рисунок 11.23):

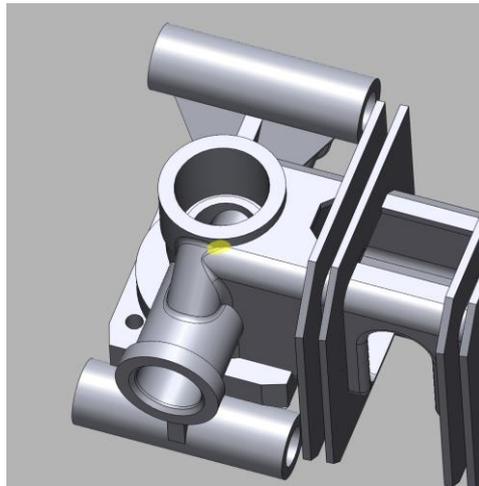


Рисунок 11.23 – Коллизия

В области, которая выделена жёлтым цветом присутствует коллизия, посмотрим поближе (рисунок 11.24):

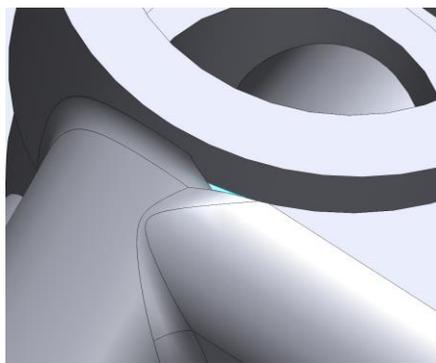


Рисунок 11.24 – Коллизия (увеличение)

Видно, что там, где должно было быть скругление, образовался кусочек плоской поверхности (выделен синим на картинке). Это произошло из-за того, что верхняя плоскость выдавливалась после того, как были сделаны скругления, и при выдавливании задела скругления. Коллизии являются грубыми ошибками при реверсе, которых необходимо избегать. Как правило коллизии достаточно трудно исправить, так как их чаще всего замечаются в самом конце проектирования детали, когда исправить что-либо уже достаточно сложно.

11.3. Пример обратного проектирования простой детали.

Посмотрим на реверс данной детали:

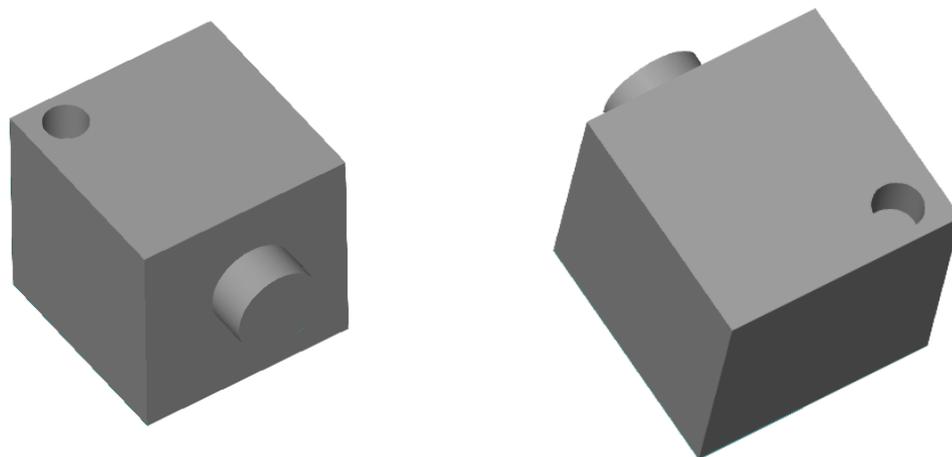


Рисунок 11.25 – Деталь для реверса

Проверим, как он выровнен относительно системы координат (рисунок 11.26):

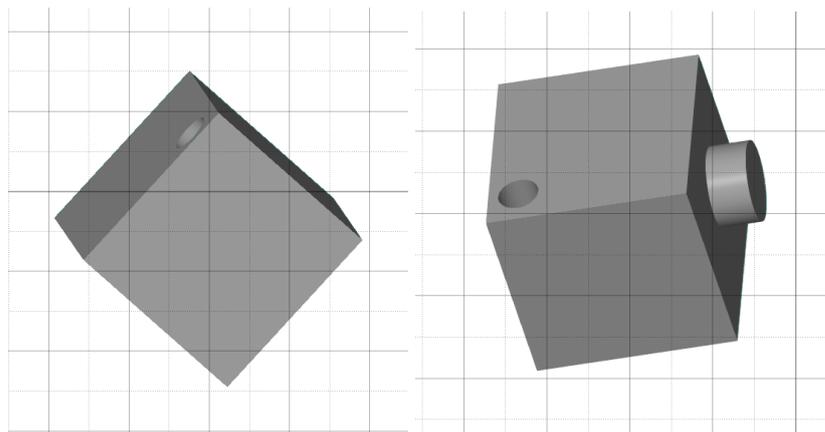


Рисунок 11.26 – Положение детали относительно системы координат

Видно, что деталь не выровнена относительно системы координат. Построим 3 плоскости на сторонах и проверим их перпендикулярность (рисунок 11.27):

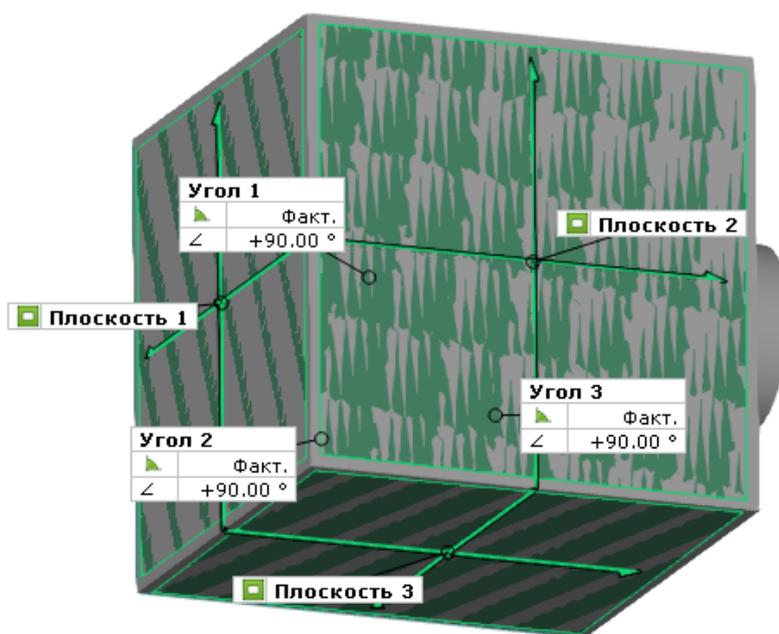


Рисунок 11.27 – Проверка плоскостей на перпендикулярность

Плоскости под углом 90 градусов, значит по ним можно выровнять деталь (рисунок 11.28).

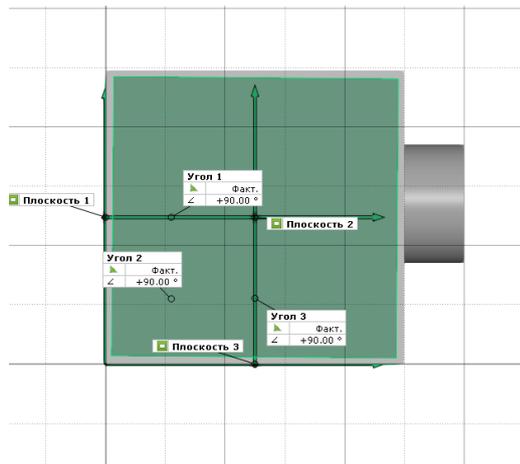


Рисунок 11.28 – Выравнивание детали по плоскости

Теперь можно скрыть все ненужные размеры и построить сечение. Сначала лучше делать основную часть детали, а потом уже мелочи. После построения сечения необходимо перенести его в компас, снять необходимые размеры и проставить их на эскизе в компасе (рисунок 11.29):

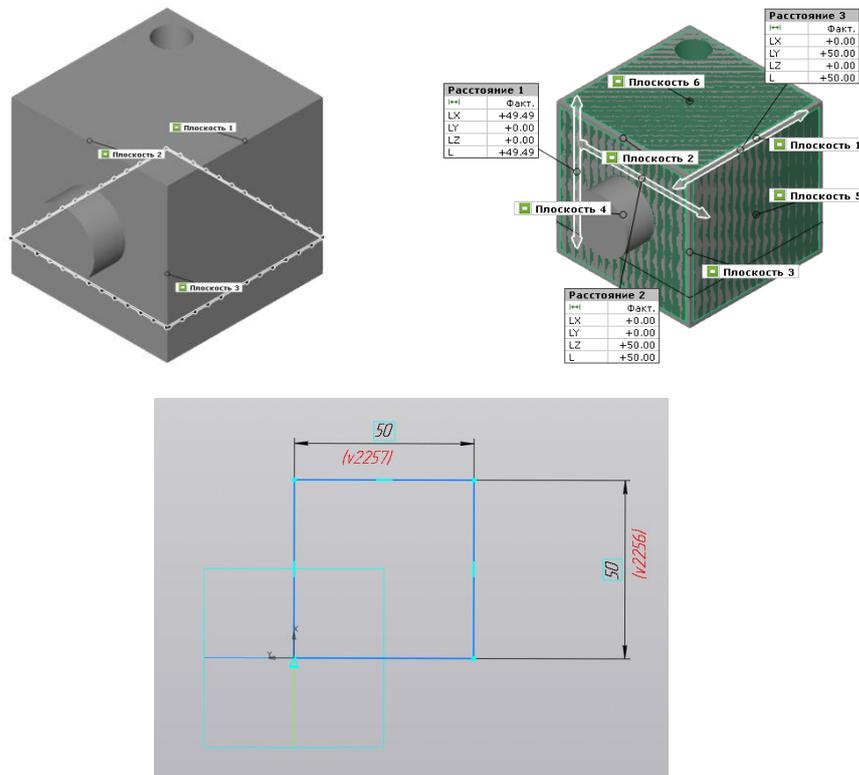


Рисунок 11.29 – Проставление размеров детали в Компасе

После проставления размеров на эскизе, необходимо деталь выдавить. Сечение строилось на расстоянии 10 мм от нижней стороны детали, следовательно выдавливаем на 10мм вниз. Зная всю длину, мы можем вычесть из нее 10 мм (то, что будет выдавлено вниз), и получем размер, на которых необходимо выдавить эскиз вверх. Важно учесть, что вся длина получается 49.49мм, такой размер обычно не ставится, его необходимо округлить до 49.5, и уже из округленного размера вычитать:

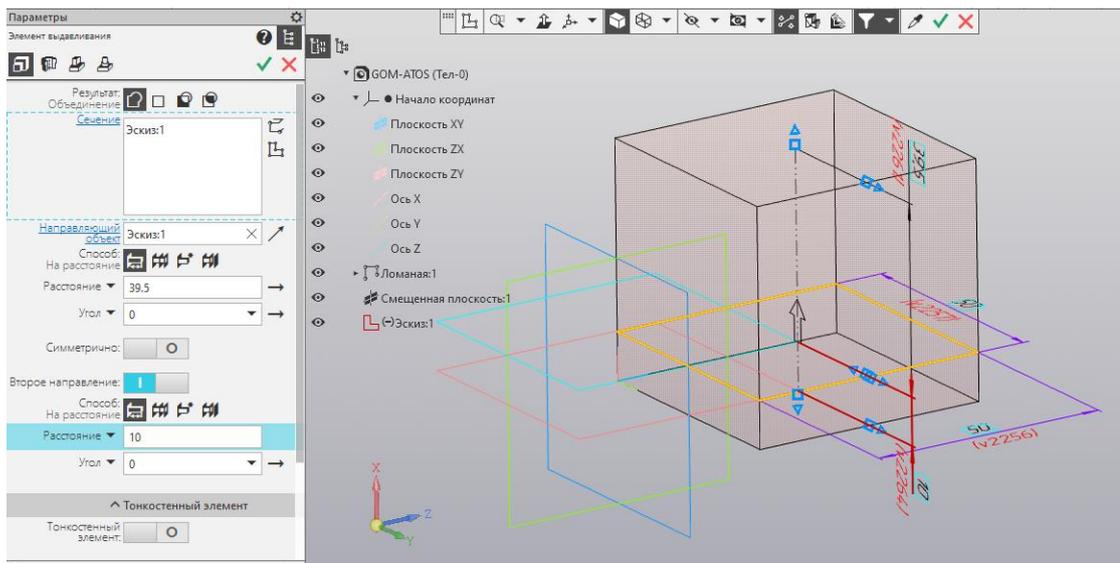


Рисунок 11.30 – Выдавливание детали

Далее делается цилиндр, строим плоскость на его торце, чтобы узнать его длину, и строится сам цилиндр коррекции, чтобы узнать его диаметр и расстояние от плоскостей системы координат. Так же строится сечение относительно плоскости Y (рисунок 11.31):

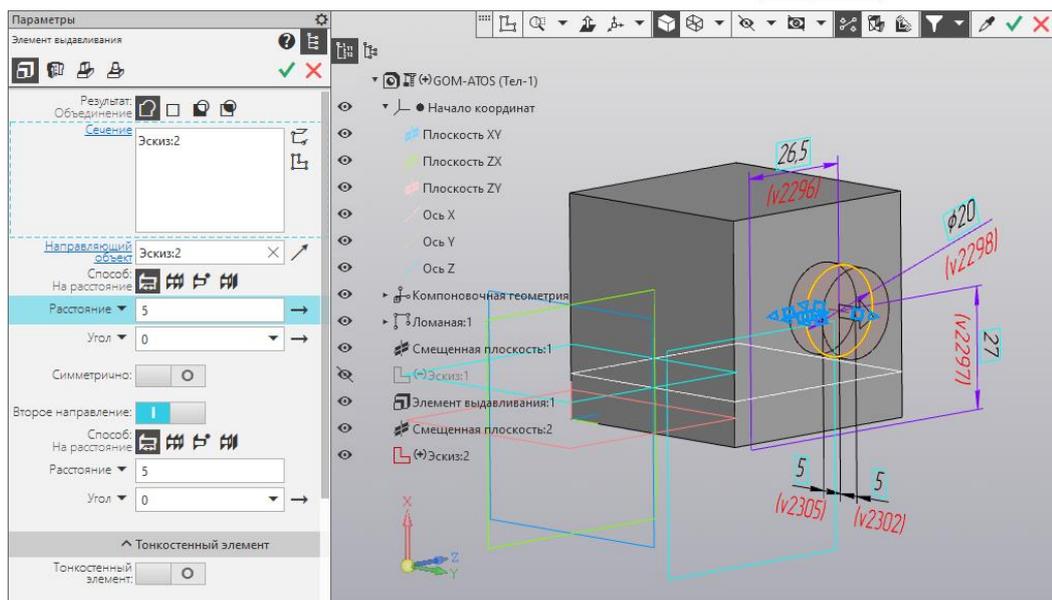
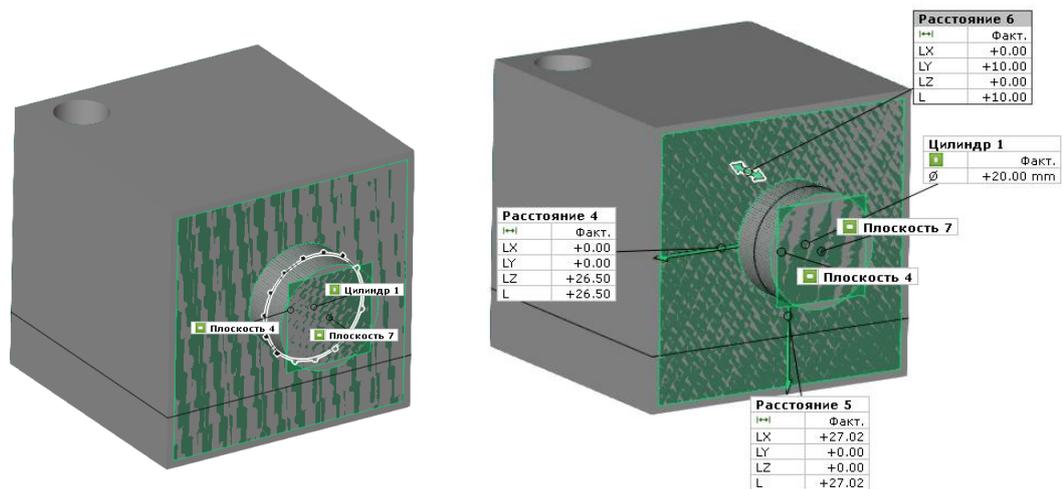


Рисунок 11.31 – Построение сечения относительно плоскости Y

Осталось сделать отверстие. Что бы померить его глубину, необходимо построить на дне и построить расстояние до плоскости, построенной на стороне (рисунок 11.32)

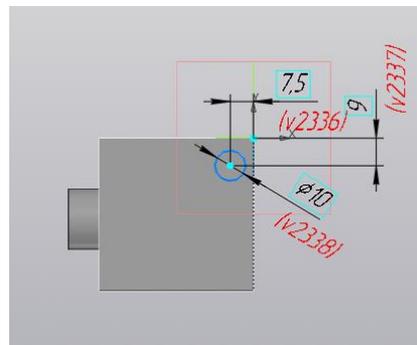
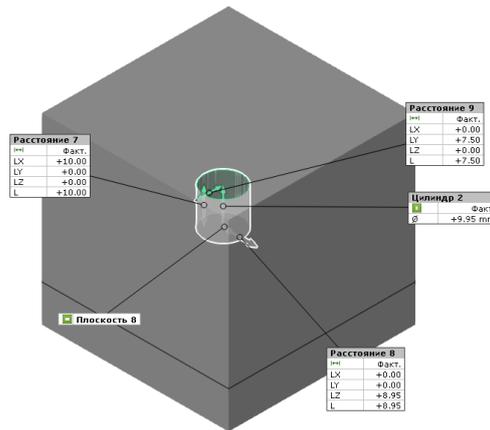


Рисунок 11.32 – Построение отверстия

Важно правильно расставлять размеры. Размер 9.95мм округляем до 10мм, размер 8.95мм округляется до 9мм.

В больших деталях после завершения части детали по какому-либо сечению, его необходимо удалять, так как сечение в компасе хранится как набор точек. Оперативной памяти может не хватить. Сечение находится в дереве построения в отделе «Компоновочная геометрия», «Ломанная ...» (рисунок 11.33):

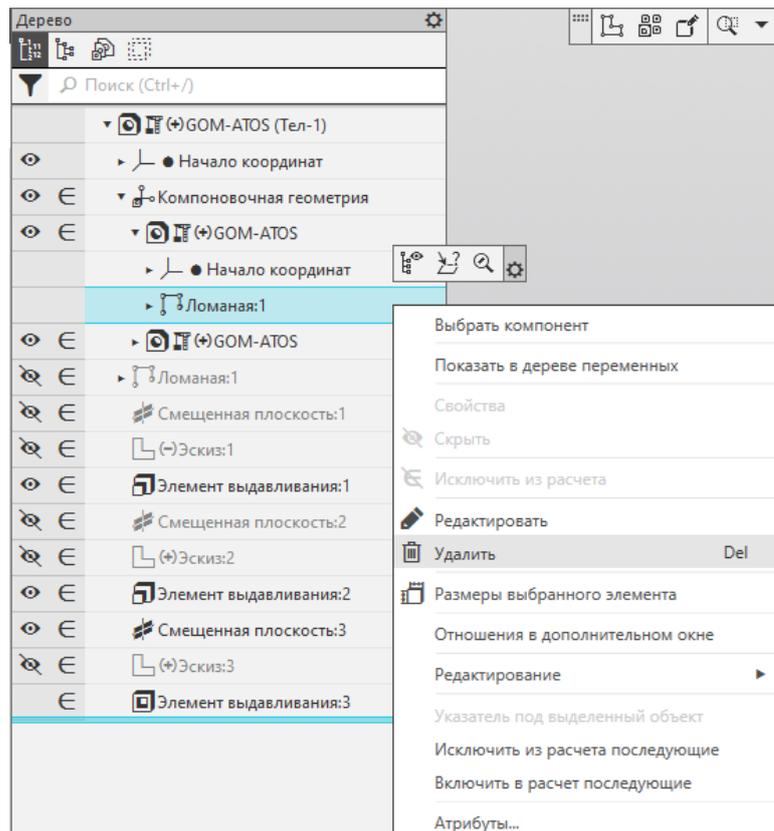


Рисунок 11.33 – Построение ломаной

Реверс детали завершён.