

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»**

**Кафедра технологии машиностроения**

**САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к выполнению курсового проекта  
для студентов направления подготовки  
15.03.01 «Машиностроение»  
(профиль «Технологии, оборудование и автоматизация  
машиностроительных производств»)  
всех форм обучения**

**Воронеж 2026**

УДК 621:658.52.011.56  
ББК 34.5 я7

**Составители:** канд. техн. наук М. В. Кондратьев,  
канд. техн. наук М. Н. Краснова

**САПР технологических процессов:** методические указания к выполнению курсового проекта для студентов направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: М. В. Кондратьев, М. Н. Краснова. - Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2026. - 58 с.

Методические указания разработаны в рамках федерального проекта «Наука и кадры для производства средств производства и автоматизации», с целью усиления практической ориентированности и освоения современных средств автоматизированного проектирования дисциплин модуля «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств».

В методических указаниях изложены общие вопросы по выполнению курсового проекта по дисциплине «САПР технологических процессов». Приведены требования к содержанию и объему, примеры выполнения пунктов курсового проекта. Также методические указания предназначены для самостоятельной работы студентов с целью закрепления теоретических знаний по изучаемой дисциплине.

Предназначены для студентов направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде в файле МУ\_САПР ТП\_КП\_2026. pdf.

Ил. 50. Библиогр.: 3 назв.

**УДК 621:658.52.011.56**  
**ББК 34.5 я7**

**Рецензент** - В. Ф. Селиванов, д-р техн. наук, профессор кафедры технологии сварочного производства и диагностики ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

## Введение

Системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП), в международной классификации обозначаемые как CAPP (Computer-Aided Process Planning), являются связующим звеном между конструкторской разработкой (CAD) и непосредственным производством (CAM).

Их основная задача — автоматизация разработки техпроцессов, формирование маршрутных и операционных карт, а также нормирование ресурсов.

В современной концепции «Индустрии 4.0» системы CAPP интегрируются в цепочку:

CAD (Design): Геометрическая модель изделия.

CAPP (Process Planning): Определение последовательности операций, выбор оборудования, инструмента, расчет режимов и норм времени.

CAM (Manufacturing): Генерация управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ.

PDM/PLM: Управление данными об изделии и жизненным циклом.

Существует три классических подхода к автоматизации ТП:

Диалоговое проектирование: Инженер формирует техпроцесс вручную, используя базу данных (БД) системы как справочник. Система берет на себя рутинные функции: оформление документации по ГОСТ (ЕСТД), расчет режимов резания и норм времени.

Метод модификации (Типовое проектирование): Система находит в базе данных ТП-аналог (типовой процесс) для схожей детали. Технолог корректирует его под конкретные требования. Это наиболее распространенный и эффективный метод для предприятий с установившейся номенклатурой.

Генеративное проектирование (Синтез): Система на основе алгоритмов искусственного интеллекта и анализа геометрии детали (из CAD-модели) автоматически генерирует уникальный техпроцесс «с нуля». Это наиболее сложный метод, требующий формализации огромного объема технологических знаний.

Ключевые функции современных систем.

Проектирование межцеховых маршрутов (расцеховка).

Формирование структуры ТП: Выбор операций (токарная, фрезерная, термообработка и т.д.) и их последовательности.

Технологическое нормирование: Автоматический расчет материальных затрат (заготовок) и трудозатрат (времени).

Подбор оснастки и инструмента: Интеграция с электронными каталогами производителей.

Автоматическое формирование документации: Вывод маршрутных, операционных и контрольных карт в соответствии со стандартами (в РФ — ЕСТД).

Популярные системы на российском рынке.

Ввиду специфики отечественных стандартов оформления документации (ЕСТД), российские CAPP-системы занимают лидирующие позиции внутри страны:

**ВЕРТИКАЛЬ (АСКОН):** Популярная система, тесно интегрированная с КОМПАС-3D и ЛОЦМАН:PLM. Обладает развитыми средствами расчета режимов резания.

**TechnologiCS:** Комплексная система, объединяющая функции CAPP и управления производством (MES/ERP).

**ADEM CAPP:** Часть интегрированной CAD/CAM/CAPP системы, обеспечивающая сквозное проектирование.

**СПРУТ-ТП:** Система с глубокой автоматизацией нормирования и возможностью гибкой настройки алгоритмов.

**NX от компании Siemens:** многофункциональный продукт, охватывающий полное автоматизированное сопровождение детали на всем ее жизненном цикле.

В экосистеме Siemens задачи CAPP решаются на стыке двух продуктов: непосредственно NX (формирование операций и траекторий) и Teamcenter (управление данными, ресурсами и маршрутами — модуль Manufacturing Process Planner).

**Мастер-модель:** В NX используется концепция ассоциативности. Любое изменение в конструкторской 3D-модели автоматически транслируется в технологический процесс и управляющую программу (УП) для станка с ЧПУ.

**PMI (Product and Manufacturing Information):** NX позволяет считывать технологические данные (допуски, шероховатости), предоставленные конструктором на 3D-модели, и автоматически учитывать их при выборе инструмента и стратегии обработки.

Ключевые технологические модули NX:

Обработка на основе элементов (FBM — Feature Based Machining).

Это вершина автоматизации в NX. Система анализирует геометрию детали, распознает конструктивные элементы (отверстия, карманы, пазы) и автоматически назначает:

Последовательность переходов (например: центрование -> сверление -> развертывание).

Необходимый режущий инструмент.

Режимы резания.

Это минимизирует рутинный ввод данных и сокращает время проектирования ТП на 80–90% для типовых деталей.

Библиотека технологических ресурсов (MRL — Manufacturing Resource Library)

NX интегрируется с базой данных Teamcenter, где хранятся цифровые двойники инструментов, приспособлений и станков. Технолог выбирает не «абстрактную фрезу», а конкретную сборку инструмента с учетом её вылета,

жесткости и геометрии патрона, что критично для предотвращения коллизий.

Симуляция и верификация (ISV — Integrated Simulation and Verification).

В NX проектирование ТП неразрывно связано с симуляцией. В систему встроен цифровой двойник станка, который проверяет техпроцесс на уровне G-кода. Это позволяет:

Устранить задиры и столкновения до выхода на реальный станок.

Оптимизировать время цикла.

Проверить возможность базирования детали в конкретном приспособлении.

NX Assembly Manufacturing: Позволяет проектировать процессы сборки сложной техники (двигатели, авиастроение), визуализировать последовательность операций и создавать интерактивные инструкции для рабочих.

Additive Manufacturing: Полный цикл проектирования ТП для 3D-печати металлами или пластиками — от оптимизации топологии до подготовки поддерживающих структур.

Преимущества внедрения высокоуровневой системы (NX) в 2025 году.

Концепция «Цифрового двойника»: Вы проектируете не бумажный документ, а виртуальный процесс, который на 100% соответствует реальности.

Снижение межоперационного брака: Благодаря интеграции CAD/CAM/CAPP исключаются ошибки при передаче данных между отделами.

Единая среда: Технолог по ЧПУ и технолог по оснастке работают в одном интерфейсе, что ускоряет согласование.

Постпроцессирование: Возможность тонкой настройки вывода данных под любые современные контроллеры ЧПУ (Sinumerik, Fanuc, Heidenhain).

Если для предприятия приоритетом является автоматизация выпуска документации (бумажных карт) для универсальных станков, выбирают российские CAPP (Вертикаль, СПРУТ-ТП). Если же производство ориентировано на высокотехнологичную обработку на станках с ЧПУ, сложную сборку и бесбумажные технологии, стандартом де-факто является NX.

Преимущества внедрения CAPP:

- Сокращение сроков подготовки производства в 2–3 раза.
- Повышение качества ТП: Исключение субъективных ошибок «человеческого фактора».
- Накопление базы знаний: Технологический опыт предприятия сохраняется в цифровом виде, а не в головах уходящих специалистов.
- Точный расчет себестоимости: Возможность оперативно оценить затраты на производство изделия еще на этапе проектирования.

Резюме: Современная CAPP-система — это уже не просто «редактор бланков», а интеллектуальная среда, которая позволяет трансформировать 3D-модель изделия в оптимальный производственный алгоритм.

Курсовой проект выполняется студентами самостоятельно с целью получения навыков решения реальной производственной задачи по изучению возможностей автоматизированного проектирования технологических процессов.

Методические указания содержат требования к выполнению курсового проекта, связанного с изучением современных средств автоматизированного проектирования технологических процессов. Приведены содержание, примерный объем и примеры выполнения пунктов курсового проекта.

Методические указания предназначены также для самостоятельной работы студентов с целью закрепления теоретических знаний.

## **1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе**

### **1.1 Цель изучения дисциплины**

- освоение материалов о состоянии современных средств автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении, возможности и особенности программного обеспечения; изучение общих принципов и методов проектирования технологических процессов с использованием средств автоматизации.

### **1.2 Задачи освоения дисциплины**

- ознакомление с возможностями современного программного обеспечения;
- автоматизация проектирования технологических процессов изготовления деталей в машиностроении.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина «САПР технологических процессов» относится к дисциплинам по выбору вариативной части блока Б.1 учебного плана.

## **3. Содержание курсового проекта**

Курсовой проект состоит из файлов модели детали, модели заготовки и технологической сборки, выполняемой в программе Siemens NX и расчетно-пояснительной записки, содержание которой приведено в настоящем пункте учебно-методических указаний.

Расчетно-пояснительная записка содержит следующие разделы:

1. Введение. Объем 1-2 страницы, раскрывающие актуальность темы курсового проекта.
2. Технологическое обеспечение.

2.1. Описание детали. Объем 2..5 страниц, описывающие заданную деталь, ее качественно-точностные характеристики, свойства материала и область применения изделия. Раздел содержит чертеж детали.

2.2. Назначение и область применения станка. Объем 1..3 страниц, описывающие технические характеристики станка, его технологические возможности.

3. Технологическая часть.

3.1. Выбор метода получения заготовки. Объем 1..3 страниц. Раздел включает чертеж заготовки.

3.2. Маршрут обработки. Объем 2..5 страниц. В разделе приводится технологический маршрут обработки детали с указанием поверхностей, обрабатываемых на каждом переходе.

4. САПР

4.1. Модель детали и заготовки. Объем 3..6 страниц. Описывается создание твердотельных моделей детали и заготовки. Приводятся скриншоты из программы NX, демонстрирующие процесс моделирования.

4.2. Проектирование управляющей программы. Объем 3..10 страниц. В разделе скриншотами с описанием к каждому ЧПУ переходу описывается создание управляющей программы обработки детали.

5. Заключение. Объем 1 страница. Раскрывается эффект от использования САПР, описываются изменения при создании ТП и ЧПУ.

6. Список литературы. Объем 1..3 страниц. Содержит актуальные источники информации, используемые при написании курсового проекта.

Приложение А. Приводится текст УП (допускается 9 кегль и расположение текста в 3 колонки). Объем до 5 стр.

Графическая часть курсового проекта содержит чертежи:

1. Чертеж детали и его 3Д-модель.

Допускается печать чертежей на формате А4 по согласованию с руководителем, с приложением к проекту электронных версий в одном из векторных форматов графики.

#### **4. Алгоритм проектирования технологических процессов в САПР NX**

Алгоритм проектирования технологических процессов (ТП) в NX Siemens базируется на концепции «Мастер-модели», где конструкторская модель и технологические данные связаны ассоциативно.

Ниже представлен пошаговый инженерный алгоритм проектирования ТП механообработки в среде NX.

Шаг 1: Подготовка мастер-модели и создание файла обработки

В NX разработка ТП ведется не в файле детали, а в отдельном файле сборки (файле обработки).

Откройте конструкторскую модель.

Создайте файл обработки в приложении «Обработка» (Manufacturing).

Система автоматически создаст файл обработки, куда конструкторская деталь будет добавлена как компонент сборки. Создайте ассоциативную копию детали (мастер-модели). Это сохраняет исходную геометрию нетронутой.

Шаг 2: Определение геометрической структуры (Workpiece)

На этом этапе технолог задает контекст обработки в навигаторе операций (вид геометрии):

Part (Готовая деталь): Укажите конструкторскую модель.

Blank (Заготовка): Задайте тип заготовки (ограничивающий блок, цилиндр, отливка на основе другого файла или STL-модель).

Check (Оснастка/Приспособления): Укажите прижимы, патроны или тиски, чтобы система учитывала их при расчете траекторий во избежание коллизий.

Шаг 3: Настройка системы координат и инструментов

MCS (Machine Coordinate System): Определите положение нуля детали (G54 и др.) и плоскость безопасности для переходов инструмента.

Создание инструмента:

Выбор из локальной библиотеки или MRL (Manufacturing Resource Library).

Задание параметров: диаметр, радиус скругления, количество зубьев, материал и вылет из оправки.

Сборка инструментального узла (фреза + патрон).

Шаг 4: Создание операций (Операционное проектирование)

Это основной этап формирования технологии. Для каждой операции выполняется:

Выбор типа операции: (например, Mill\_Rough — черновая фрезерная, Hole\_Making — сверление).

Настройка стратегии:

Задание метода обработки (черновой, чистовой, получистовой).

Определение зон обработки (границы, поверхности).

Настройка параметров резания: шаг (Stepover), глубина (Stepdown), припуски.

Задание режимов резания: Подача, скорость шпинделя (могут подтягиваться автоматически из базы данных материалов).

Шаг 5: Генерация и верификация траекторий

Генерация: Нажмите кнопку Generate для расчета траектории движения инструмента.

Визуализация (Tool Path Verification):

Просмотр движения в 2D/3D.

Проверка на «зарезы» (снятие лишнего материала) и недорезы.

Анализ столкновений инструмента или шпинделя с оснасткой.

Шаг 6: Симуляция работы станка (Machine Tool Simulation)

В отличие от простой верификации, здесь используется цифровой двойник станка.

Загрузите кинематическую модель станка.

Запустите симуляцию на основе G-кода. Это позволяет проверить работу станка с учетом его реальных лимитов, ускорений и смены инструмента.

Шаг 7: Постпроцессирование и вывод документации

Постпроцессирование: Преобразование расчетных траекторий в файл управляющей программы (УП) для конкретной стойки ЧПУ (Fanuc, Siemens Sinumerik, Heidenhain).

Создание цеховой документации (Shop Documentation):

Автоматическая генерация карт наладки.

Вывод ведомости инструментов.

Формирование эскизов операций на основе экранных снимков из NX.

Шаг 8: Автоматизация через FBM (Опционально)

Если деталь содержит типовые элементы, алгоритм можно сократить:

Запустите Feature Teaching для распознавания отверстий, карманов и пазов.

Примените процессы обработки на основе элементов: NX сам подберет инструмент и создаст последовательность операций из базы знаний предприятия.

Преимущества данного алгоритма:

Сквозная ассоциативность: Если в декабре 2025 года конструктор изменит радиус скругления, технологу достаточно нажать кнопку «Обновить», и все траектории и УП пересчитаются автоматически.

Безопасность: Проверка на коллизии в NX практически исключает поломку дорогостоящего оборудования.

## **5. Проектирование технологической сборки и ЧПУ обработки**

Создание технологической сборки:

1. Загрузим в NX модели детали, заготовки и приспособления (-ий);
2. Создадим новый файл сборки в выбранном каталоге, представлено на рис. 1:

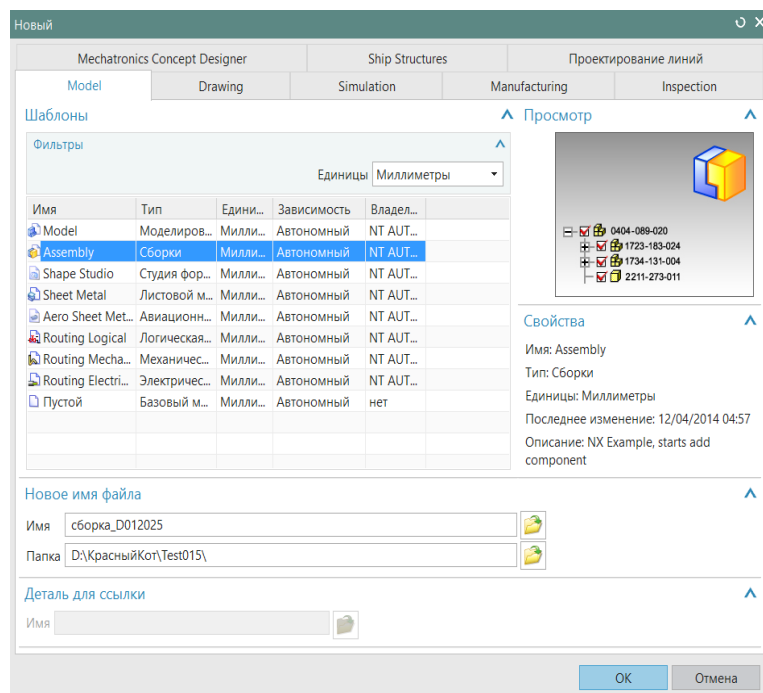


Рис. 1. Файл сборки в каталоге

3. Добавим детали в сборку, представлено на рис. 2:

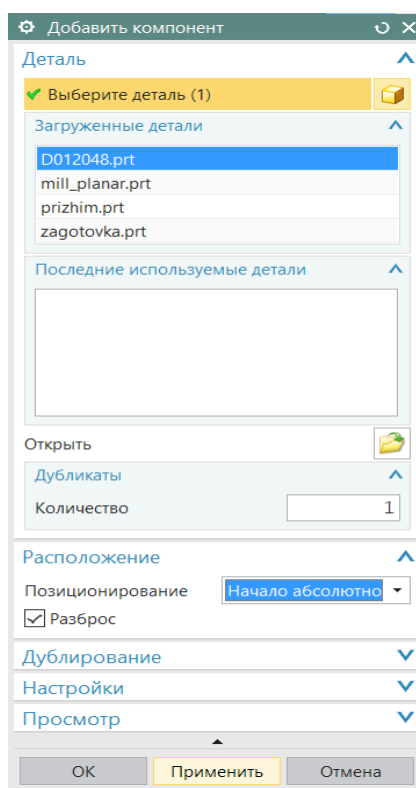


Рис. 2. Выбор детали

Позиционирование выберем по началу абсолютной системы координат.

4. Добавим первое ограничение (сопряжение) сборки, представлено на рис. 3 и зафиксируем деталь:

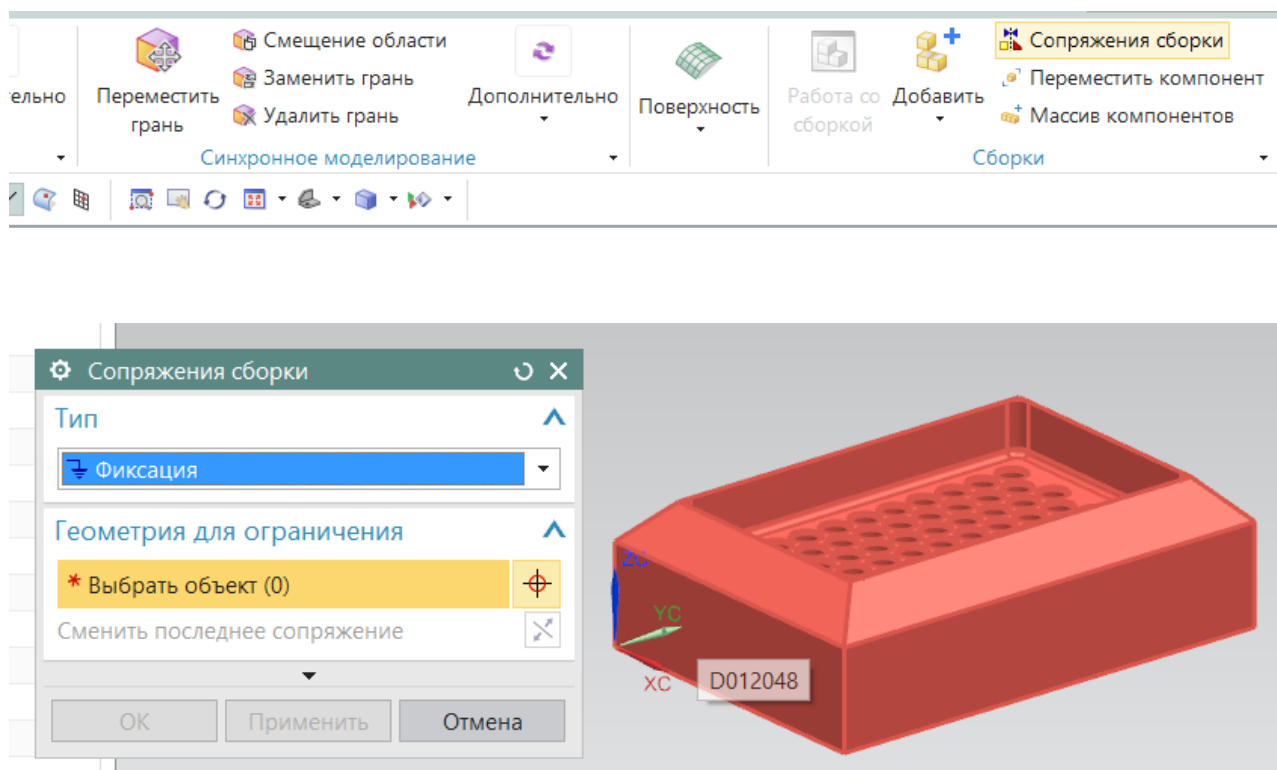


Рис. 3. Сопряжение сборки

5. Добавим заготовку в сборку, представлено на рис. 4:

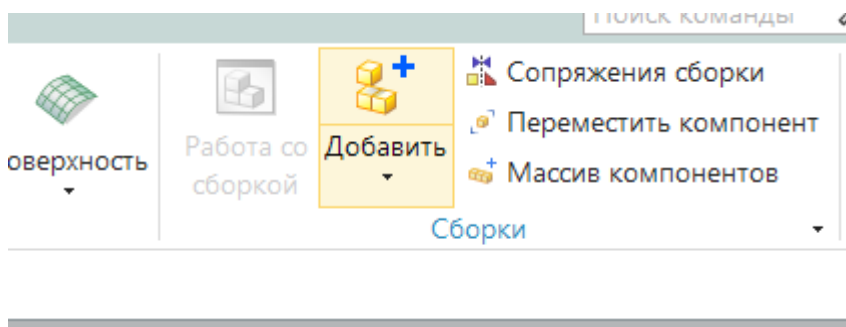


Рис. 4. Добавление заготовки

Ограничения выберем по сопряжениям, представлено на рис. 5:

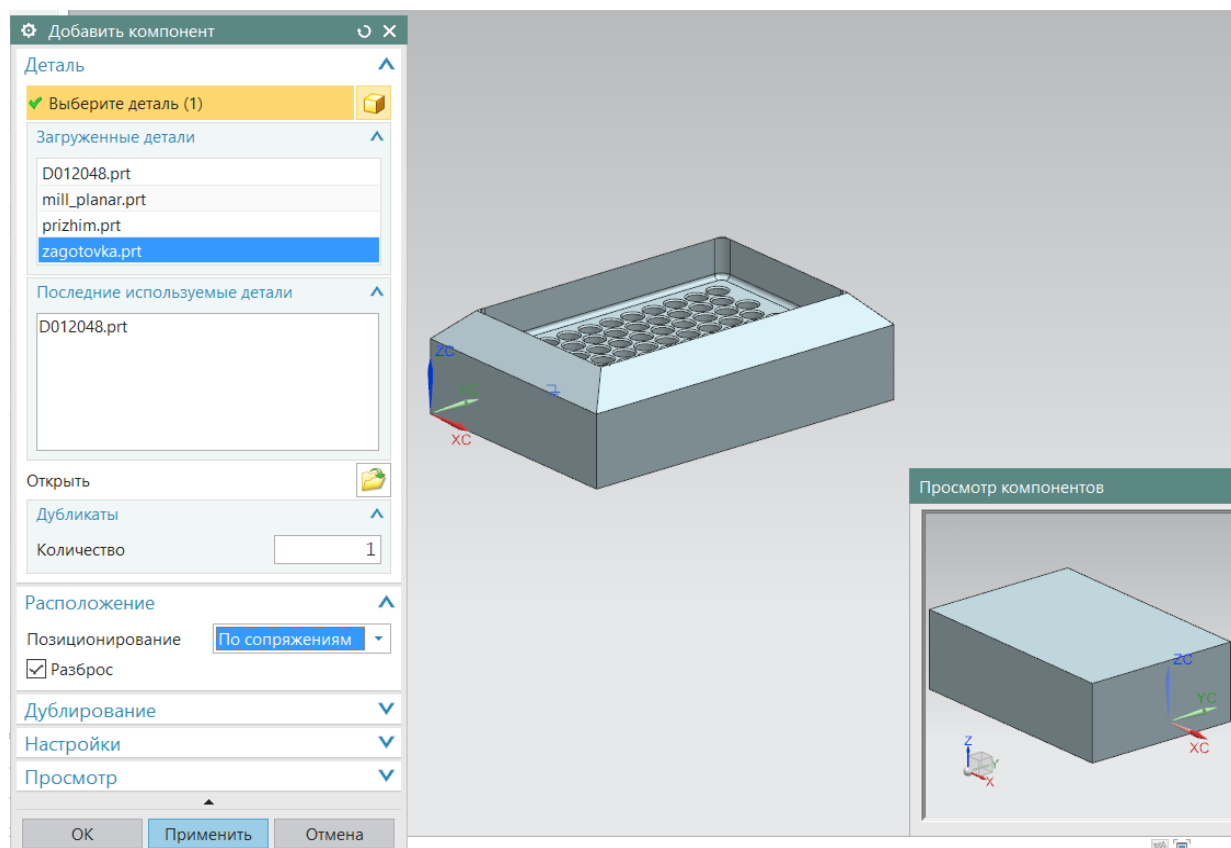


Рис. 5. Выбор ограничения (-ий)

Сделаем привязку по расстоянию последовательно трех граней для полного определения местоположения заготовки, представлено на рис. 6, 7, 8:

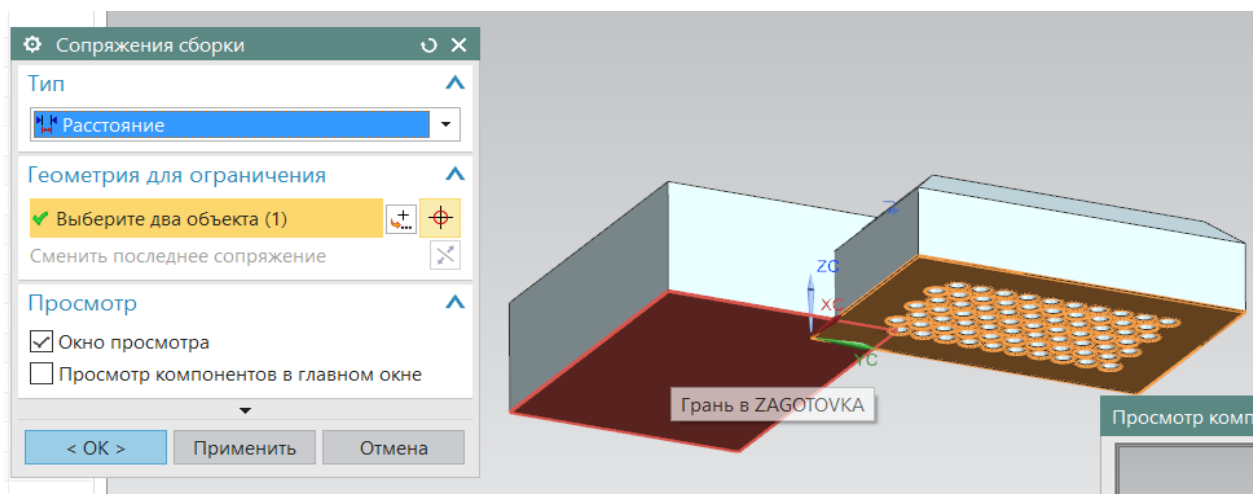


Рис. 6. Привязка по расстоянию первая грань

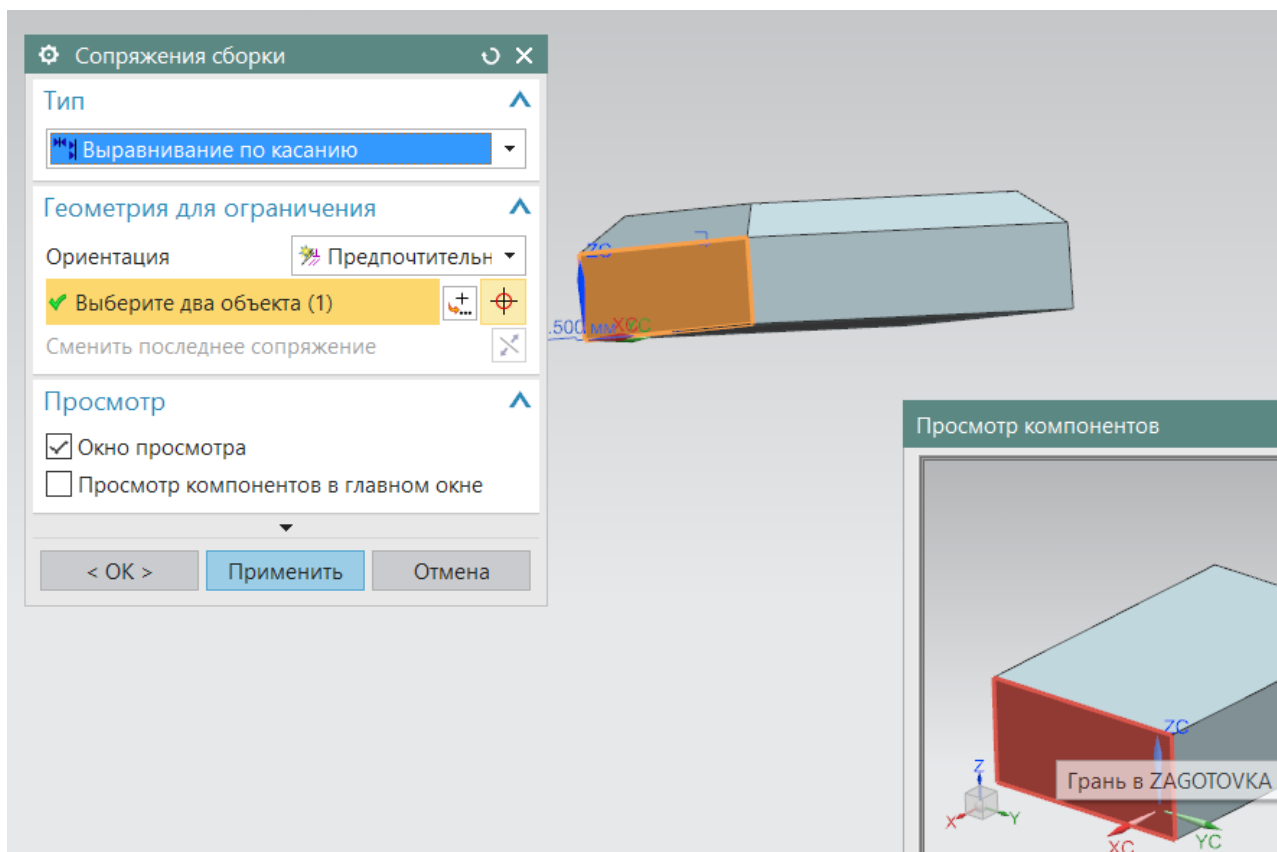


Рис. 7. Привязка по расстоянию вторая грань

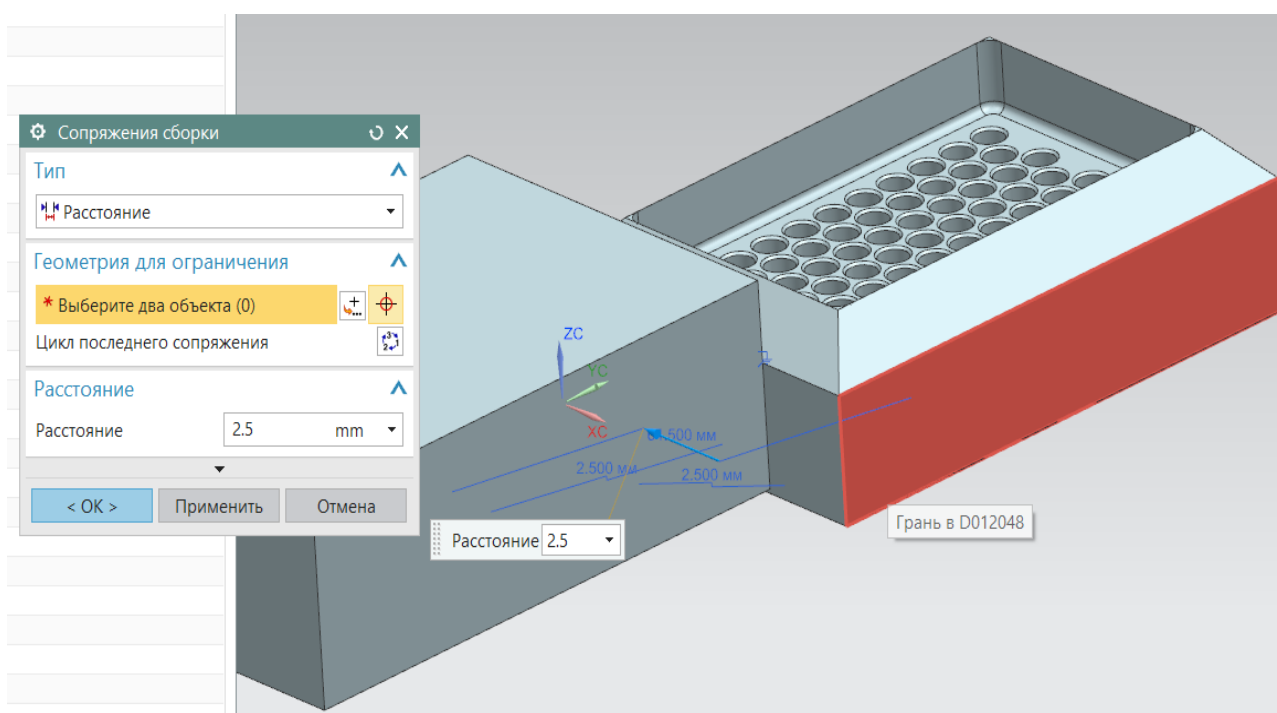


Рис. 8. Привязка по расстоянию вторая грань

В случае если получилось неправильное расположение — находим ошибочную привязку и изменяем ее с помощью команды цикл из контекстного меню, доступно по нажатию ПКМ, представлено на рис. 9:

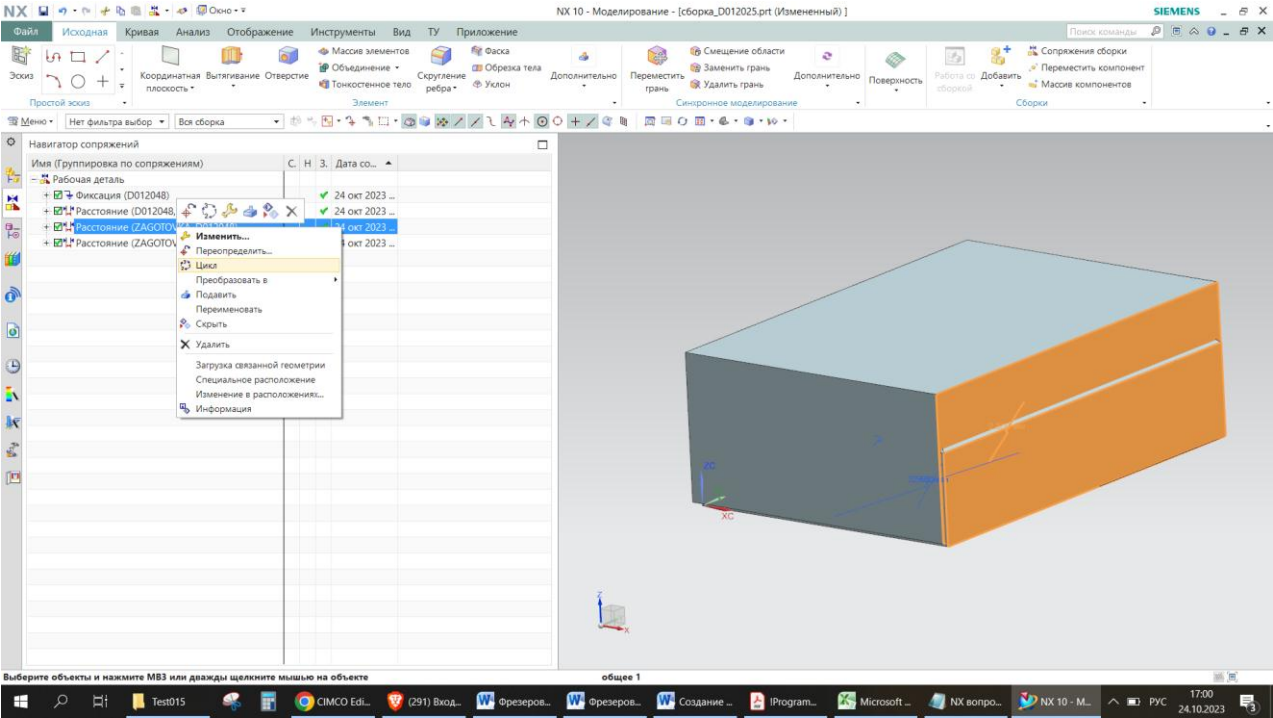


Рис. 9. Изменение ошибочной привязки

Возможно, потребуется несколько раз применить команду. Для понимания правильности сделаем заготовку прозрачной с помощью ПКМ, представлено на рис. 10:

| Навигатор сборки                                     |  |      |    |   |               |
|------------------------------------------------------|--|------|----|---|---------------|
| Описательное имя детали                              |  | И... | Т. | И | Кол...        |
| Сечения                                              |  |      |    |   |               |
| сборка_D012025 (Последовательность: Хронологический) |  |      |    | 3 |               |
| Сопряжения                                           |  |      |    |   | 4             |
| D012048                                              |  |      |    |   | Модель ("М... |
| zagotovka                                            |  |      |    |   | Модель ("М... |

Рис. 10. Изменение прозрачности детали

Должна получиться итоговая сборка, представлено на рис. 11:

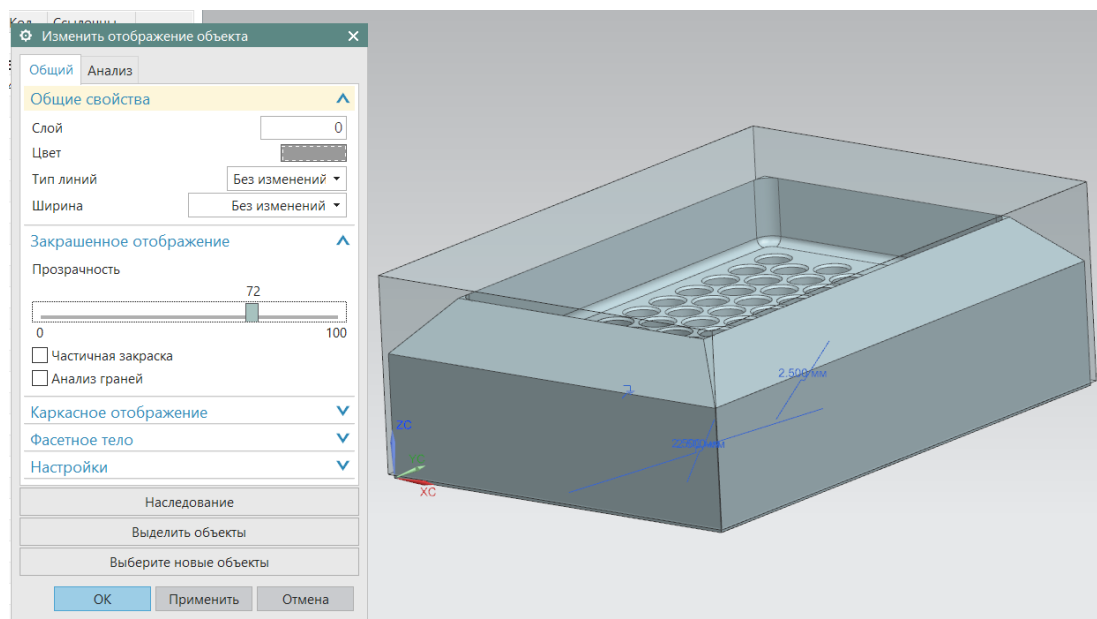


Рис. 11. Итоговая сборка

1. Фрезерование плоскости с прижимами
- 1) Привязка системы координат, представлено на рис. 12, 13:

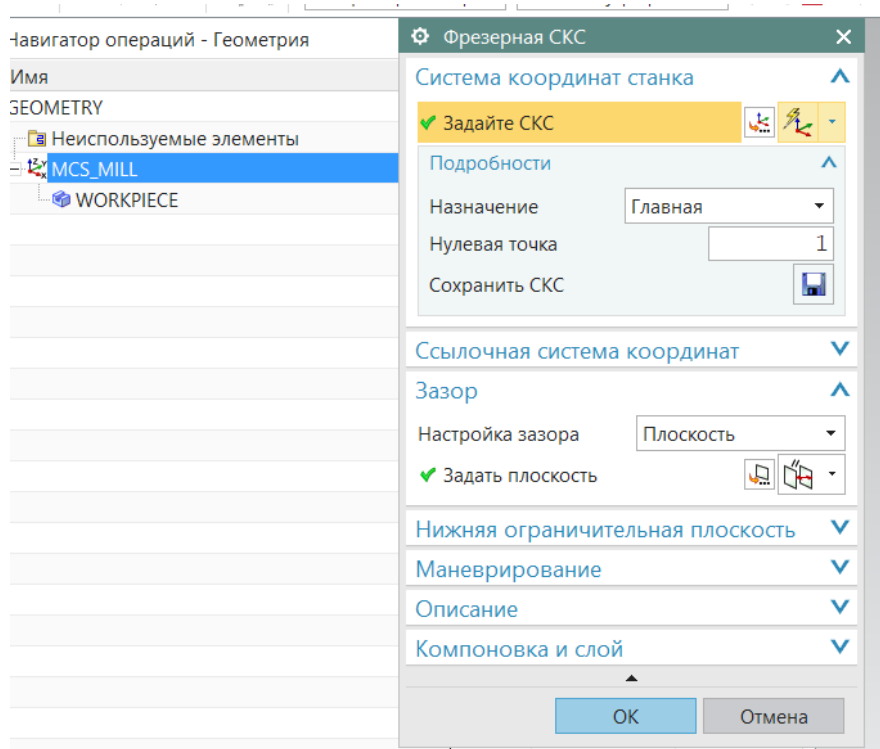


Рис. 12. Привязка системы координат

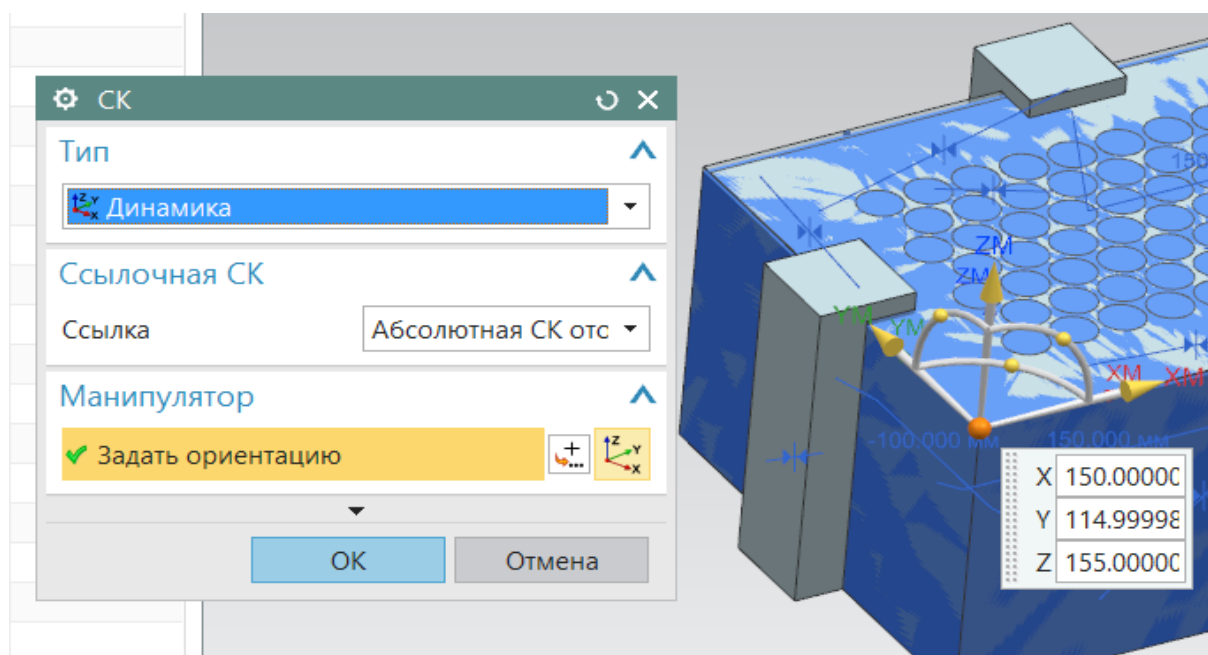


Рис. 13. Привязка системы координат

Привязываем к углу заготовки, представлено на рис. 14:

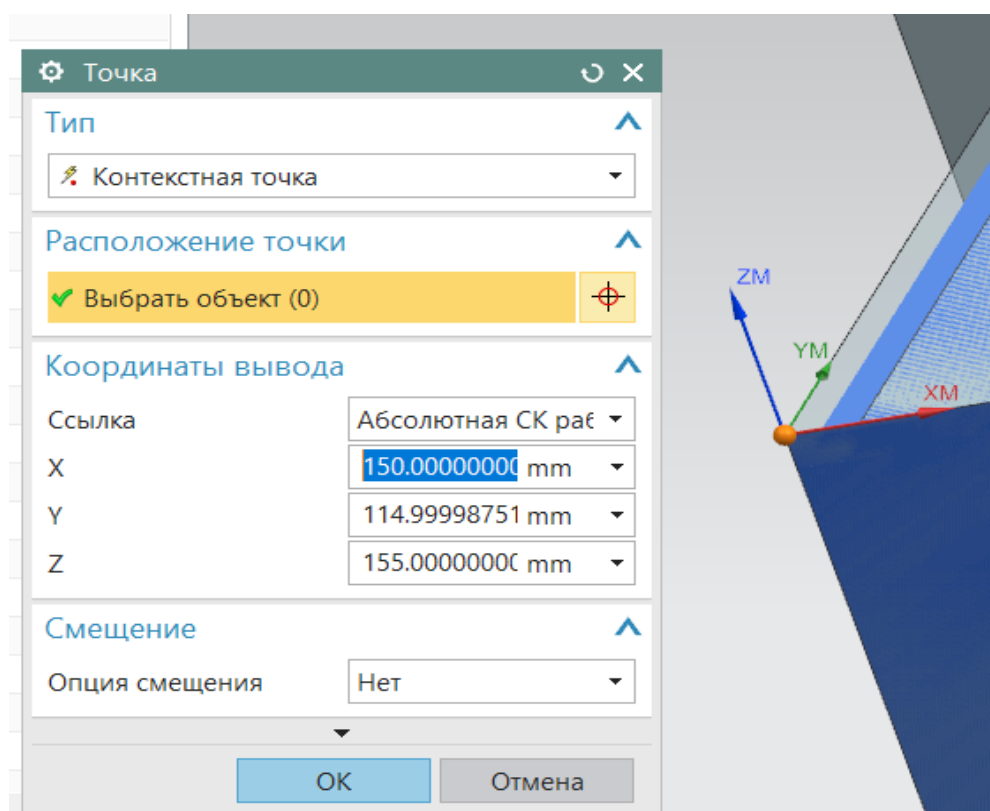


Рис. 14. Привязка системы координат

Определяем зазор (плоскость безопасных перемещений), представлено на рис. 15:

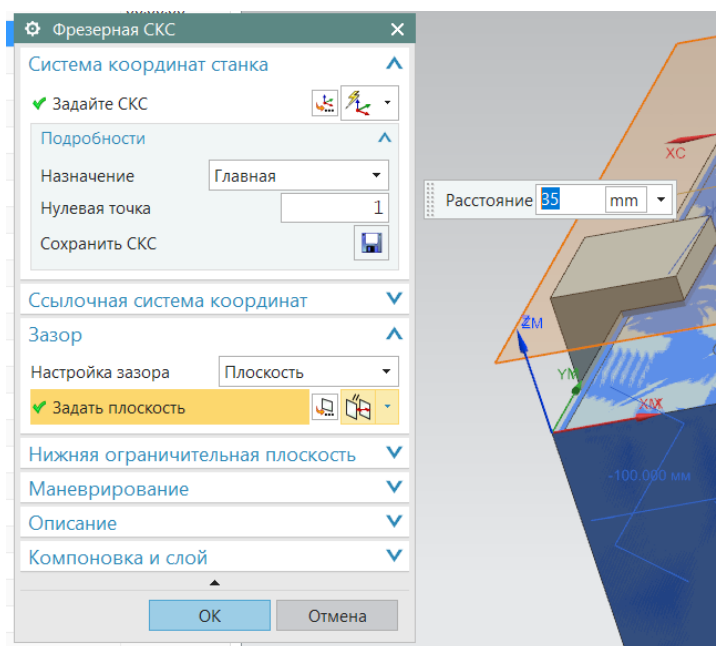


Рис. 15. Плоскость безопасности

Зададим номер СК (G54, G55...) – это номера 1, 2... , представлено на рис. 16:

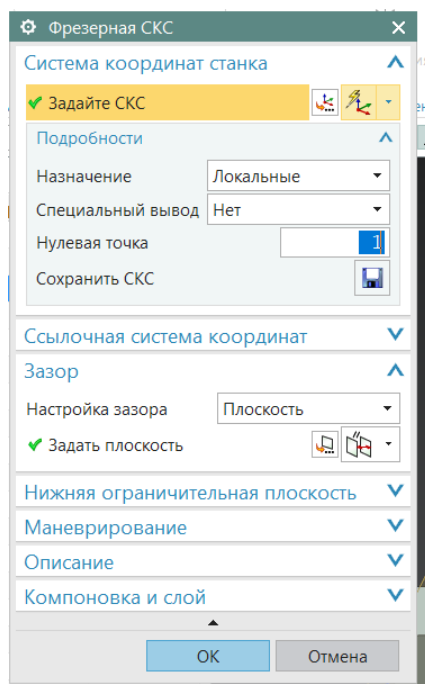


Рис. 16. Номер системы координат

Определяем Workpiece. Задайте геометрию детали и заготовки, представлено на рис. 17:

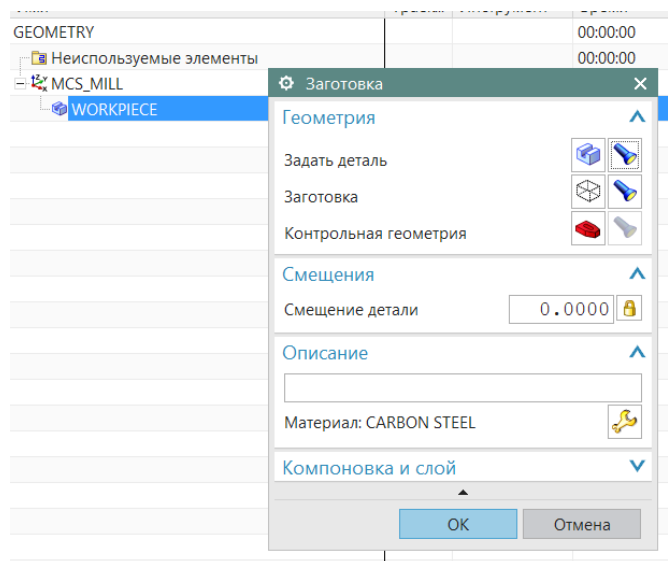


Рис. 17. Выбор геометрии

Контрольную геометрию (приспособления для зажима заготовки) укажем в переходах, т.к. на разных переходах они будут разные.

Создаем переход Floor\_Wall (Фрезерование пола и стенок), представлено на рис. 18:

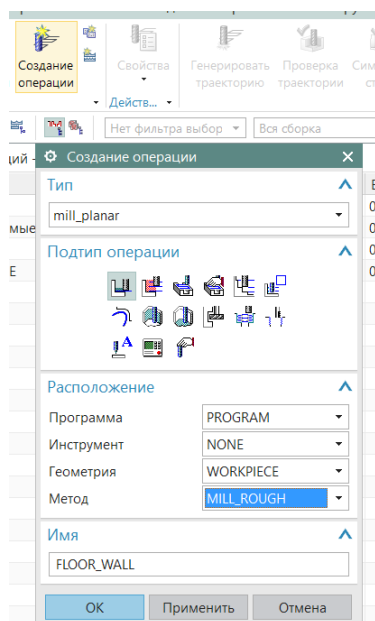


Рис. 18. Переход ЧПУ

Укажем программу, инструмент (при наличии заранее созданных) и определенную в предыдущем шаге геометрию WorkPiese. Метод обработки поверхности выберем согласно ТП.

В переходе определяем контрольную геометрию, представлено на рис. 19:

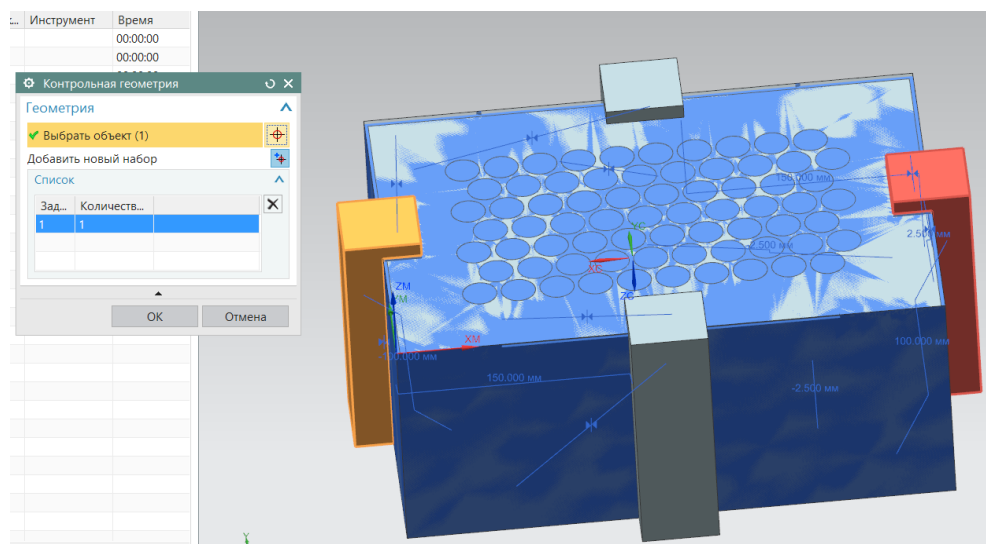


Рис. 19. Контрольная геометрия

Определим нижнюю плоскость области обработки, представлено на рис. 20:

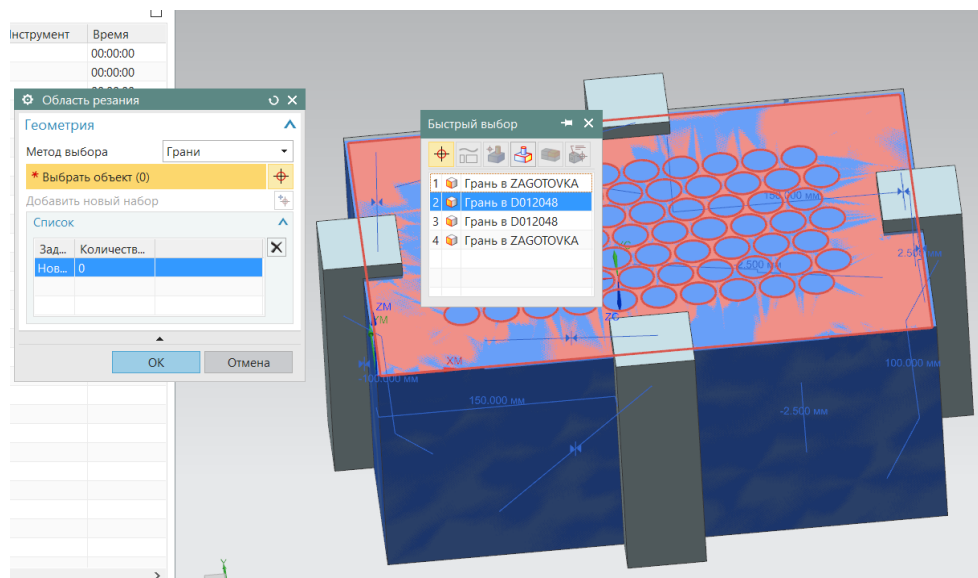


Рис. 20. Контрольная геометрия

Зададим новый инструмент, представлено на рис. 21):

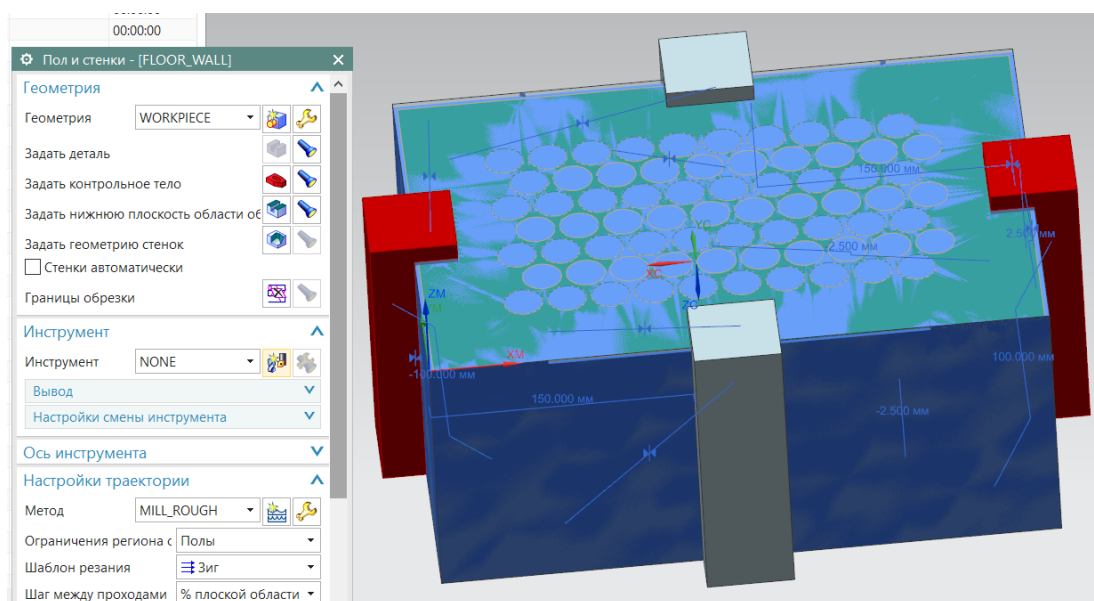


Рис. 21. Создание инструмента

Создадим новый инструмент – концевую фрезу ф40 мм, 4 зуба, представлено на рис. 22):

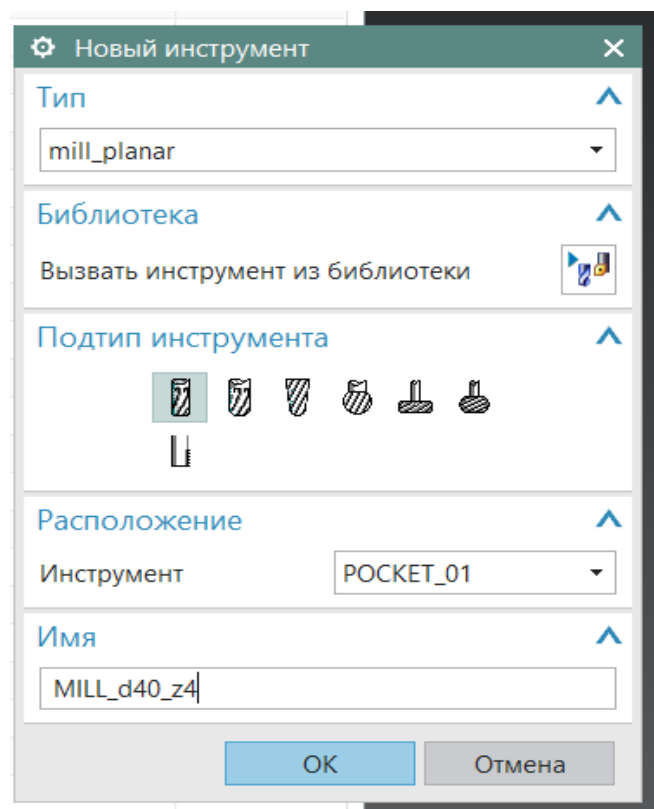


Рис. 22. Создание инструмента

Определим ее геометрию, представлено на рис. 23:

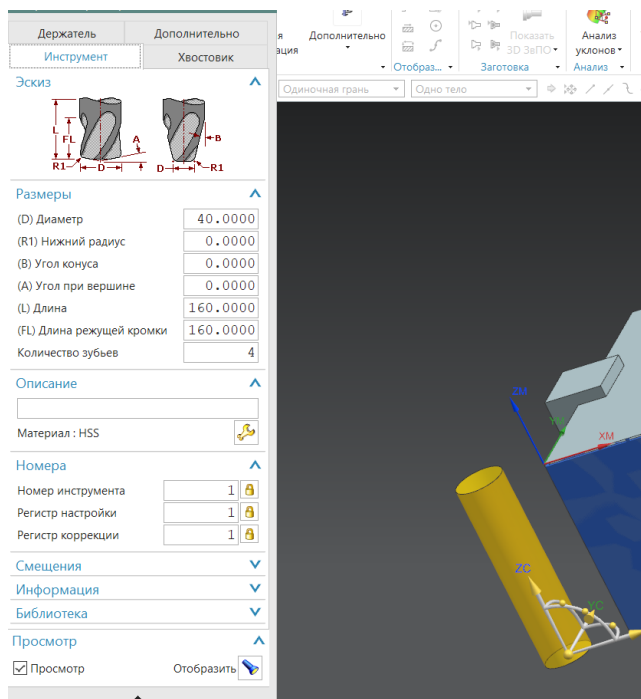


Рис. 23. Размеры инструмента

При необходимости зададим хвостовик, представлено на рис. 24:

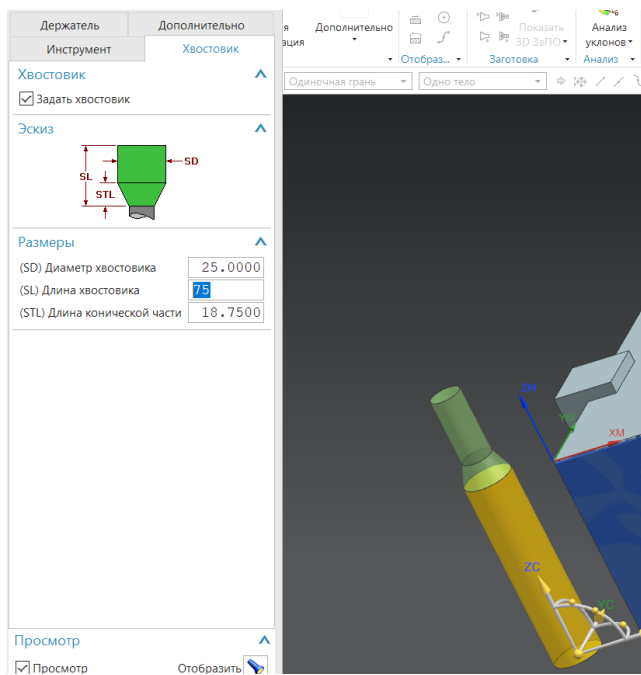


Рис. 24. Хвостовик фрезы

Возьмем держатель инструмента, к примеру, цанговый патрон, представлено на рис. 25:

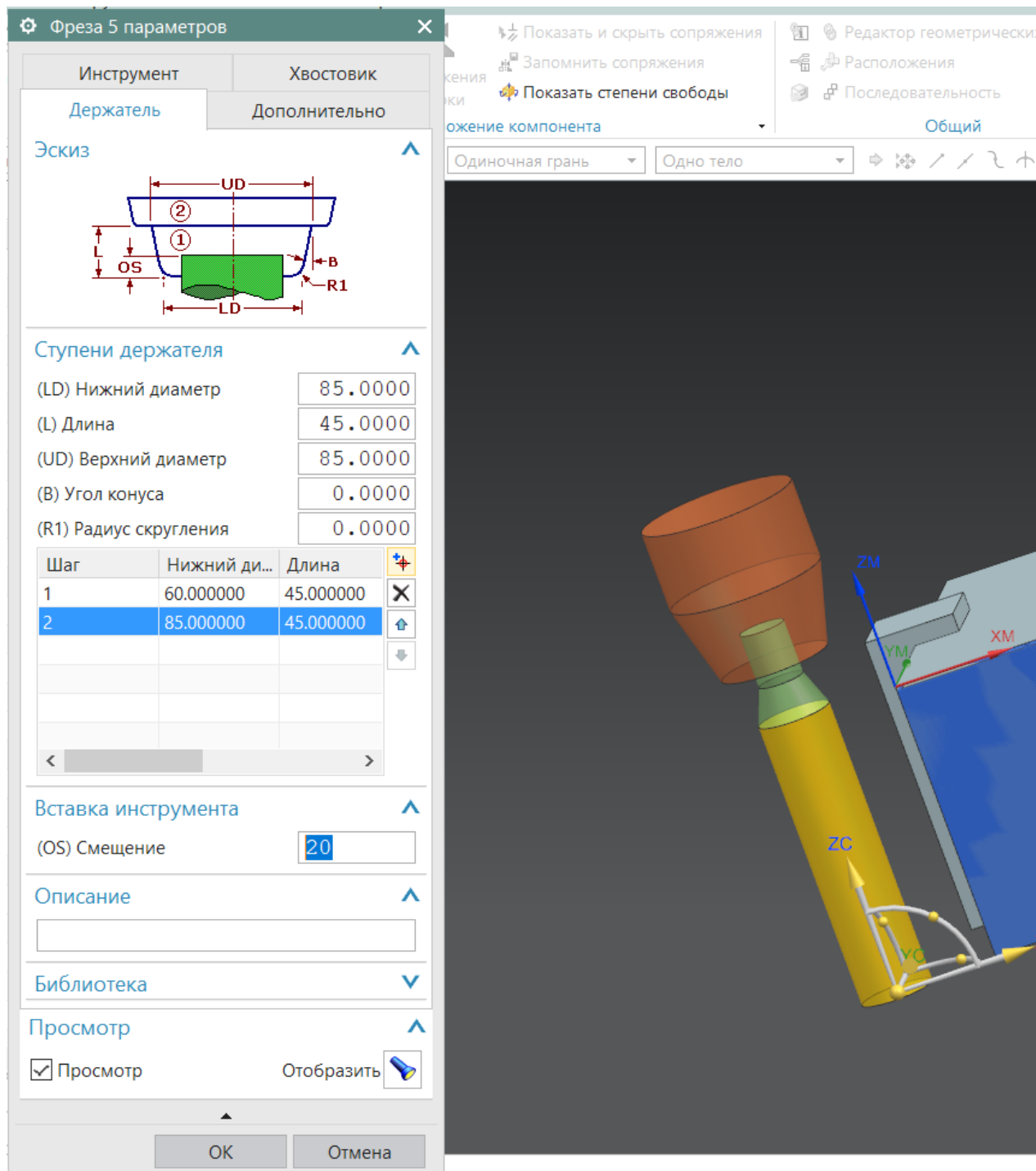


Рис. 25. Выбор оправки

Настроим переход.

Выберем шаблон обработки, представлено на рис. 26:

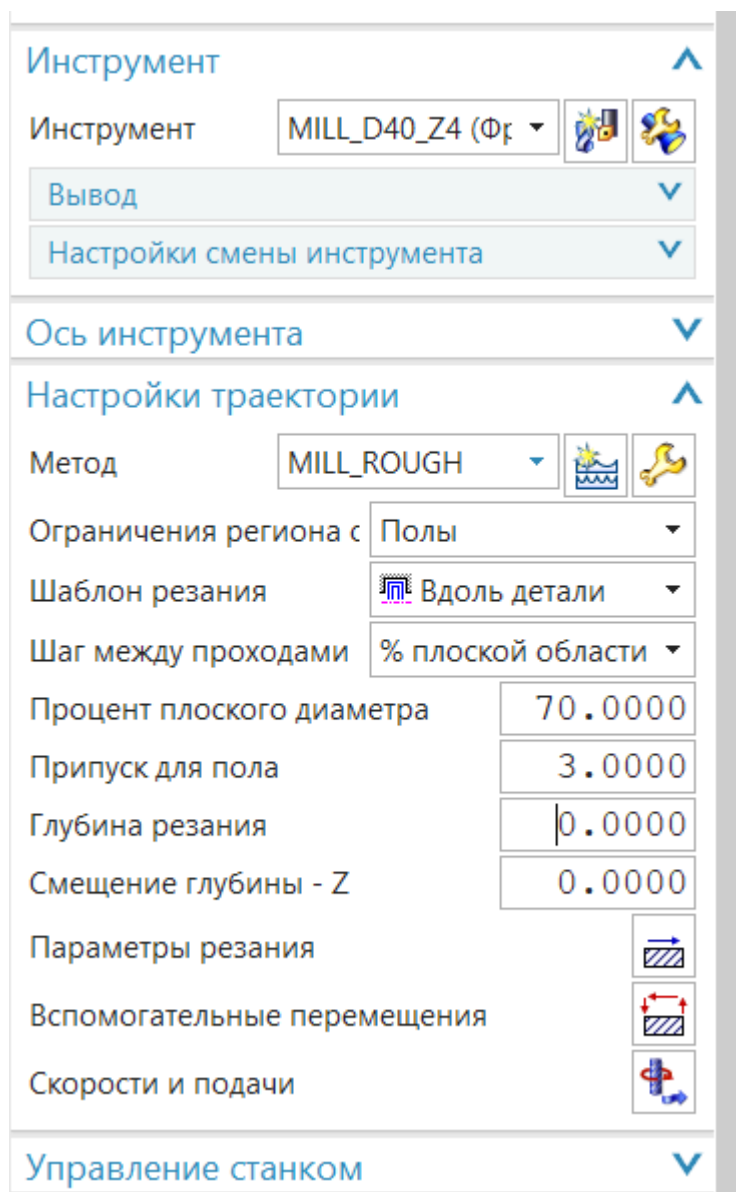


Рис. 26. Параметры ЧПУ перехода

Здесь можно изменить глубину резания, шаг между проходами (ширину фрезерования).

Зададим припуск в Параметрах резания, представлено на рис. 27:

The image shows a software window titled "Параметры резания" (Machining Parameters) with a close button (X) in the top right corner. The window has a tabbed interface with three tabs: "Соединения" (Connections), "Ограничения" (Restrictions), and "Дополнительно" (Additional). The "Ограничения" tab is active, and within it, the "Припуск" (Allowance) sub-tab is selected. Below the tabs, there are two main sections: "Припуск" (Allowance) and "Допуск" (Tolerance). The "Припуск" section contains five rows of settings, each with a text label, a numerical input field, and a lock icon. The values are: "Припуск на детали" (1.0000), "Припуск на стенках" (0.0000), "Припуск по нижней поверхности" (0.0000), "Припуск на заготовку" (0.0000), and "Контрольный припуск" (0.0000). The "Допуск" section contains two rows: "Допуск внутрь" (0.0800) and "Допуск наружу" (0.0800). At the bottom of the window are two buttons: "ОК" (OK) and "Отмена" (Cancel).

| Припуск                       |        |   |
|-------------------------------|--------|---|
| Припуск на детали             | 1.0000 | 🔒 |
| Припуск на стенках            | 0.0000 |   |
| Припуск по нижней поверхности | 0.0000 |   |
| Припуск на заготовку          | 0.0000 |   |
| Контрольный припуск           | 0.0000 |   |

| Допуск        |        |   |
|---------------|--------|---|
| Допуск внутрь | 0.0800 | 🔒 |
| Допуск наружу | 0.0800 |   |

Рис. 27. Припуск на чистовую обработку

Во вкладке ограничения включим заготовку ЗвПО и растянем траекторию до границ заготовки, представлено на рис. 28:

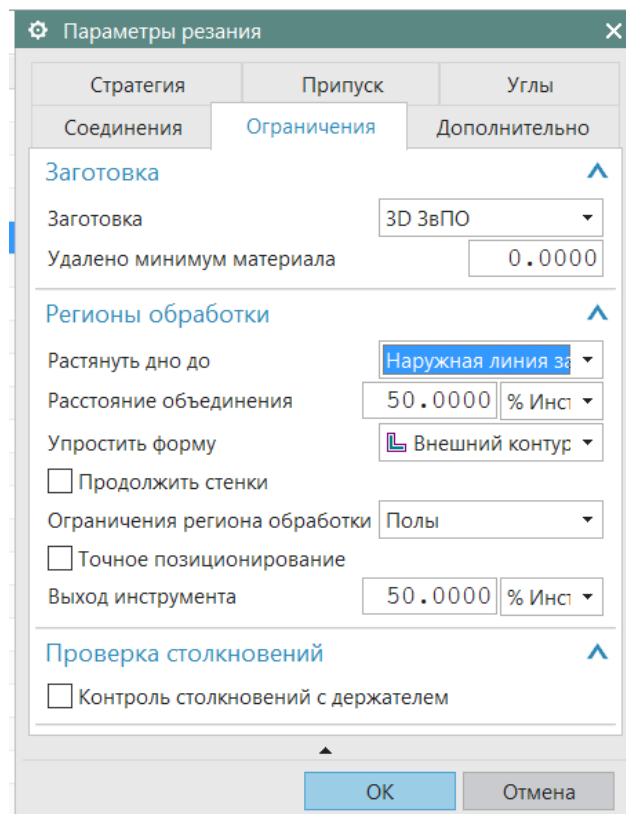


Рис. 28. Ограничения перехода

Вкладка Углы – сглаживание, представлено на рис. 29:

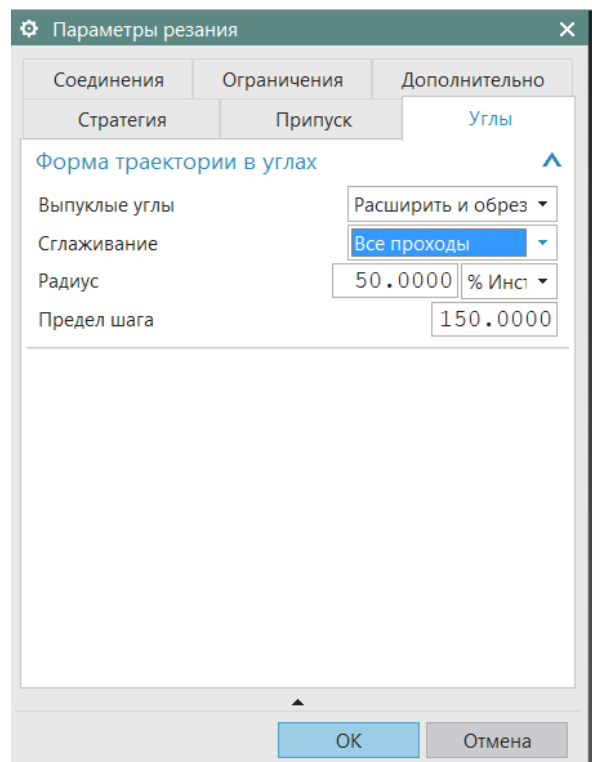


Рис. 29. Сглаживание траектории

Вспомогательные перемещения.

Увеличим врезание в открытой области до 10 мм, представлено на рис. 30:

Вспомогательные перемещения

Переход/ускоренный | Маневрирование | Дополнительно

Врезание | Отвод | Точки начала/сверления

**Закрытая область**

Тип врезания: Погружение по фол

Угол погружения: 15.0000

Высота: 3.0000 мм

Высота от: Пред. уровень

Максимальная ширина: Нет

Минимальный зазор: 0.0000 мм

Минимальная длина погружения: 70.0000 % Инст

**Открытая область**

Тип врезания: Линейный

Длина: 10.0000 мм

Угол подхода: 0.0000

Угол погружения: 0.0000

Высота: 3.0000 мм

Минимальный зазор: 3.0000 мм

☐ Обрезка к минимальному зазору

☐ Игнорировать заготовку на границе обрезки

**Начальная закрытая область**

Тип врезания: Так же как закрыта:

**Начальная открытая область**

OK | Отмена

Рис. 30. Врезание

При необходимости можно указать точку начала обработки, представлено на рис. 31:

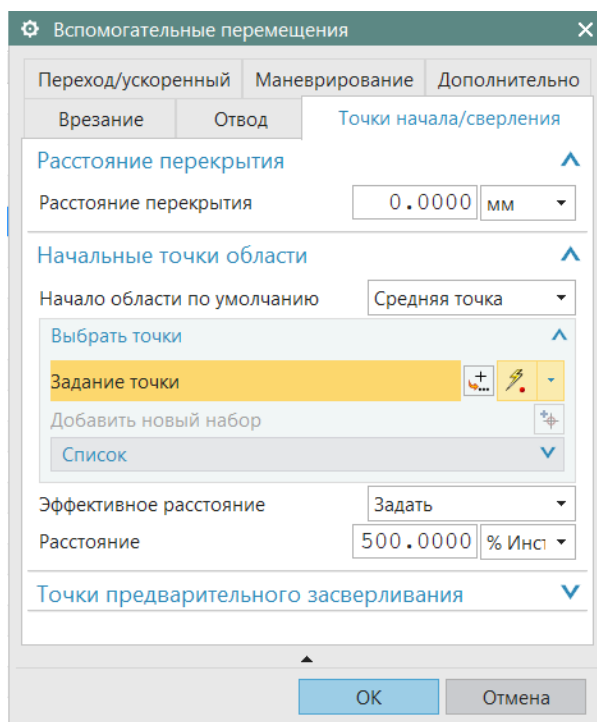


Рис. 31. Точка начала резания

Зададим режимы резания. Скорости и подачи, берутся из ТП, представлено на рис. 32:

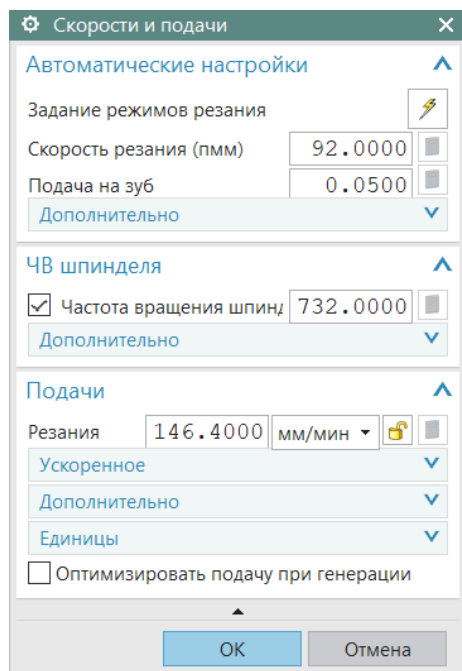


Рис. 32. Режимы резания

Включим СОЖ, представлено на рис. 33, 34:

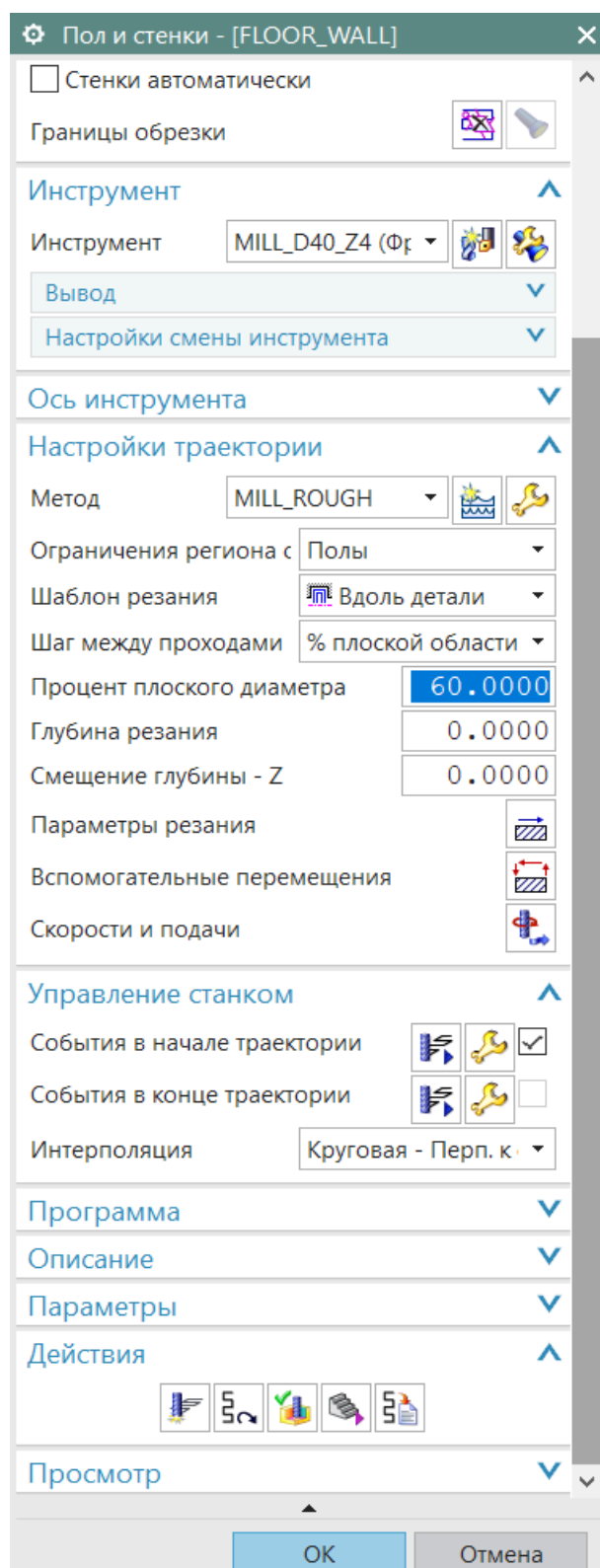


Рис. 33. Включение СОЖ

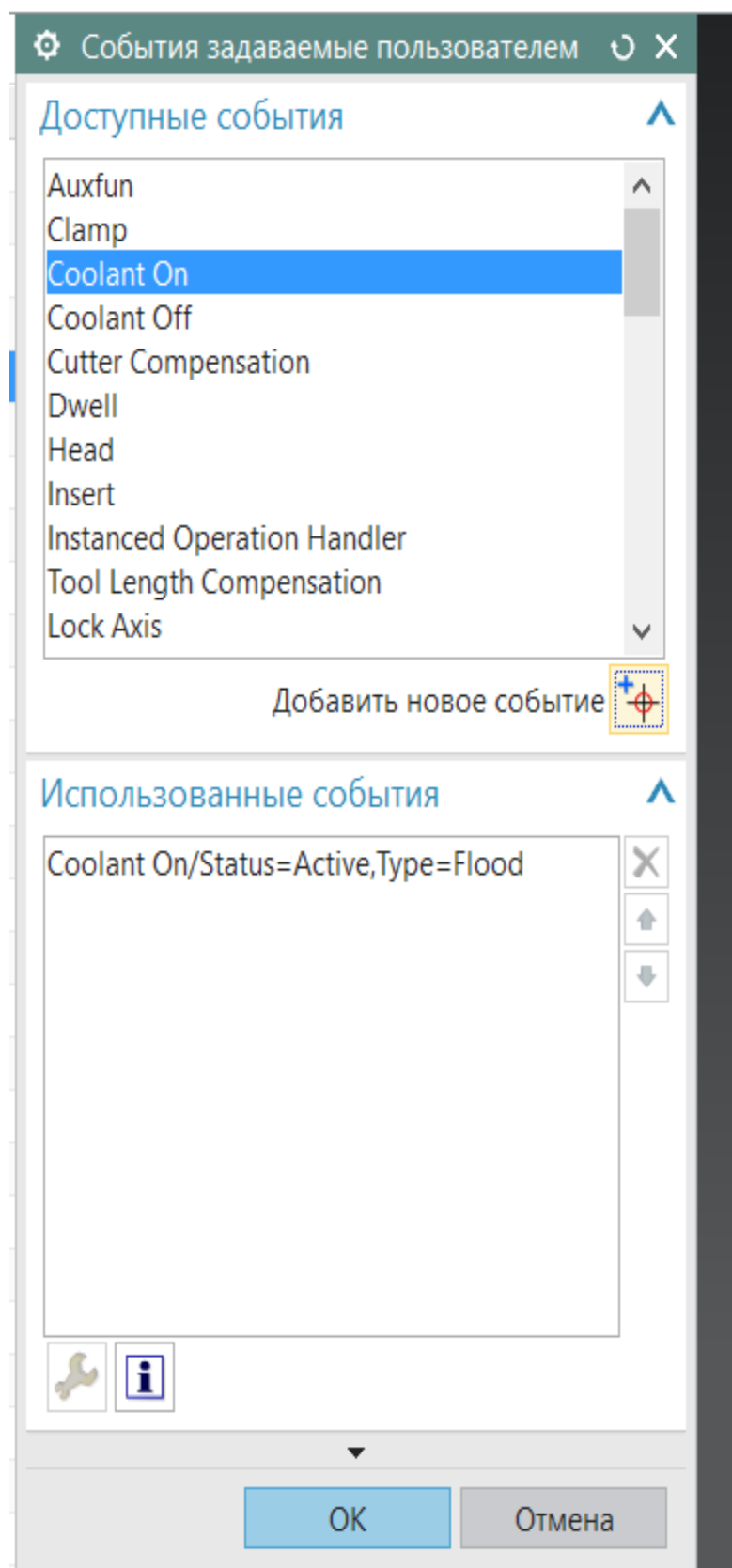


Рис. 34. Включение СОЖ

Генерируем траекторию инструмента, представлено на рис. 35:

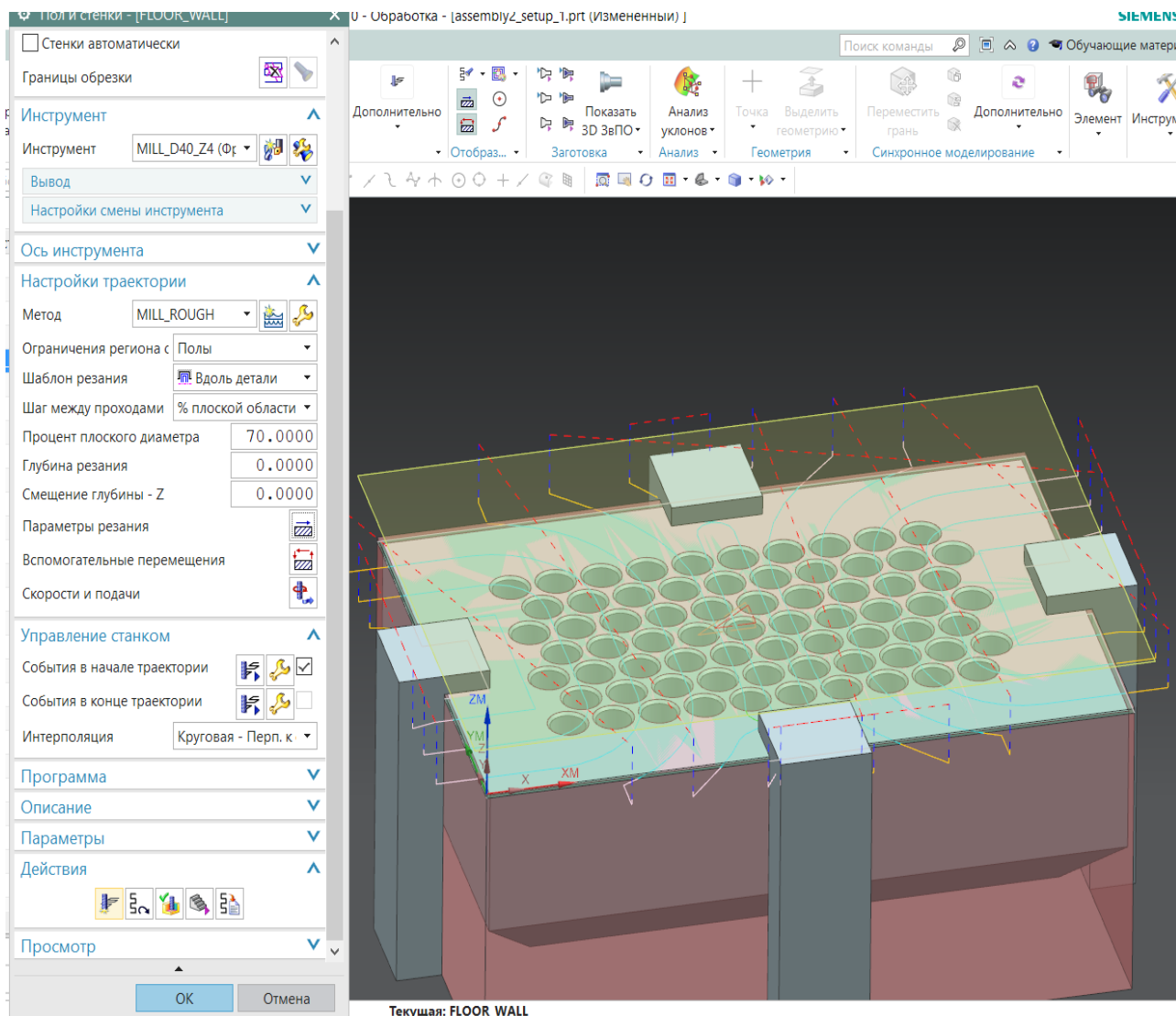


Рис. 35. Траектория обработки

Включаем проверку в 3Д режиме с включением траектории, представлено на рис. 36:

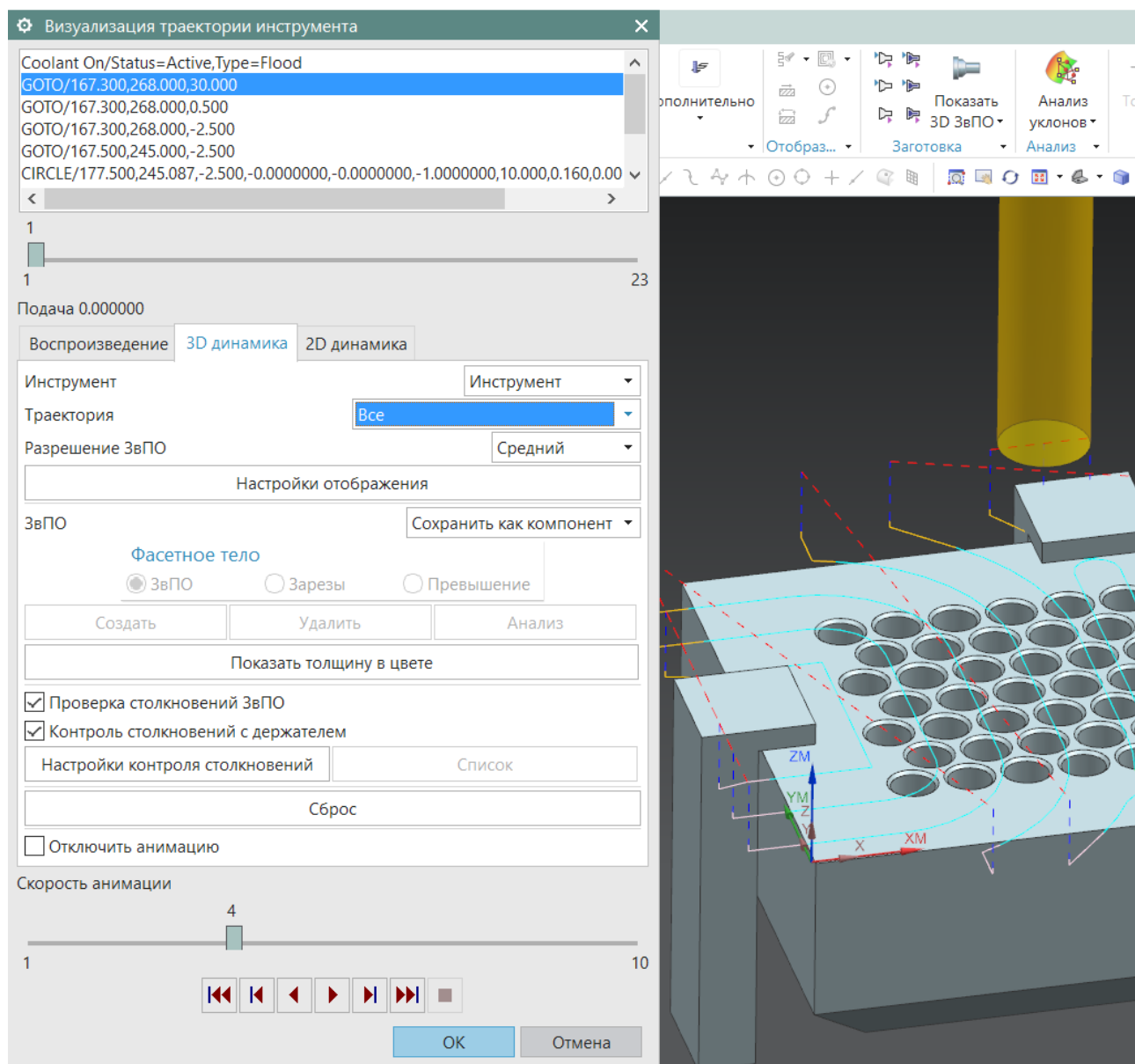


Рис. 36. Проверка траектории

После успешной проверки создайте 3Д модель заготовки ЗвПО, как компонент, представлено на рис. 37:

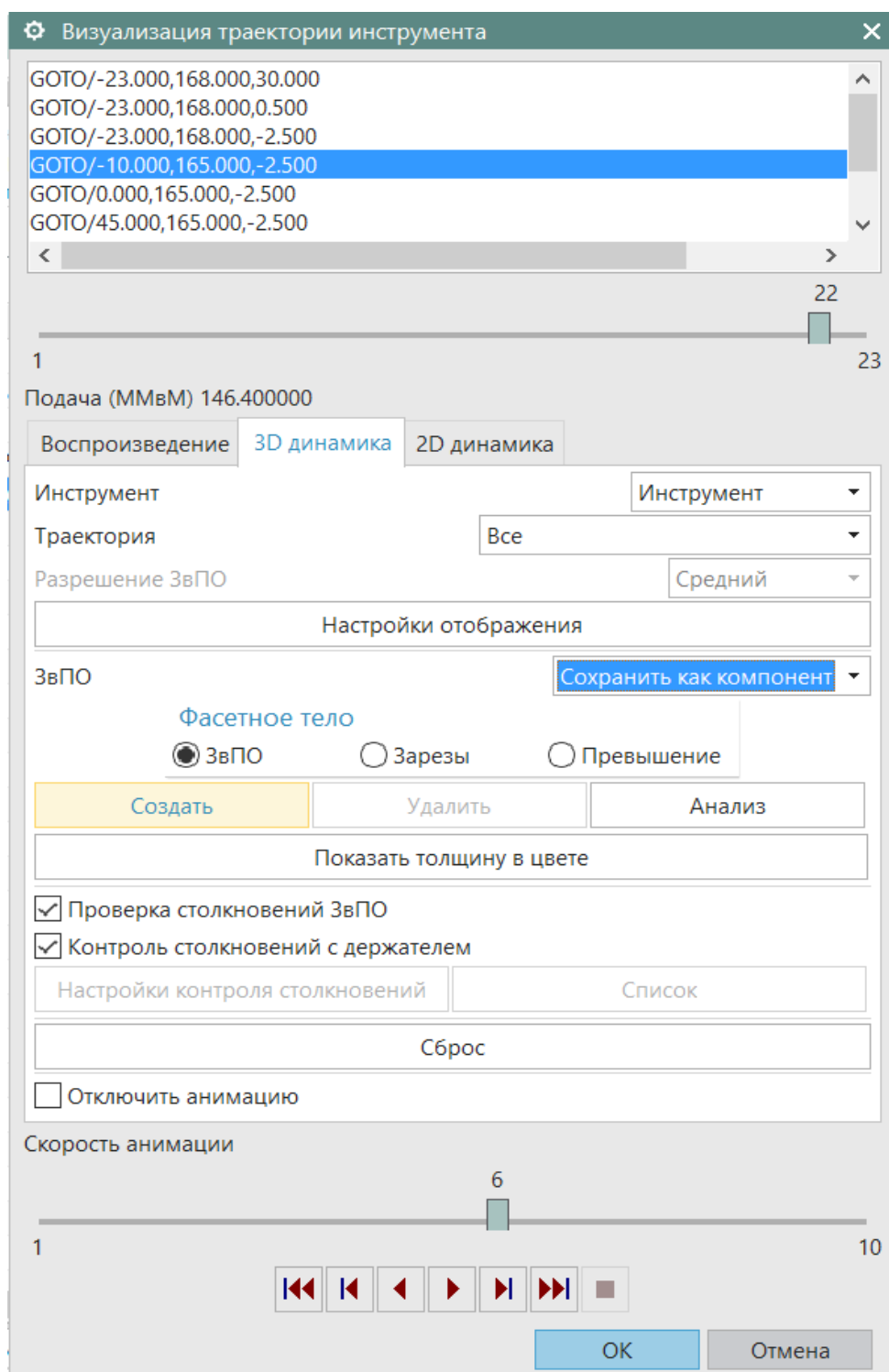


Рис. 37. Создание ЗвПО

В случае успеха в Навигаторе сборки появится серая строчка с названием фасетного тела – ЗвПО, представлено на рис. 38:

| Описательное имя детали                                                              | И... | Т. | И  | Кол...  | Ссылка |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------|----|----|---------|--------|
| Сечения                                                                              |      |    |    |         |        |
| <input checked="" type="checkbox"/> assembly2_setup_1 (Последовательность: Хронол... |      |    | 9  |         |        |
| <input checked="" type="checkbox"/> assembly2                                        |      |    | 7  | Вся дет |        |
| + <input checked="" type="checkbox"/> Сопряжения                                     |      |    | 16 |         |        |
| <input checked="" type="checkbox"/> D012048                                          |      |    |    |         | Модел  |
| <input checked="" type="checkbox"/> zagotovka                                        |      |    |    |         | Модел  |
| <input checked="" type="checkbox"/> prizhim x 4                                      |      |    |    |         | Модел  |
| <input type="checkbox"/> assembly2_setup_1_ipw_floor_wall                            |      |    |    |         |        |

Рис. 38. Структура сборки

Аналогично создадим такой же ЧПУ переход для удаления припуска, оставшегося под прижимами.

Достаточно скопировать предыдущий переход, а границы обрабатываемой поверхности система определит сами в случае указания в параметрах резания заготовки ЗвПО, представлено на рис. 39:

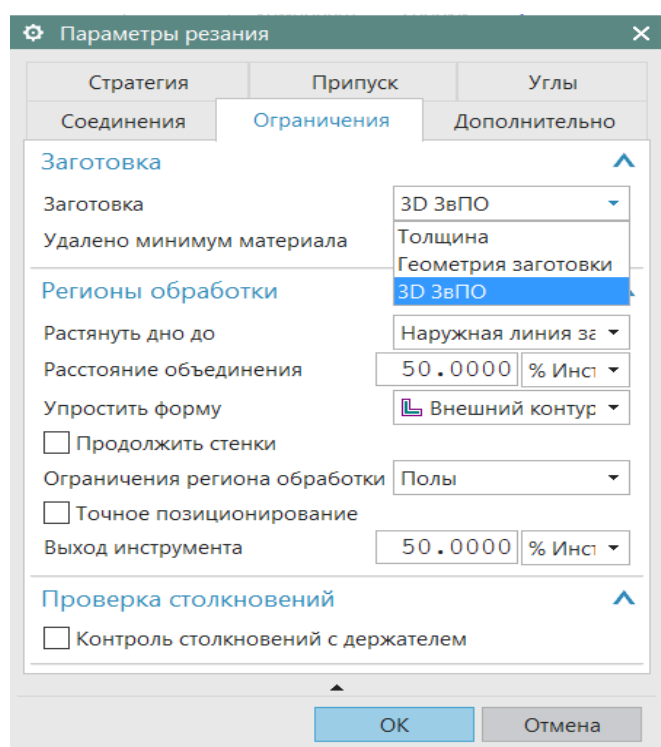


Рис. 39. Ограничения траектории

Обработка завершена.

## 2. Переход CavityMill.

Выберем контурное фрезерование при создании перехода, представлено на рис. 40:

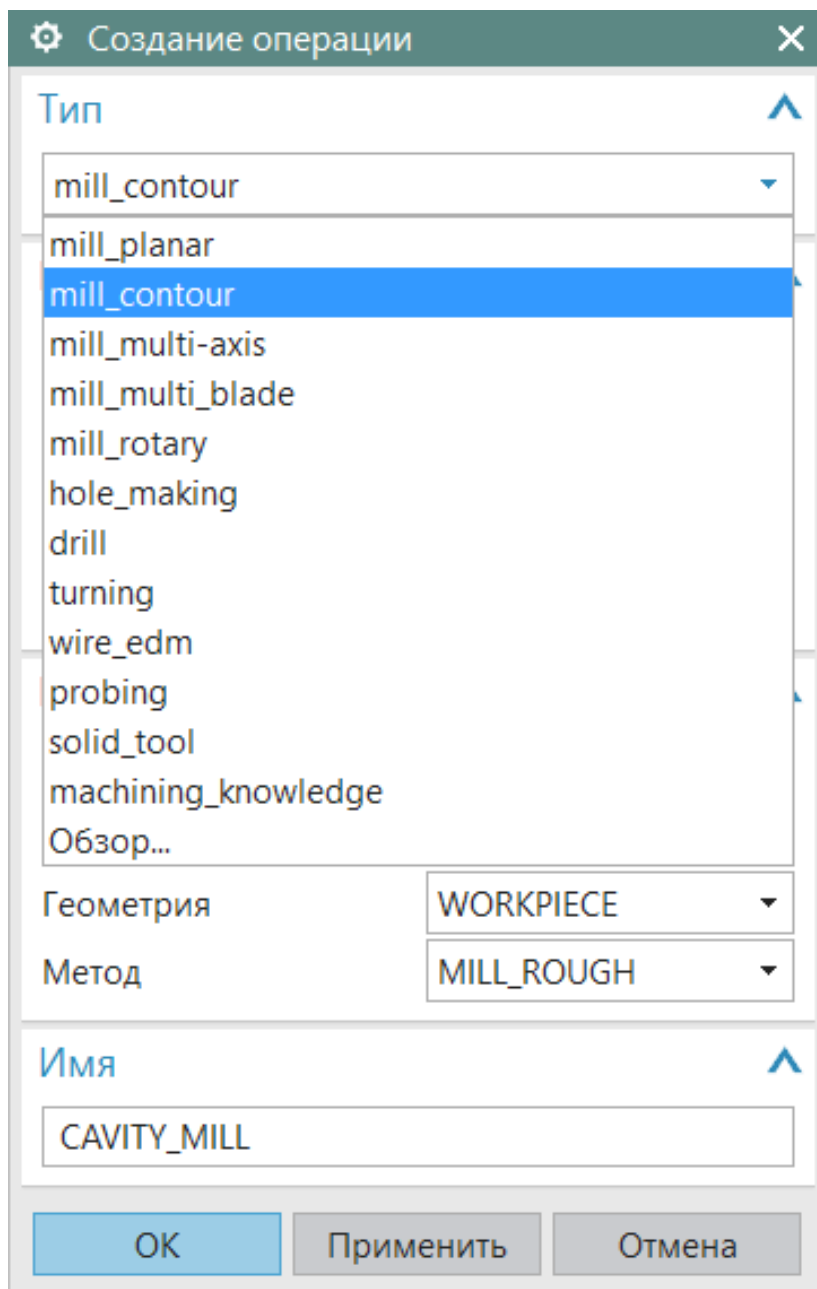


Рис. 40. Контурное фрезерование

и подтип операции, представлено на рис. 41:

Создание операции

×

Тип

mill\_contour

▼

Подтип операции

Расположение

Программа

1234

▼

Инструмент

MILL\_D40\_Z4 (Фрез)

▼

Геометрия

WORKPIECE

▼

Метод

MILL\_ROUGH

▼

Имя

CAVITY\_MILL

OK

Применить

Отмена

Рис. 41. Выбор шаблона

В области резания выберем обрабатываемую геометрию детали, представлено на рис. 42:

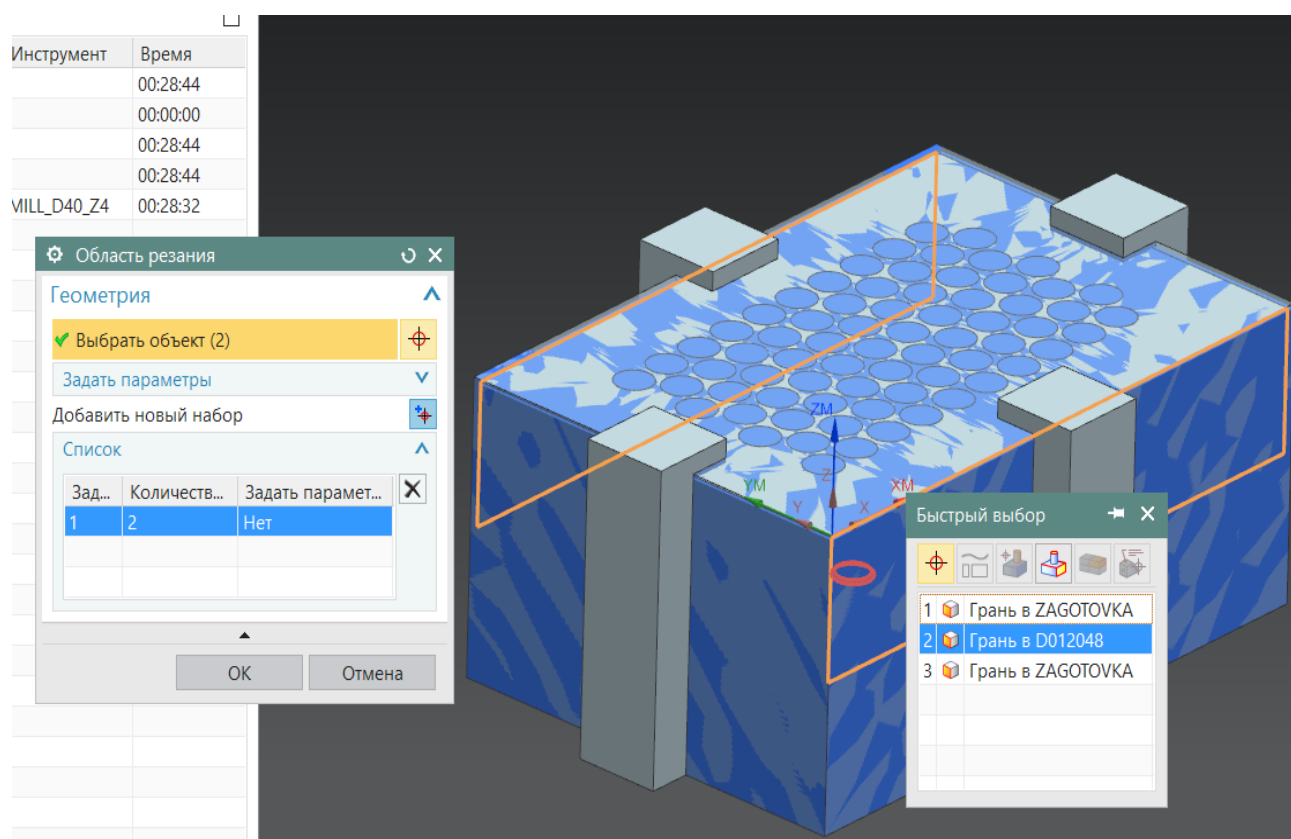


Рис. 42. Область обработки

Зададим глубину резания, представлено на рис. 43:

|                       |           |                                                                                     |                                                                                     |
|-----------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Геометрия             | WORKPIECE |  |  |
| Задать деталь         |           |  |  |
| Заготовка             |           |  |  |
| Контрольная геометрия |           |  |  |
| Область резания       |           |  |  |
| Границы обрезки       |           |  |  |

|                             |                 |                                                                                     |
|-----------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Инструмент                  |                 |  |
| Инструмент                  | MILL_D40_Z4 (Фг |  |
| Вывод                       |                 |  |
| Настройки смены инструмента |                 |  |
| Анализ                      |                 |  |

|                             |                                                                                                 |                                                                                          |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ось инструмента             |              |                                                                                          |
| Настройки траектории        |                                                                                                 |       |
| Метод                       | MILL_ROUGH                                                                                      |       |
| Шаблон резания              |  Вдоль детали |       |
| Шаг между проходами         | % плоской области                                                                               |     |
| Процент плоского диаметра   | 50.0000                                                                                         |                                                                                          |
| Общая глубина резания       | Постоянная                                                                                      |     |
| Максимальное рассто         | 6.0000                                                                                          | мм  |
| Уровни резания              |            |                                                                                          |
| Параметры резания           |            |                                                                                          |
| Вспомогательные перемещения |            |                                                                                          |
| Скорости и подачи           |            |                                                                                          |
| Управление станком          |            |                                                                                          |
| Программа                   |            |                                                                                          |
| Описание                    |            |                                                                                          |
| Параметры                   |            |                                                                                          |

|    |        |
|----|--------|
| OK | Отмена |
|----|--------|

Рис. 43. Глубина резания

Увеличим количество проходов по глубине, представлено на рис. 44:

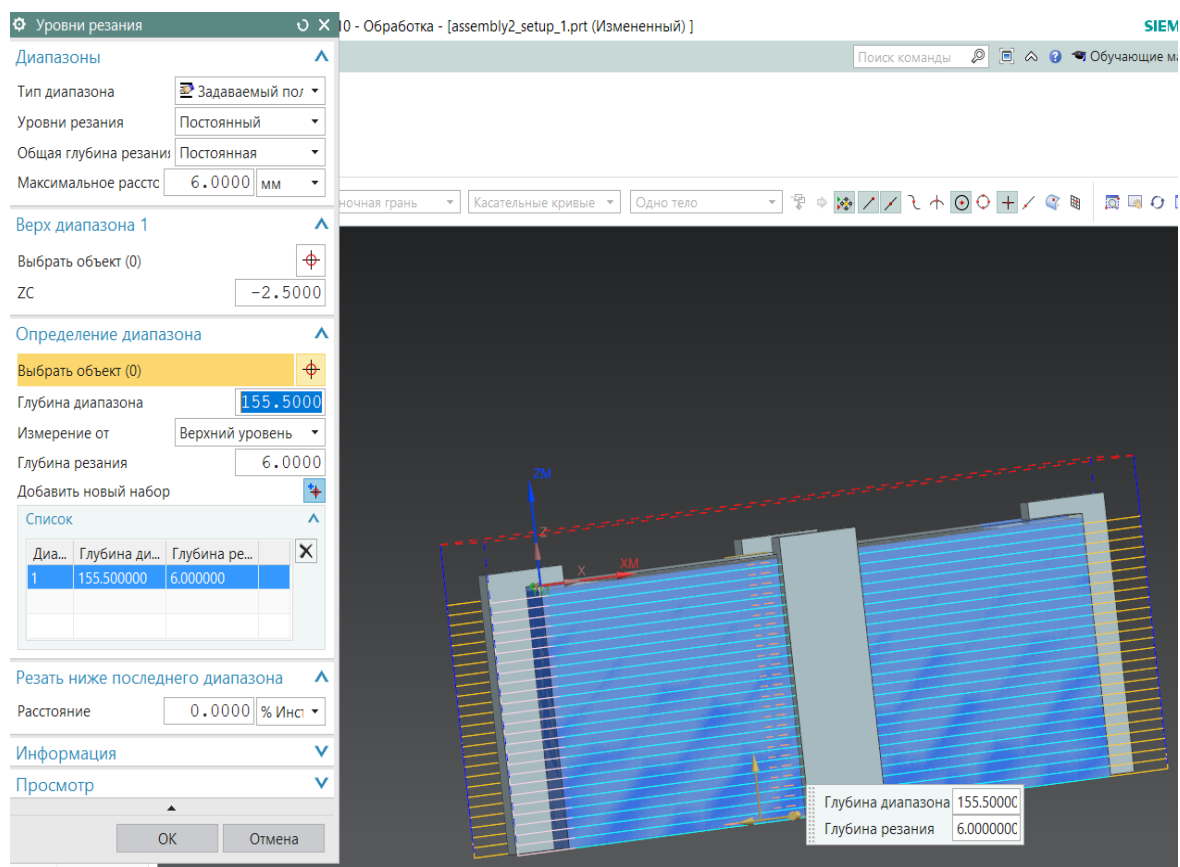


Рис. 44. Проходы по глубине

Зададим необходимый припуск под чистовую обработку (0 в случае отсутствия чистовой обработки), представлено на рис. 45:

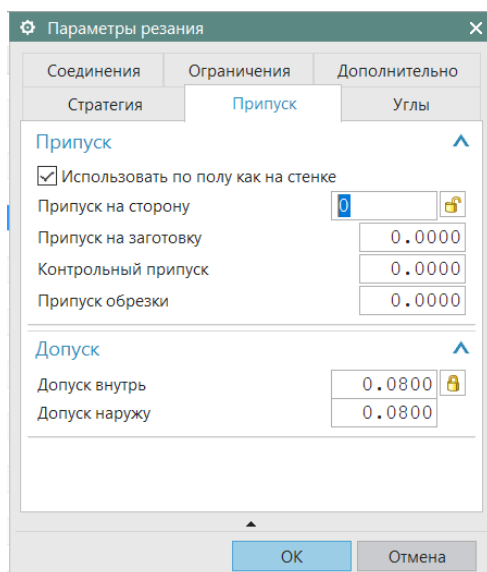


Рис. 45. Чистовой припуск

Во вкладке стратегия, представлено на рис. 46:

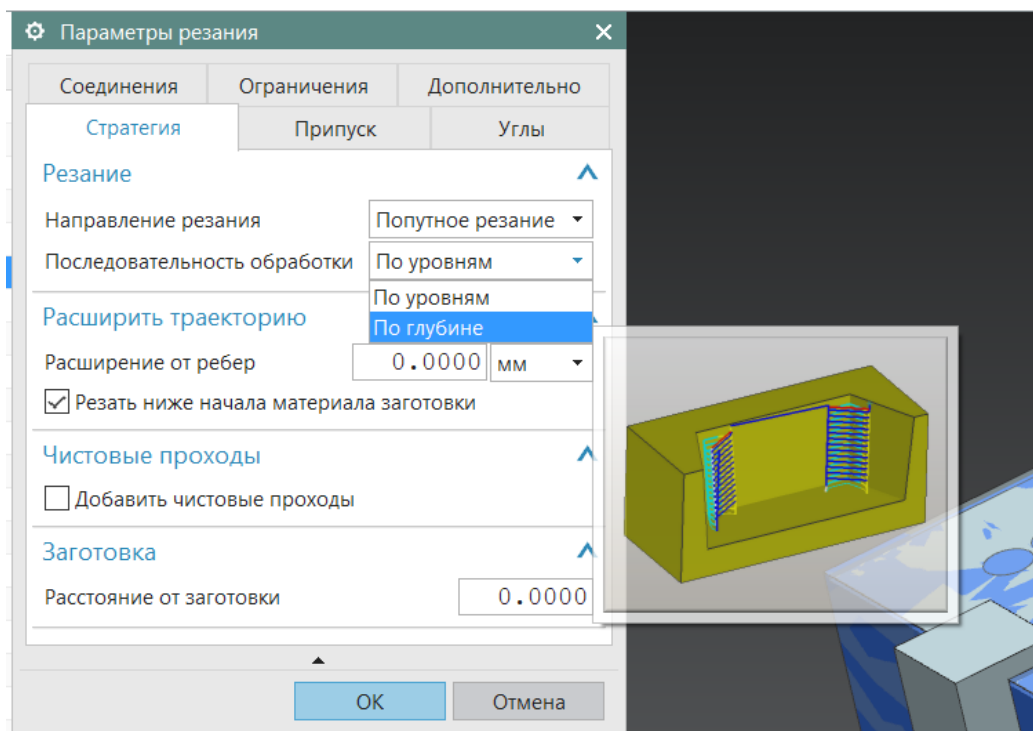


Рис. 46. Стратегия обработки

Также во вкладке Ограничения, представлено на рис. 47:

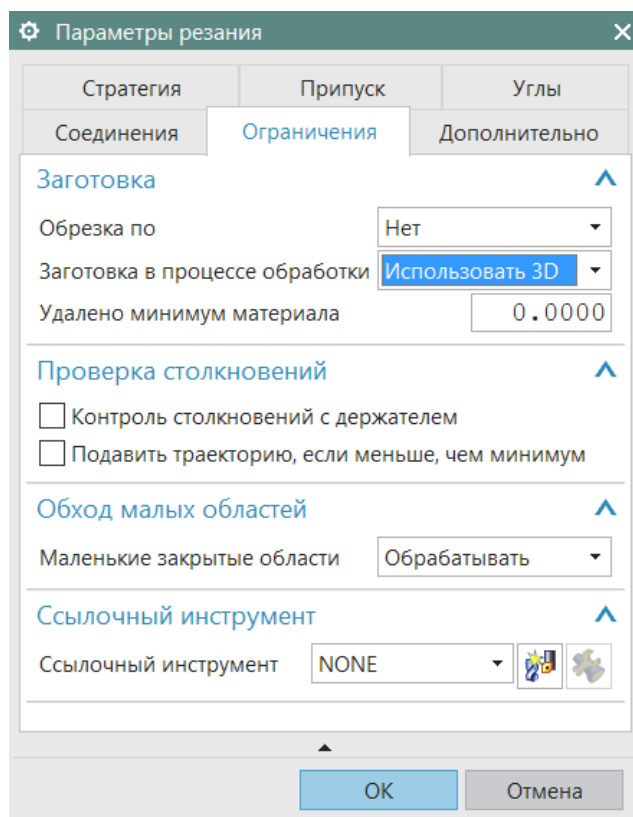


Рис. 47. Ограничения

Включим контроль столкновений, представлено на рис. 48:

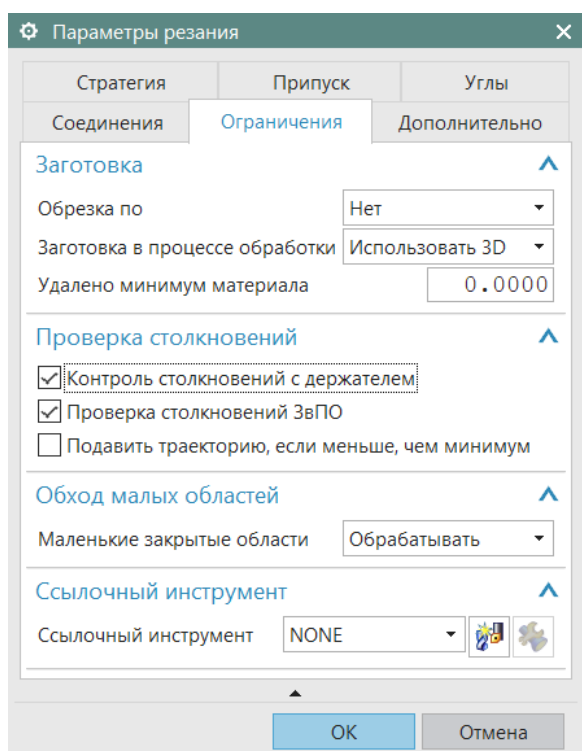


Рис. 48. Контроль столкновений

Укажем режимы резания, представлено на рис. 49:

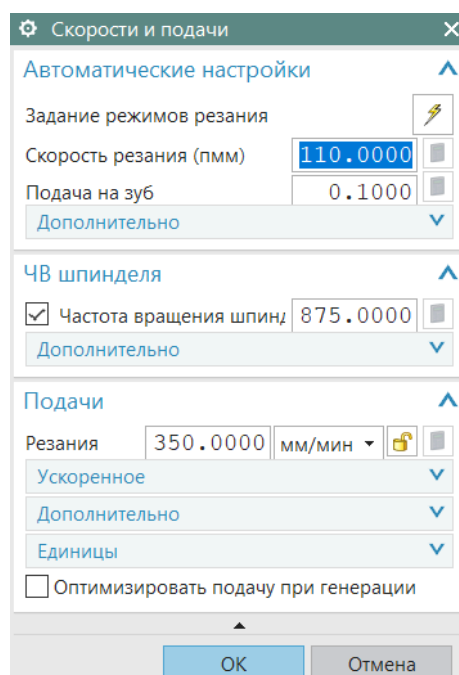


Рис. 49. Режимы резания

Выключим СОЖ, дадим сообщение оператору на переустанов прижимов и останов программы, представлено на рис. 50:

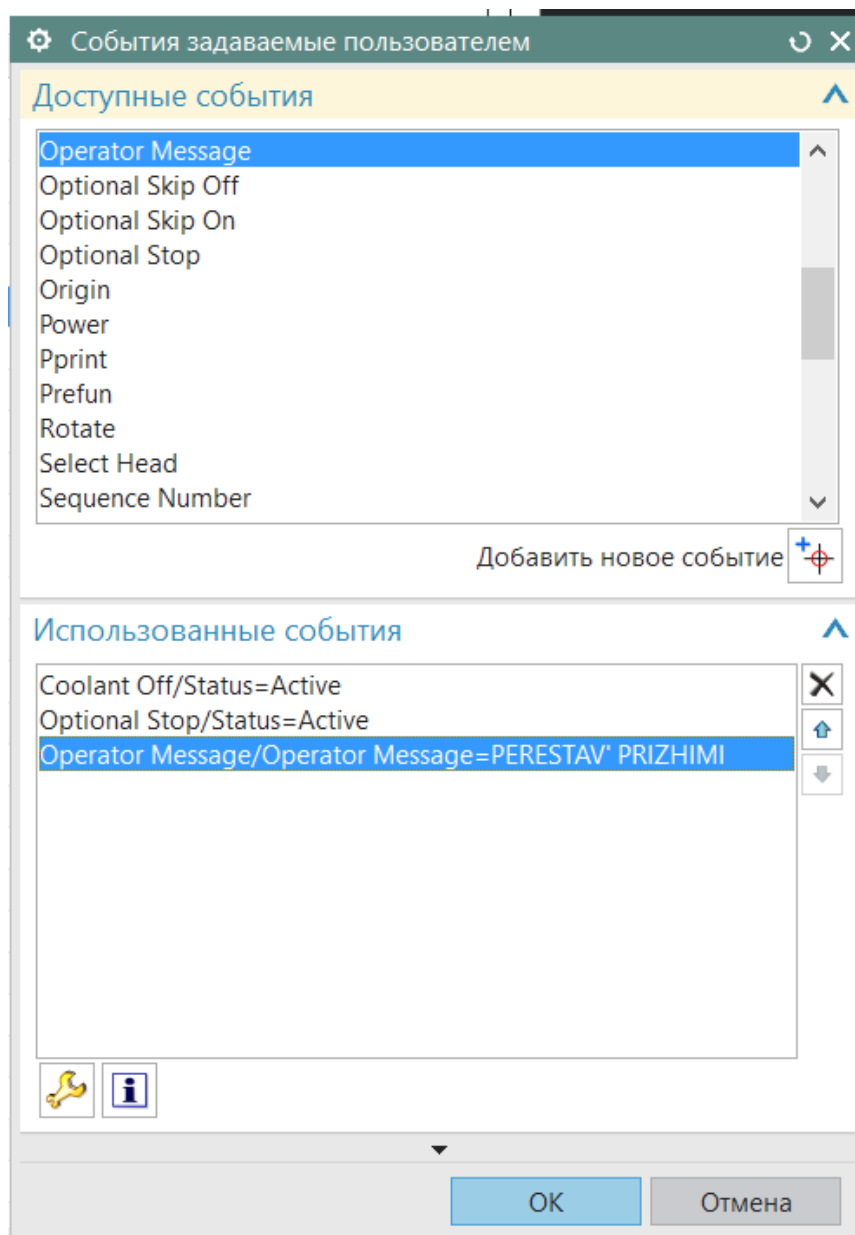
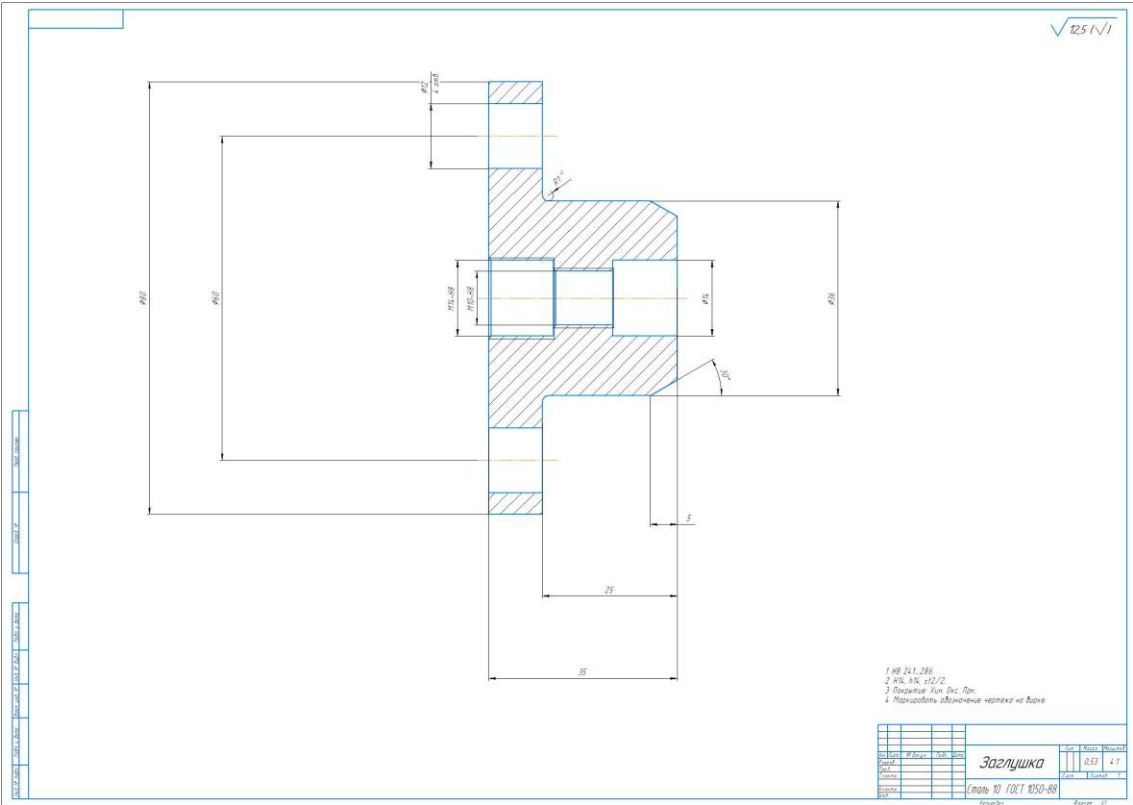


Рис. 50. Сообщение оператору

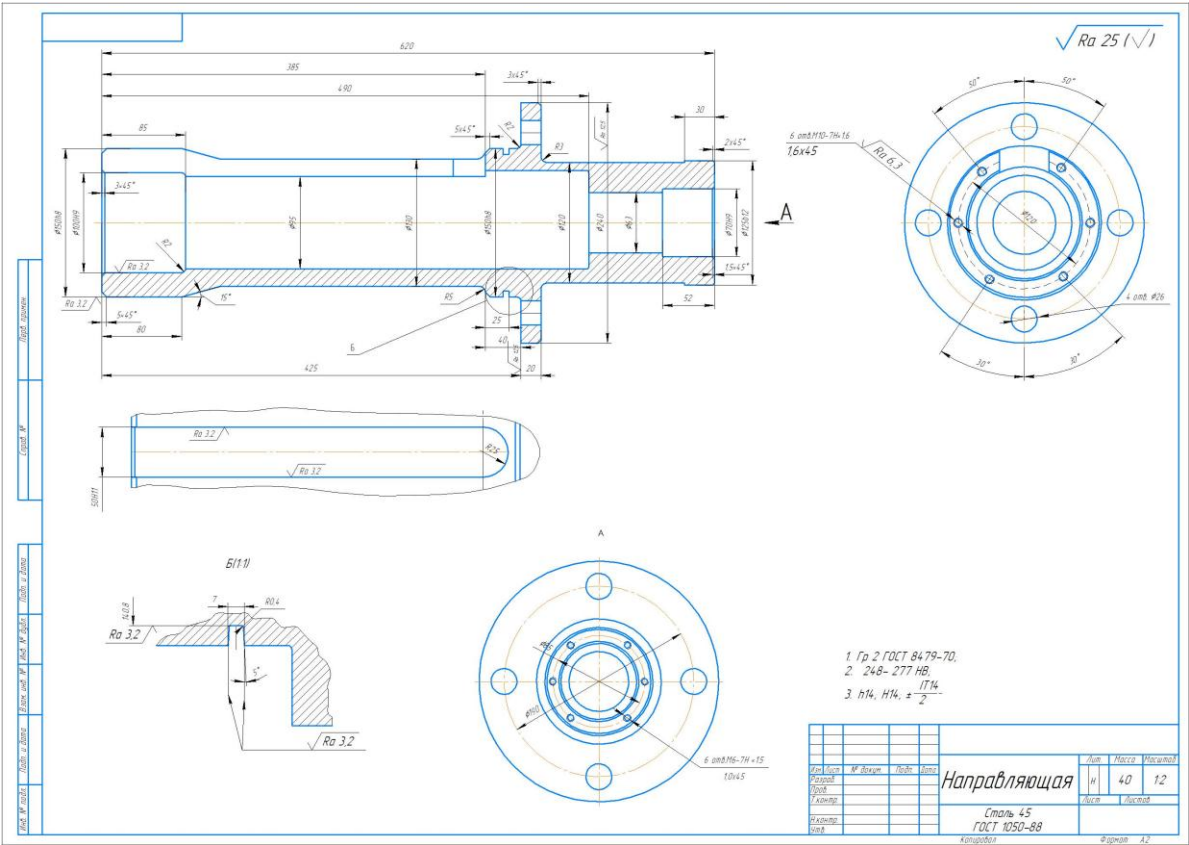
Аналогично создадим ЧПУ переход для фрезерования оставшихся граней детали.



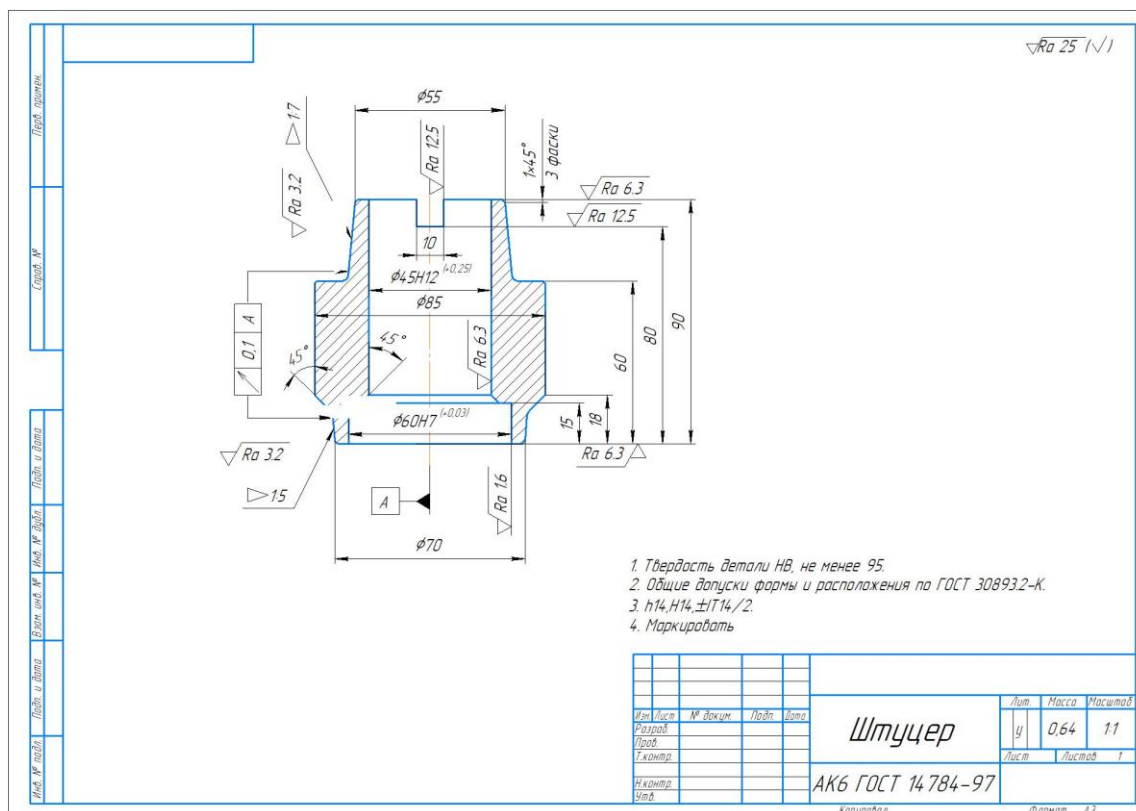
2. Деталь «Заглушка».



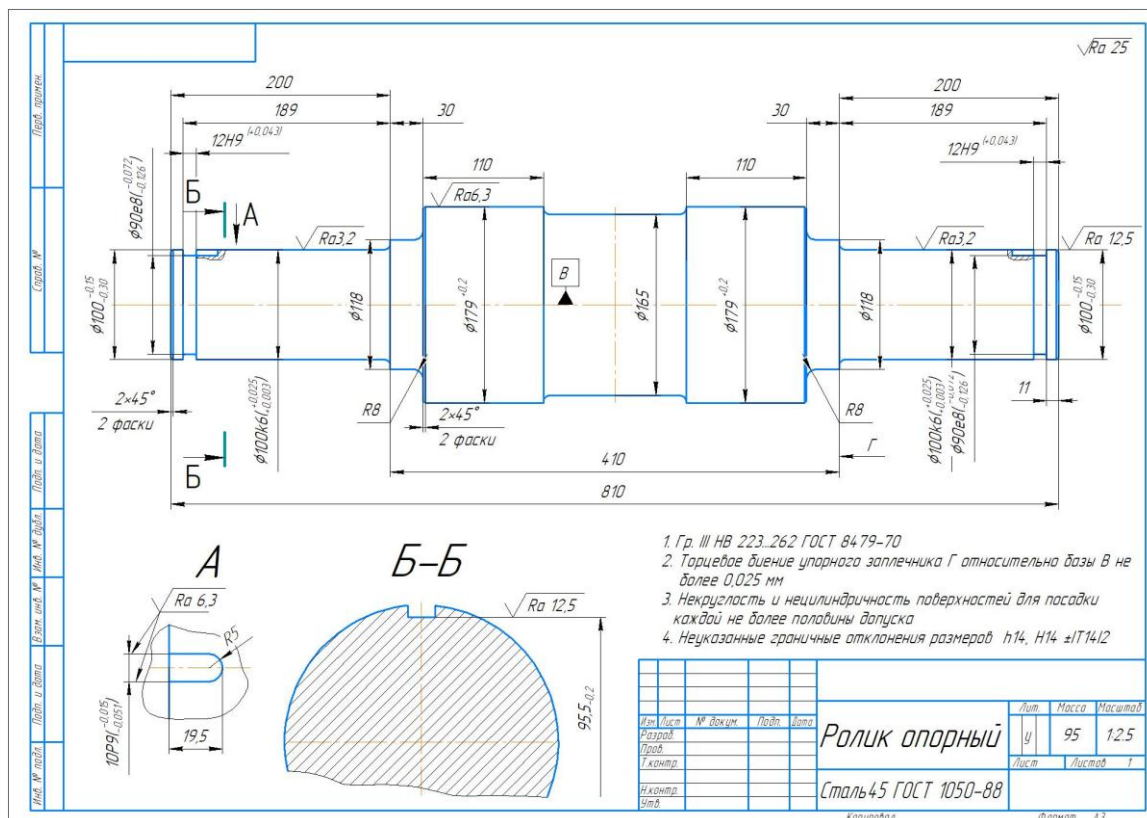
3. Деталь «Направляющая»



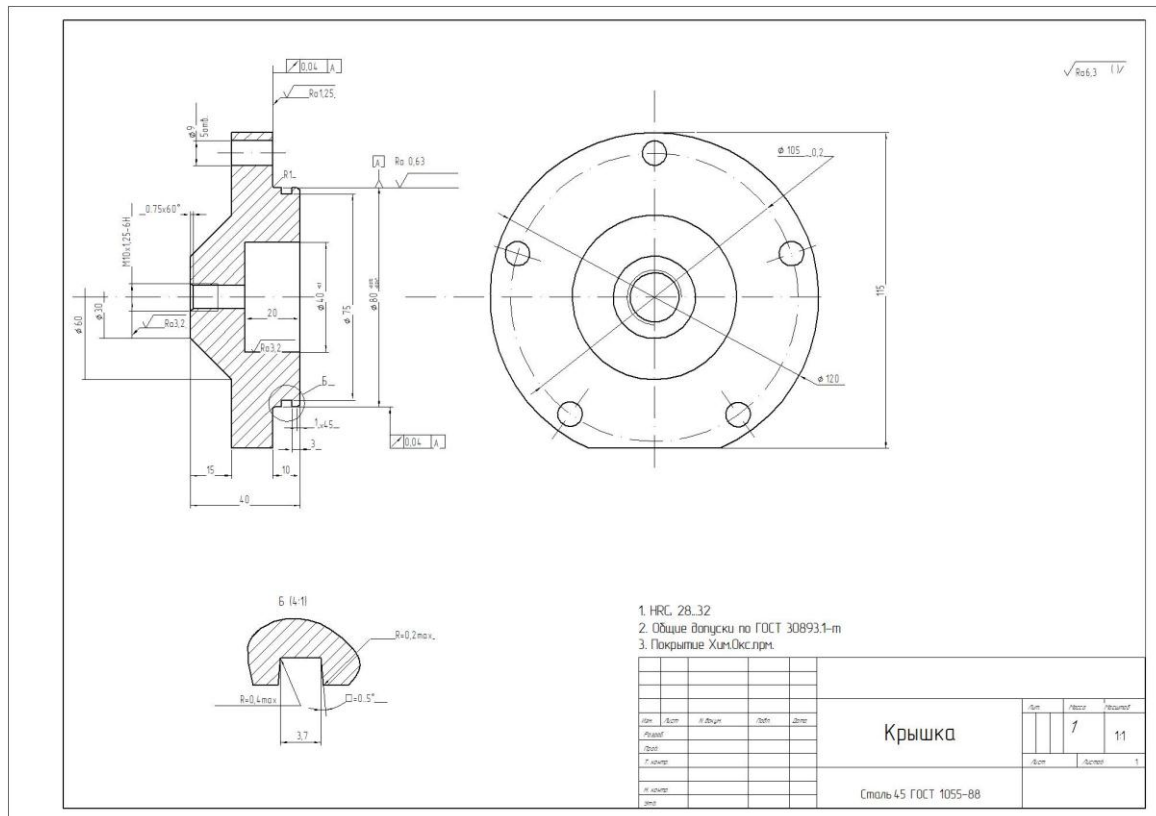
#### 4. Деталь «Штуцер»



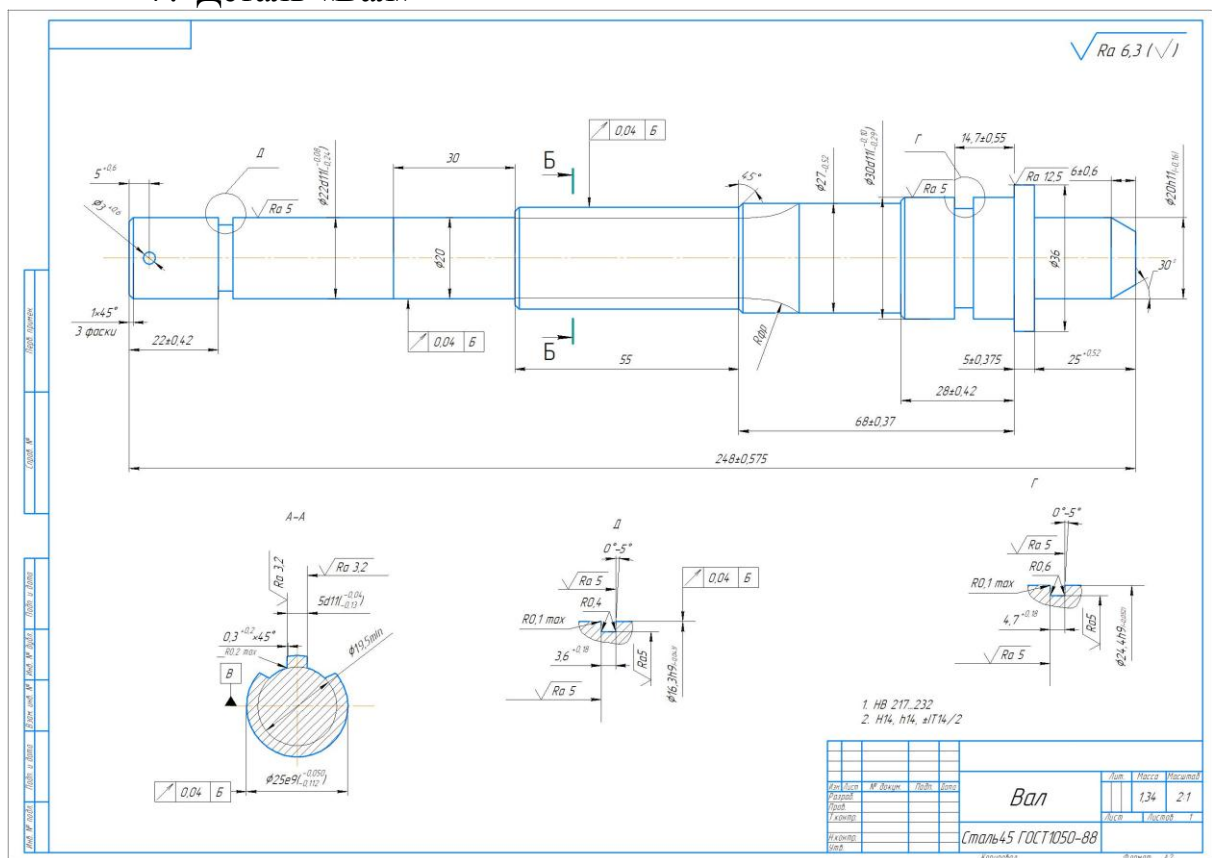
## 5. Деталь «Ролик опорный»



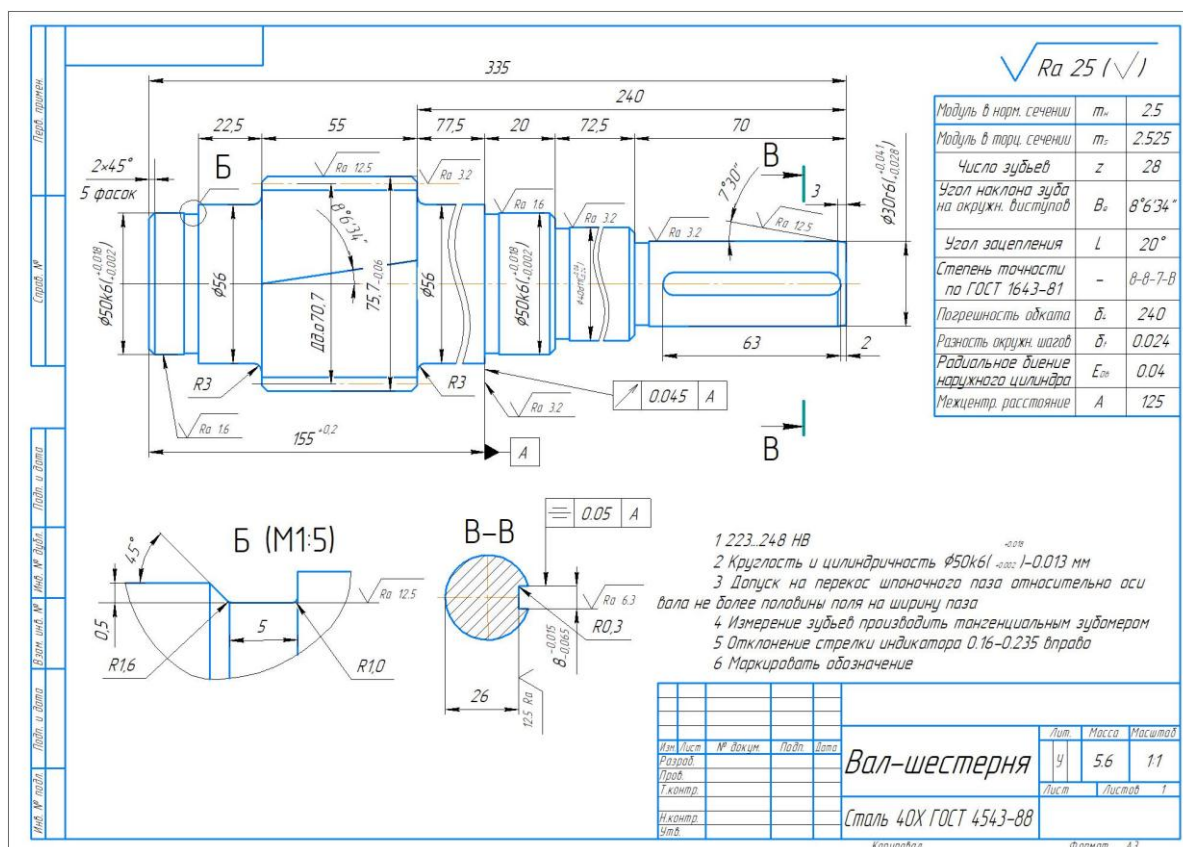
## 6. Деталь «Крышка»



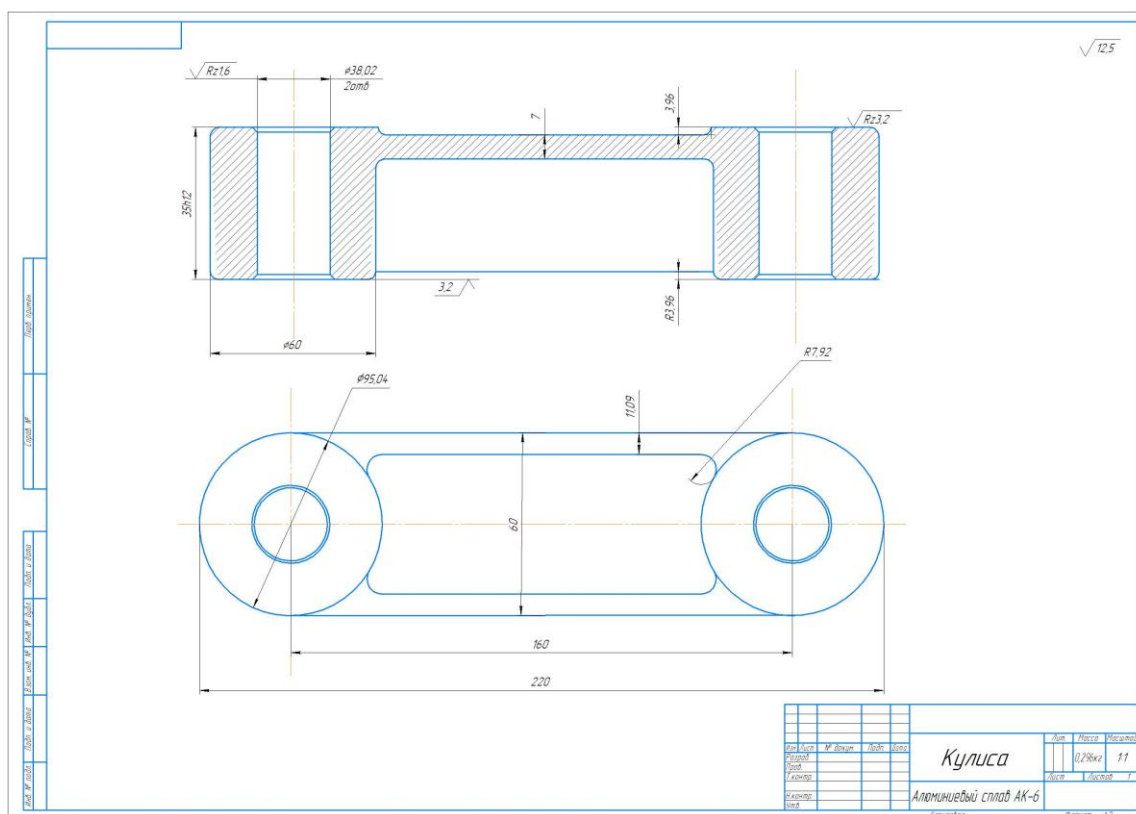
## 7. Деталь «Вал»



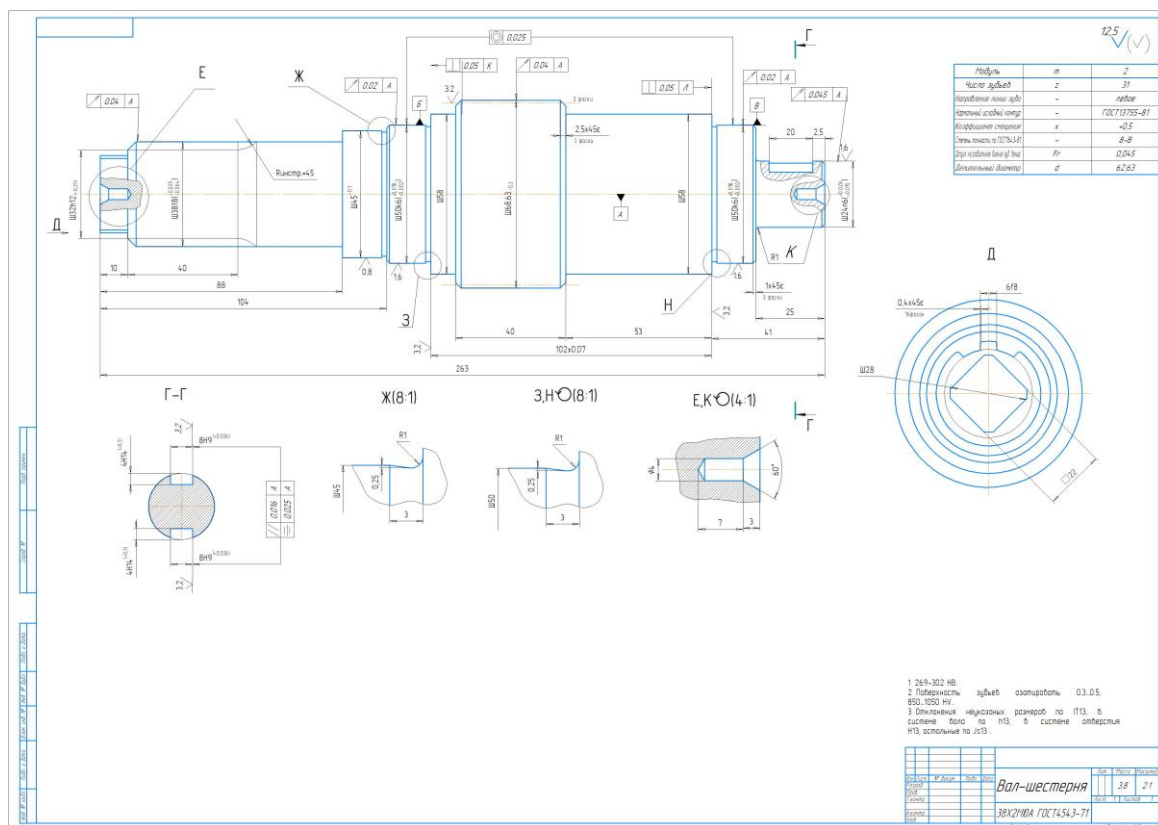
## 8. Деталь «Вал-шестерня»



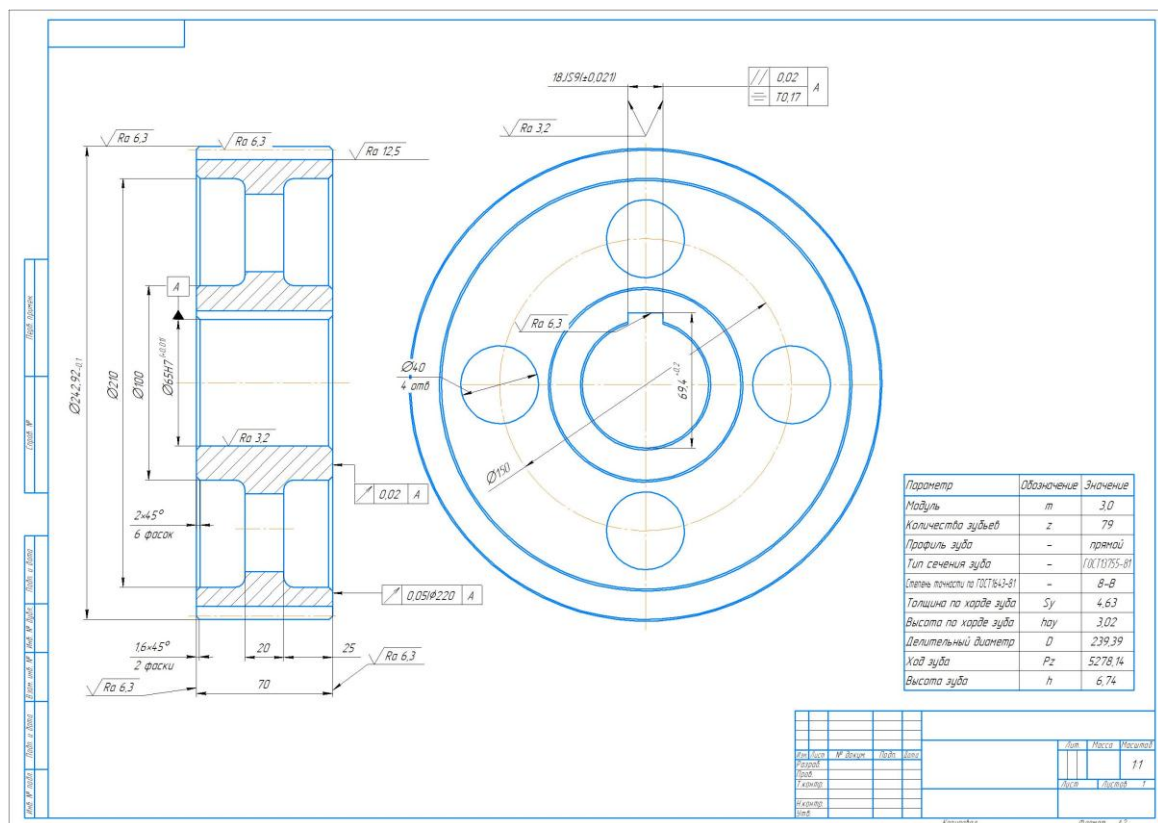
## 9. Деталь «Кулиса»



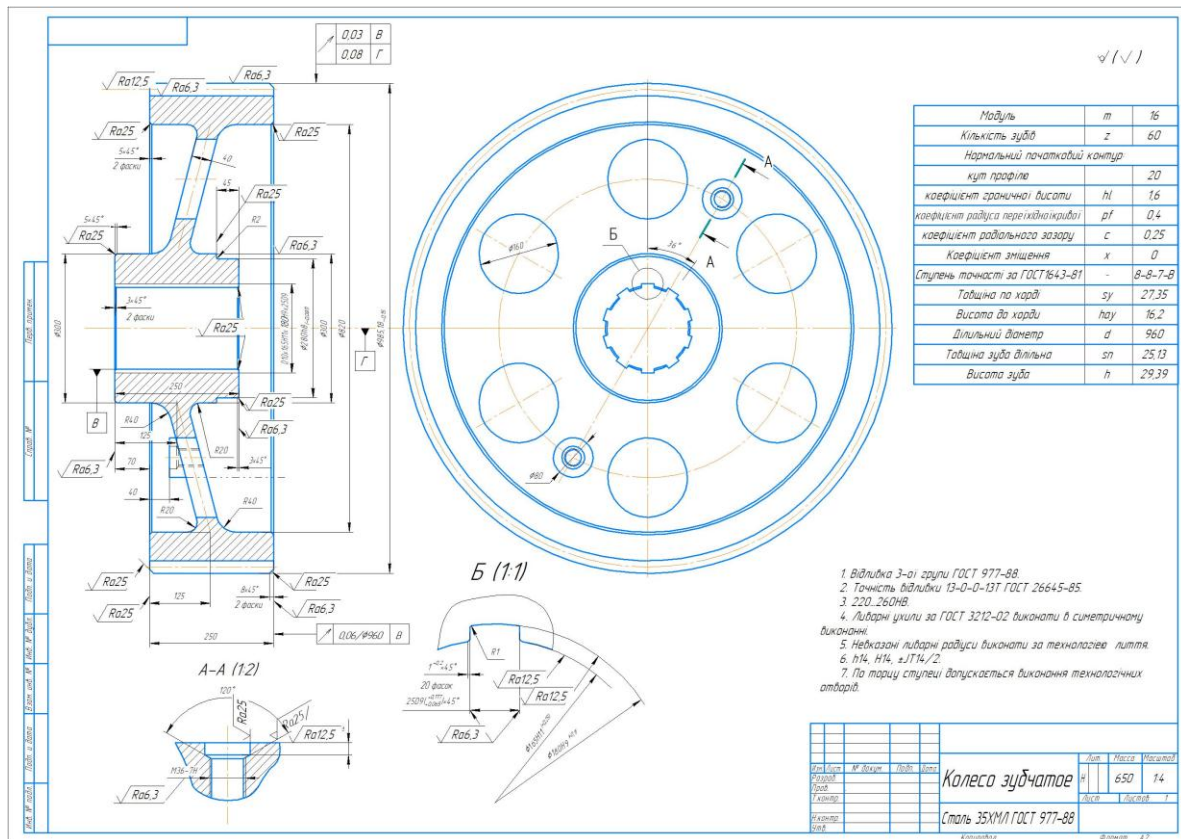
## 10. Деталь «Вал-шестерня»



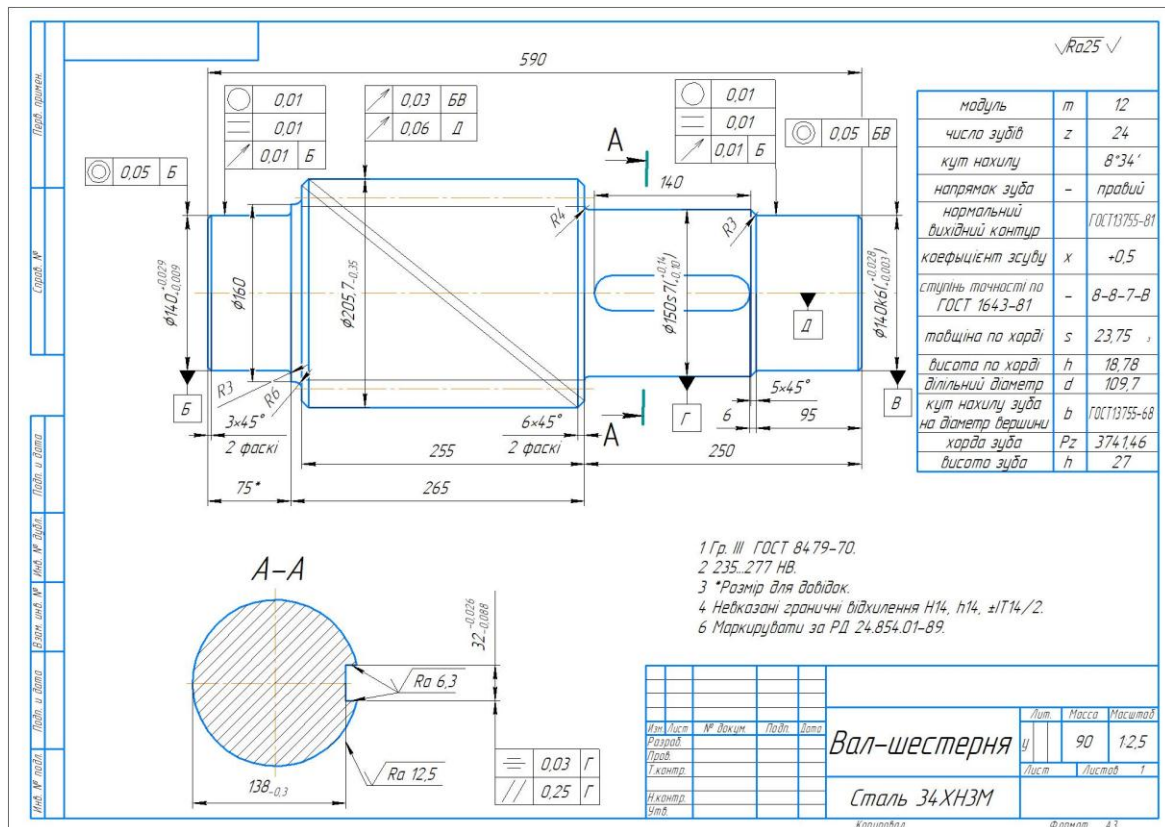
## 11. Деталь «Зубчатое колесо»



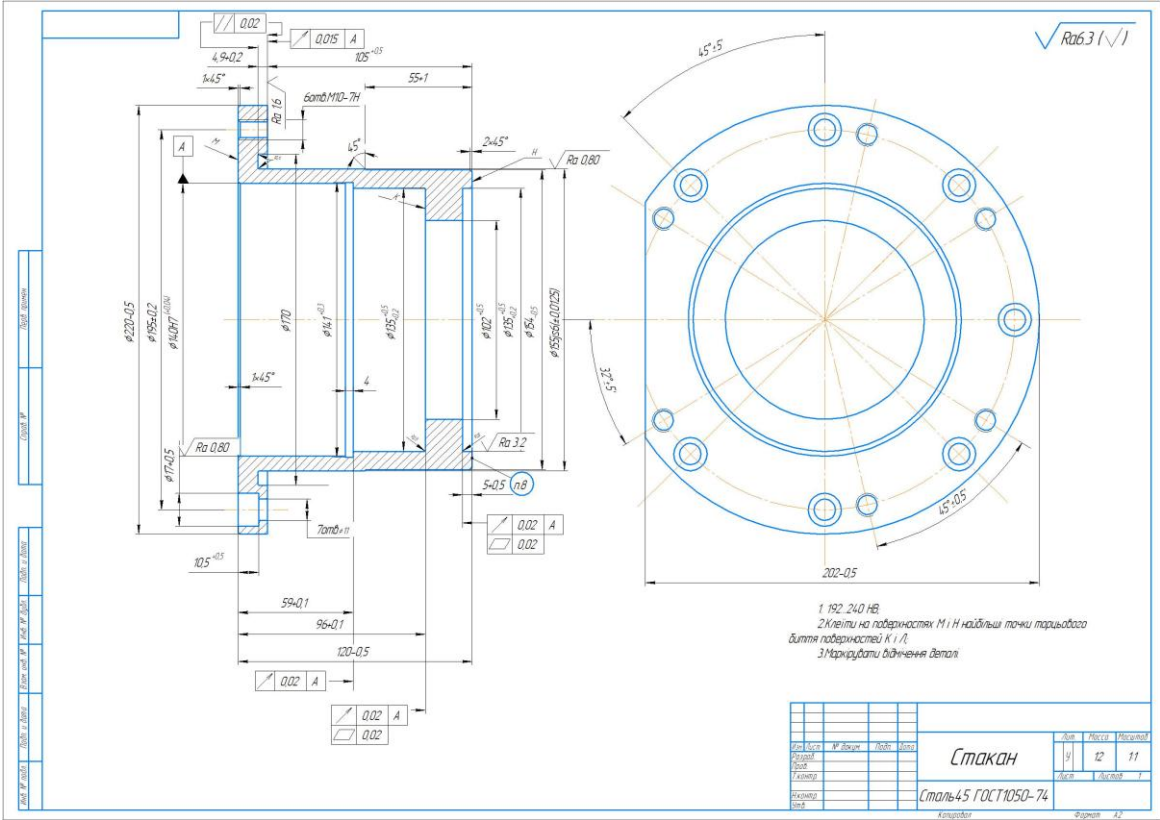
## 12. Деталь «Зубчатое колесо»



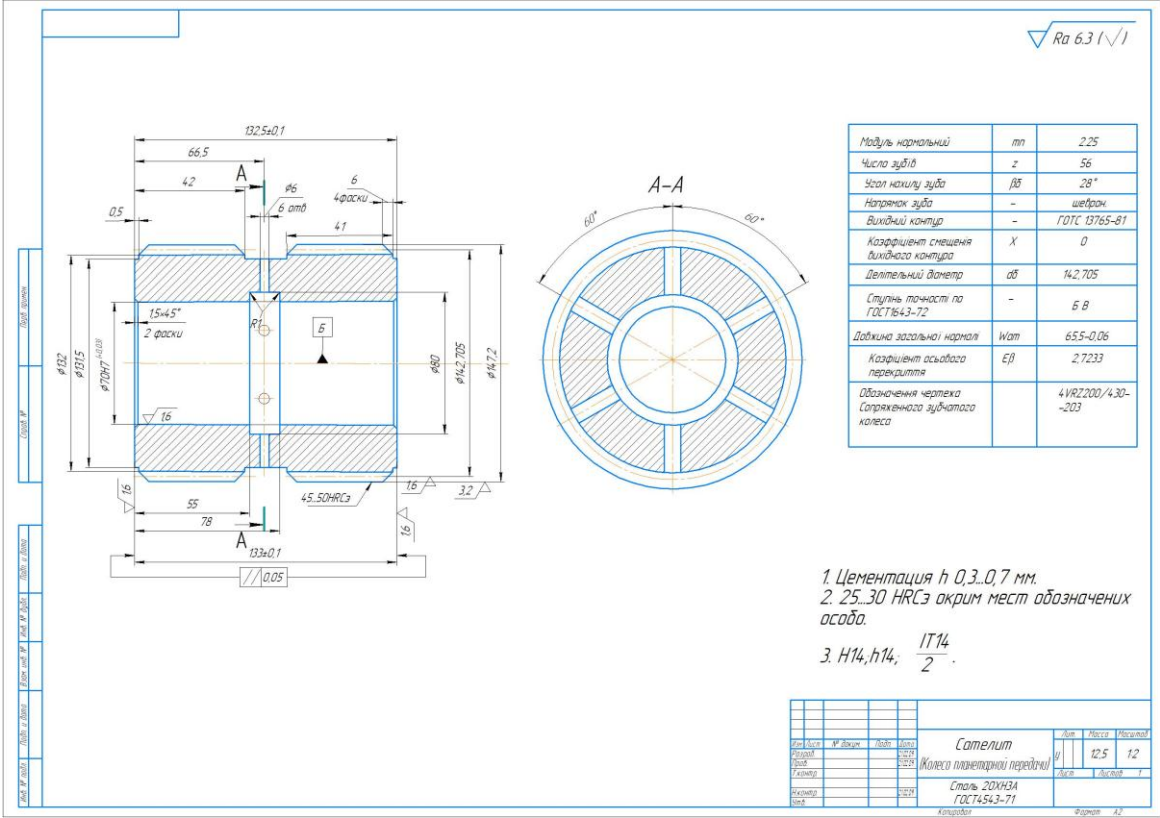
## 13. Деталь «Вал-шестерня»



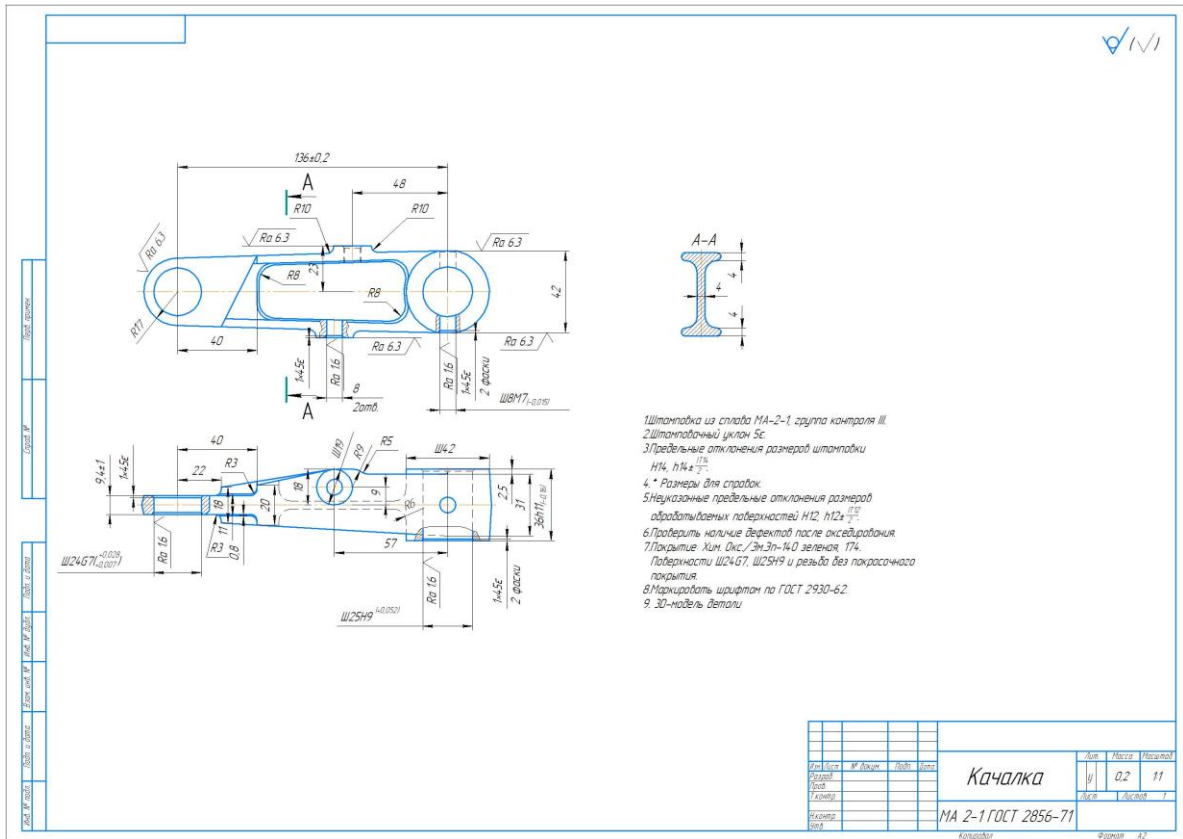
14. Деталь «Стакан»



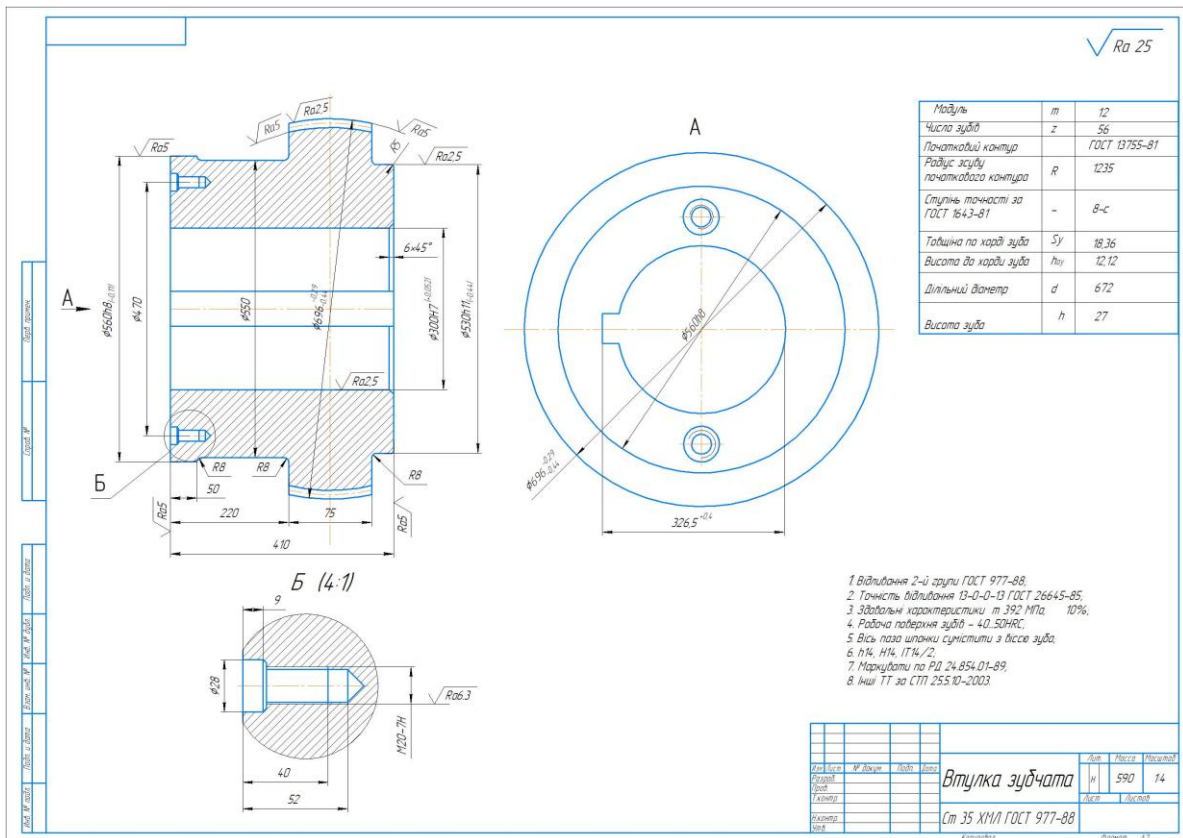
15. Деталь «Сателлит»



## Деталь «Зубчатое колесо»

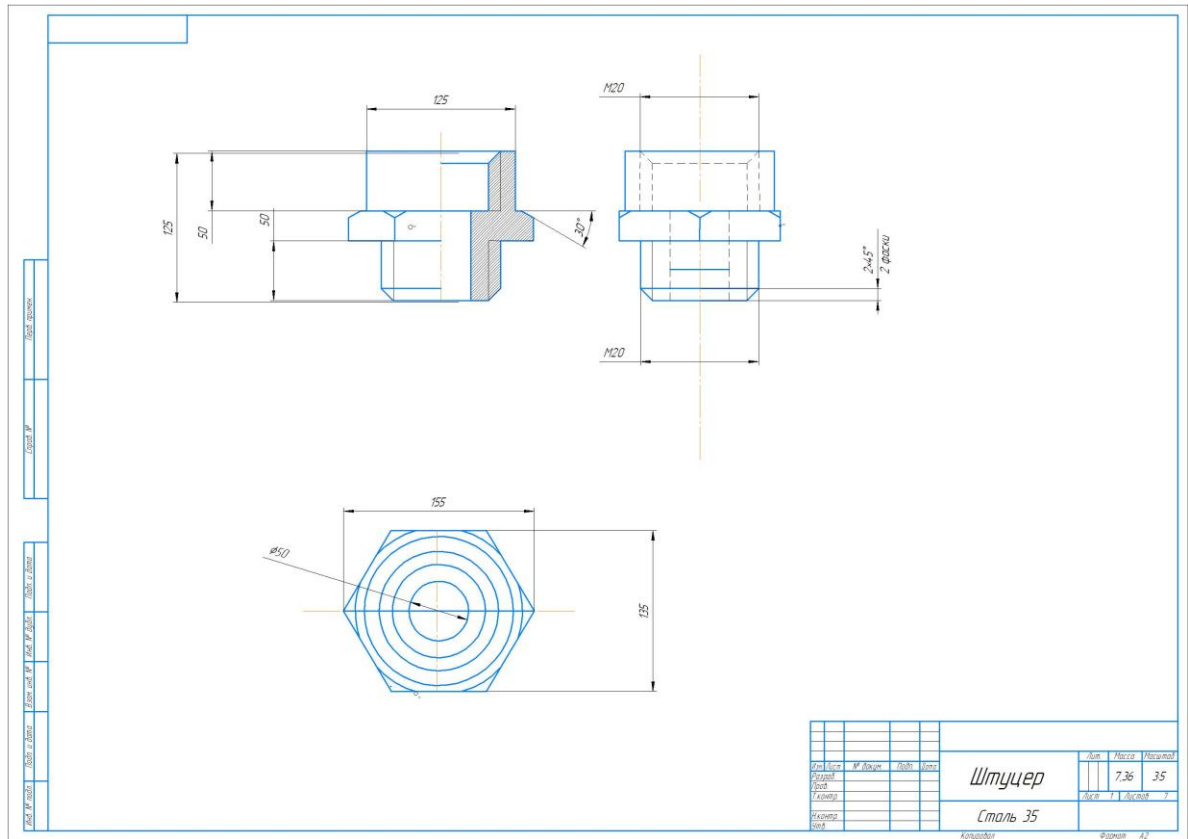


## Деталь «Зубчатое колесо»

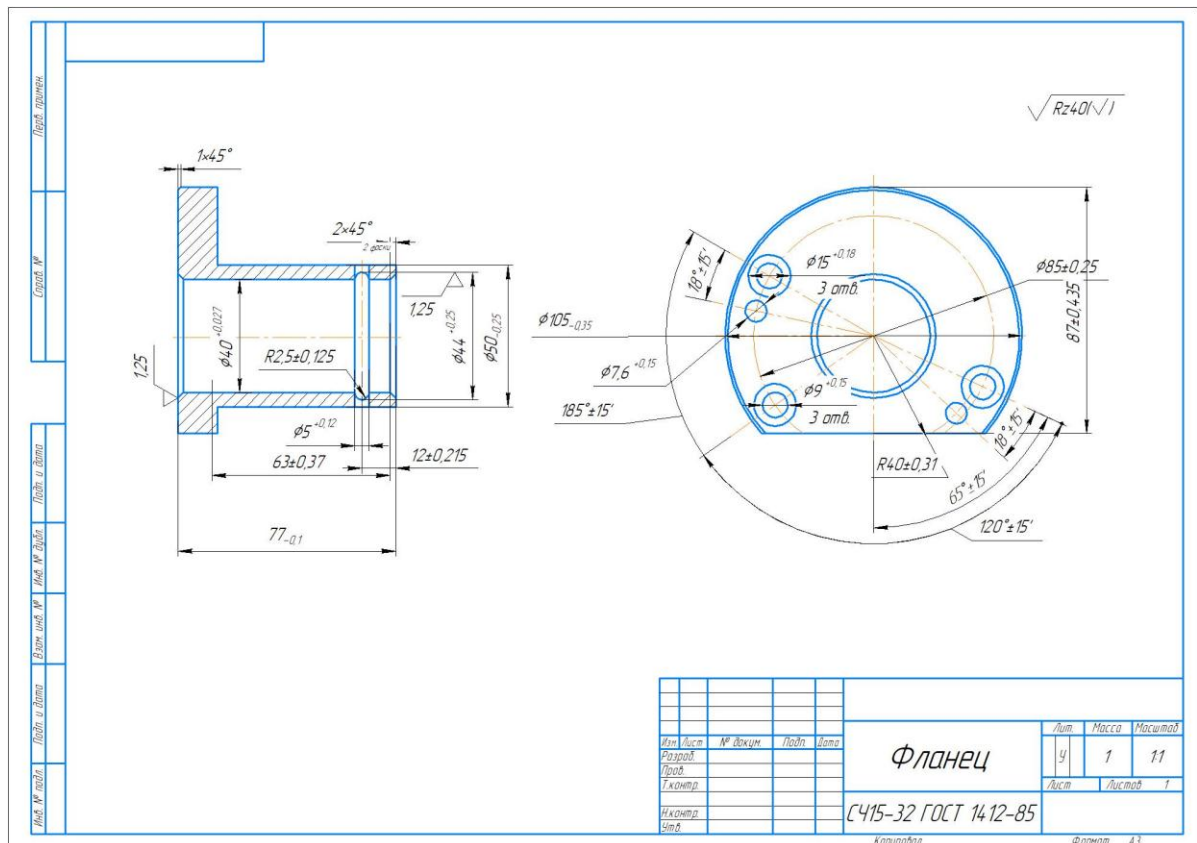




20. Деталь «Штуцер»

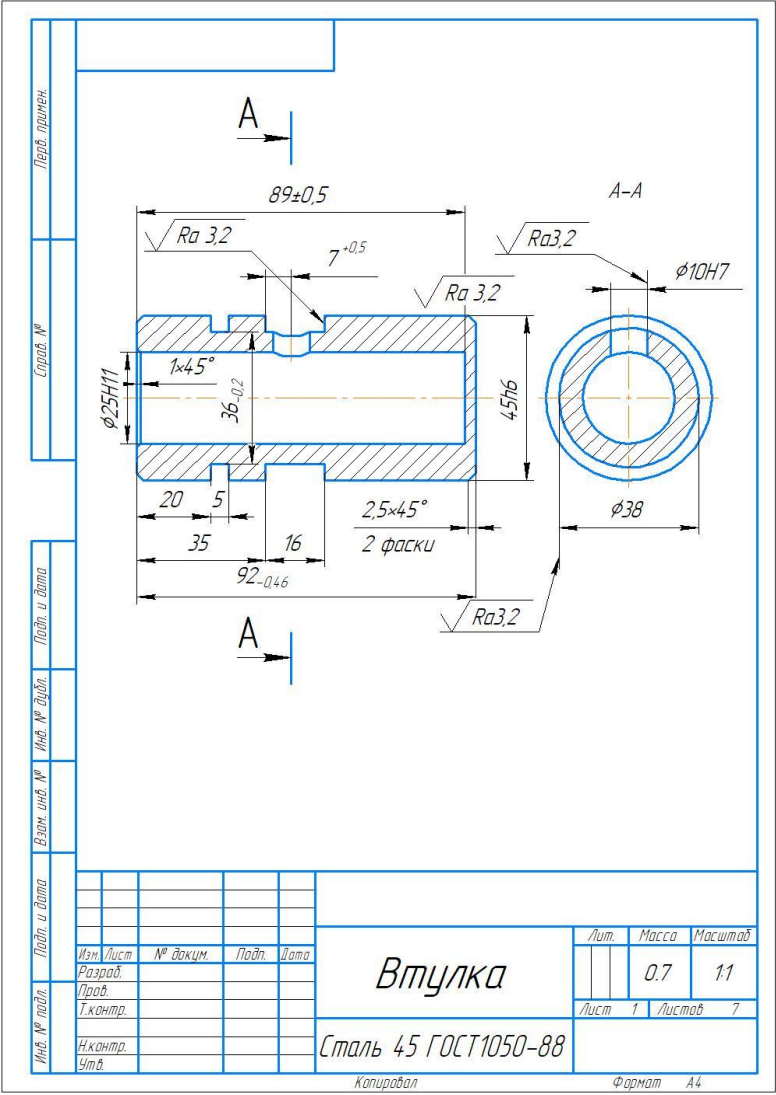


21. Деталь «Фланец»

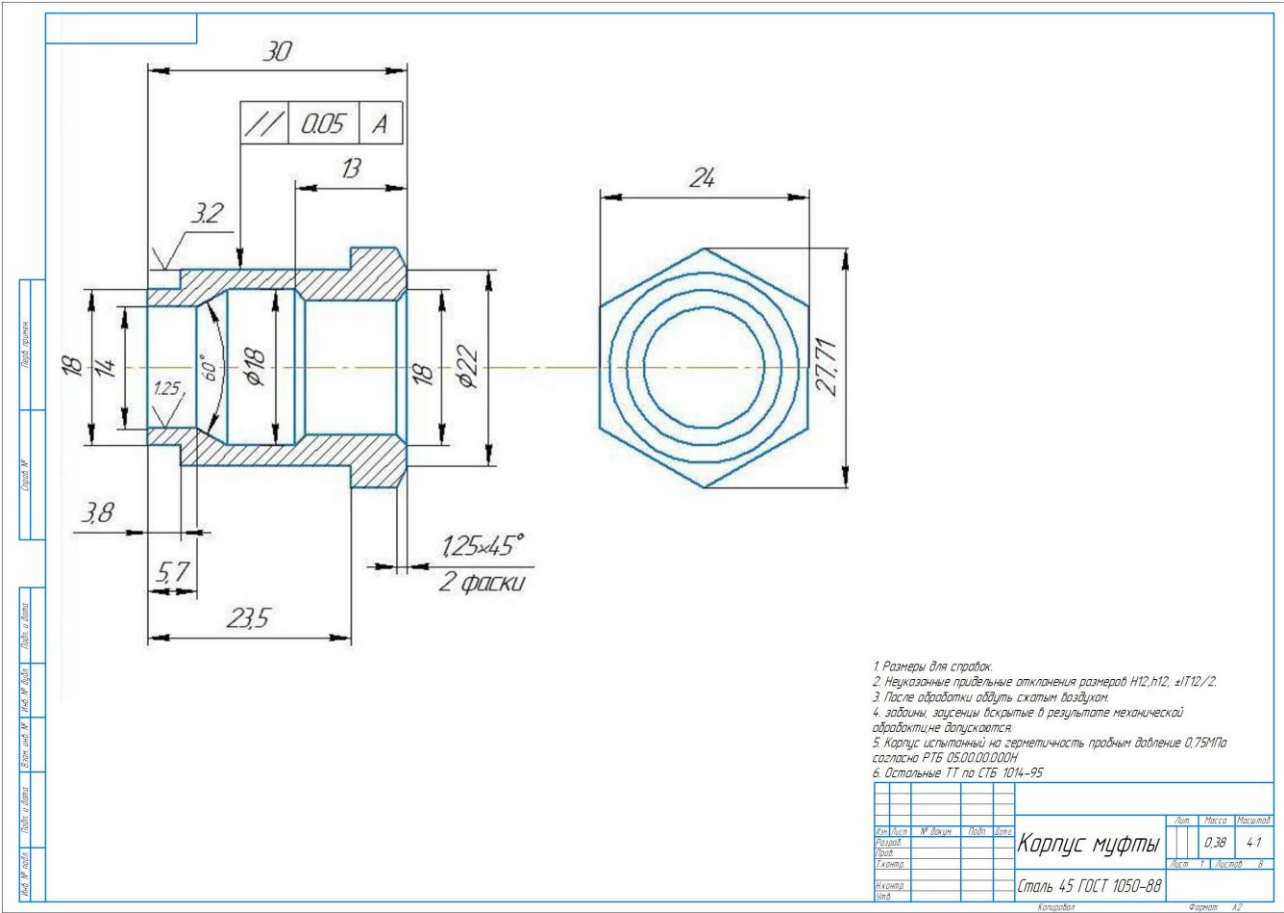




24. Деталь «Втулка»



25. Деталь «Корпус муфты»



### Библиографический список

1. Ведмидь П.А. Программирование обработки в NX CAM / П.А. Ведмидь, А.В. Сулинов. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 304 с.
2. David Martin - Engineering Calculations with Creo Parametric and PTC Mathcad Prime. Creo Power Users - Book 5. David Randolph Martin II, 2020 pdf, 210 pages, english. ISBN: 979-8649196673
3. Пачевский В.М. Металлорежущие станки: лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.М. Пачевский, Л.А. Федотова, В.Н. Старов, М.В. Кондратьев, Э.М. Янцов. – Электрон. текстовые, граф. дан. – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2010. – 327 с. – 1 диск. – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>.

## Оглавление

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                       | 3  |
| 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе.....       | 6  |
| 2. Место дисциплины в структуре ОПОП.....                           | 6  |
| 3. Содержание курсового проекта.....                                | 6  |
| 4. Алгоритм проектирования технологических процессов в САПР NX..... | 7  |
| 5. Проектирование технологической сборки и ЧПУ обработки.....       | 9  |
| 6. Темы и задания для курсовых работ.....                           | 42 |
| Библиографический список .....                                      | 56 |

# **САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению курсового проекта  
для студентов направления подготовки  
15.03.01 «Машиностроение»  
(профиль «Технологии, оборудование и автоматизация  
машиностроительных производств»)  
всех форм обучения

### **Составители:**

**Кондратьев** Михаил Вячеславович  
**Краснова** Марина Николаевна

Издается в авторской редакции

Компьютерный набор М. В. Кондратьева

Подписано к изданию 07.04.2026.

Уч.-изд. л. 6,5.

ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет"  
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84