

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЁВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ  
КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Электронное учебное пособие

Работа выполнена по мероприятию блока 2 «Развитие и повышение  
эффективности научно-инновационной деятельности» и  
блока 3 «Развитие информационной научно-образовательной среды и инфраструктуры»  
Программы развития СГАУ на 2009 – 2018 годы  
по проекту «Разработка технологии создания виртуального ГТД и проектирование на  
ее основе микрогазотурбинного двигателя»  
Соглашение № 2/12 от 03.06.2013 г.

САМАРА 2013

УДК621.9(075)+621.431.75(075)

ББК34.6я7+39.55я7

П 791

Авторы: **Сурков Олег Станиславович,**  
**Чемпинский Леонид Андреевич,**  
**Проничев Николай Дмитриевич,**  
**Смелов Виталий Геннадиевич,**  
**Агаповичев Антон Васильевич.**

Рецензент: д.т.н., профессор Д.Л. Скуратов

Компьютерная верстка Н.В. Николаева

Редакторская обработка: Н.В. Николаева

Проектирование инновационных технологических процессов механической обработки на основе компьютерного моделирования [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие /О.С. Сурков, Л.А. Чемпинский, Н.Д. Проничев, В.Г. Смелов, А.В. Агаповичев; М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). – Электрон. и граф. дан. (4,33 Мбайт). - Самара, 2013. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Рассмотрены вопросы проектирования технологических процессов и разработки управляющих программ для станков с ЧПУ.

Электронное учебное пособие предназначено для студентов факультета «Двигатели летательных аппаратов» для бакалавров специальности 151900.62, изучающих дисциплины «Оборудование машиностроительных производств» в 6 семестре и «Разработка оптимальных технологических процессов с использованием CAE/CAD/CAM/PDM-систем» в 8 семестре, для магистров специальности 160700.68, изучающих дисциплины «Инновационные технологии производства авиационных ДВС», «Инновационные производственные технологии в двигателестроении» в 9 и А семестре.

Подготовлено на кафедре ПДЛА.

© Самарский государственный  
аэрокосмический университет, 2013

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1. Токарная обработка вала двигателя.....	8
1.1 Настройка.....	8
1.1.1 Анализ детали.....	9
1.1.2 Выбор настроек.....	10
1.1.3 Задание геометрии.....	11
1.1.4 Задание зон контроля столкновений.....	15
1.1.5 Создание инструмента.....	18
1.2 Программа.....	18
1.2.1 Создание операции обработки переднего торца.....	19
1.2.2 Создание черновой операции обработки наружной поверхности ..	20
1.2.3 Обработка заднего торца детали во вспомогательном шпинделе ..	21
2. 3-х координатное фрезерование передней части диффузора.....	23
2.1 Настройка.....	23
2.1.1 Выбор настроек.....	24
2.1.2 Задание геометрии.....	24
2.1.3 Создание инструментов.....	25
2.2 Программа.....	25
2.2.1 Черновая обработка.....	26
2.2.2 Удаление оставшегося припуска.....	27
2.2.3 Чистовая обработка бобышек.....	30
2.2.4 Чистовая обработка вокруг бобышек.....	33
3. Пяти координатная обработка лопаток моноколеса компрессора.....	35
3.1 Геометрическое моделирование.....	35

3.2 Разработка технологического процесса обработки .....	36
3.2.1 Настройка.....	37
3.2.1.1 Выбор настроек .....	37
3.2.1.2 Задание геометрии .....	38
3.2.1.3 Задание геометрии лопатки.....	42
3.2.1.4 Создание инструментов.....	44
3.2.1.5 Установка детали .....	47
3.2.2 Программа.....	50
3.2.2.1 Черновая обработка лопаток и рассекателей .....	50
3.2.2.2 Чистовая обработка лопаток .....	56
3.2.2.3 Чистовая обработка остальных элементов геометрии детали.....	62
3.3 Симуляция обработки на станке.....	64
3.4 Вывод.....	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	67

## Введение

Развитие технологии изготовления воздушно-реактивных двигателей в сочетании с использованием методов математического моделирования газодинамических процессов и прочностных расчетов термонагруженных деталей позволили целому ряду предприятий подойти к полномасштабному производству малоразмерных воздушно-реактивных двигателей (микро-ТРД, микро-ТВД и микро- ПуВРД). Основным потребителем этого продукта до недавнего времени были авиамоделисты, создающие летающие копии пилотируемой техники. Однако в последнее время стали появляться образцы БЛА, использующие в силовой установке малоразмерные ТРД (на-пример, макет БЛА ВВП «Штиль-3»).

Так как летающие модели-копии пилотируемых самолетов предназначены, главным образом для имитации полета настоящего реактивного самолета в пределах визуальной близости к оператору, то и характеристики ТРД являются соответствующими. Однако, сам по себе, факт создания микро ВРД является примечательным и следует ожидать в самое ближайшее время появление целого семейства БЛА с силовыми установками на основе ВРД. Поэтому вопрос анализа конструкции и оценки располагаемых характеристик микро -ТРД является достаточно важным. Тем более что малые размеры конструктивных элементов, из которых состоит такой двигатель, создают определенные проблемы при попытке получения высоких удельных показателей, а предприятия-изготовители, как правило, не предоставляют полной информации о своих изделиях.

Для производства микро ГТД требуется понимание его устройства и знание значений основных величин, которые производители, как правило, не указывают в документации на подобные двигатели. Конструктивно все выпускаемые микро-ТРД представляют собой ТРД с центробежным одноступенчатым компрессором с односторонним входом и одноступенчатой осевой газовой турбиной. Компоновка микро-ГТД показана на рисунке 1. Ротор двигателя образуется валом , на который спереди насажено и

зафиксировано винтом рабочее колесо центробежного компрессора, а сзади рабочее колесо газовой турбины, фиксирующееся на валу винтом. Вал 1 устанавливается во внутреннем корпусе статора на двух подшипниках и за рабочим колесом компрессора установлен статор компрессора со спрямляющим аппаратом. Кожух камеры сгорания крепится к сопловому аппарату газовой турбины, а топливный коллектор располагается в кольцевой нише между кожухом камеры сгорания и фланцем корпуса соплового аппарата. Наружная обечайка выходного устройства имеет свой фланец, с помощью которого она болтами крепится к фланцу соплового аппарата.

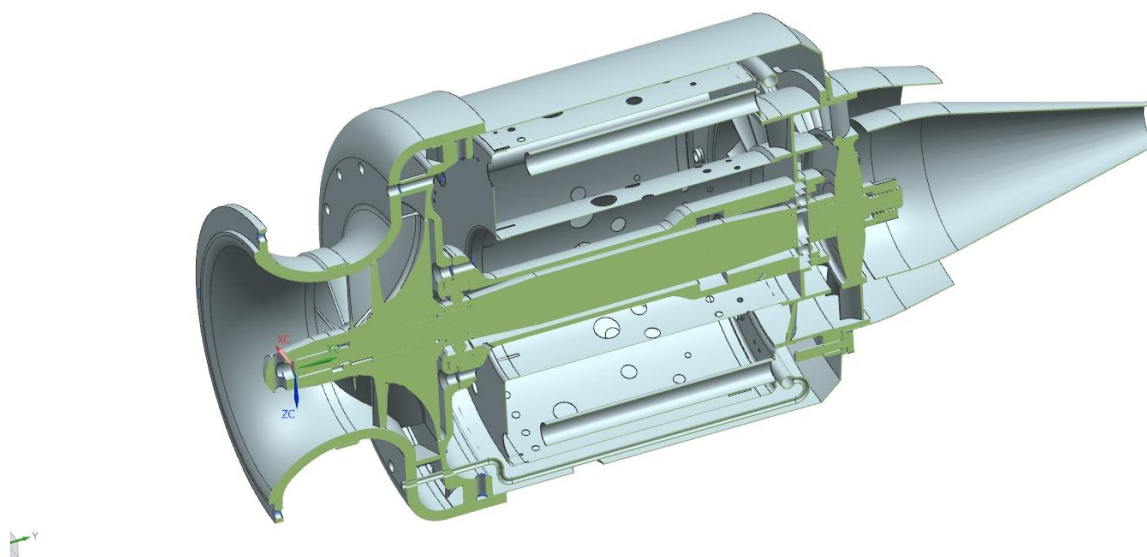


Рисунок 1 Типовая компоновка микро ГТД

Применяется испарительная камера сгорания. Как правило, все микро-ТРД оснащаются входным устройством, имеющим конфигурацию близкую к лем-нискату (рисунок 2).

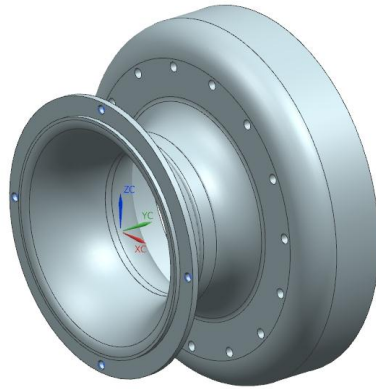


Рисунок 2 Входное устройство компрессора микро ГТД

Наружный корпус микро-ГТДД представляет собой тонкостенную обечайку из жаро-стойкой стали, которая обеспечивает проход воздуха из спрямляющего аппарата компрессора через отверстия в кожухе внутрь камеры сгорания к испарительным трубкам. (рисунок3)



Рисунок 3 Камера сгорания микро - ГТД.

Малая размерность двигателя по расходу воздуха не позволяет использовать отработанные конструктивные решения в практике авиационного двигателестроения.

Выходным устройством у такого двигателя является дозвуковое сужающееся сопло, образуемое наружной обечайкой и центральным телом в

виде тонкостенной оболочки, закрывающим втулочное сечение рабочего колеса газовой турбины (рисунок 4).

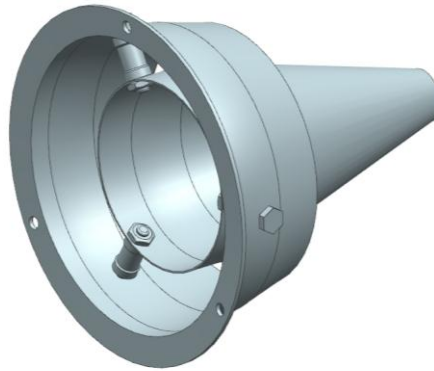


Рисунок 4 Выходное устройство микро ГТД

В методическом пособии представлены методики разработки управляющих для изготовления некоторых деталей микро ГТД на станках с ЧПУ:

- Разработка УП для обработки вала микро ГТД;
- Разработка УП для обработки диффузора микро ГТД;
- Разработка УП для изготовления моноколеса компрессора микро ГТД;

## **ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА ВАЛА ДВИГАТЕЛЯ**

### **1.1 Настройка**

До начала генерации управляющей программы необходимо провести соответствующий технологический анализ, выбрать тип оборудования и указать ряд дополнительных параметров.

- **Анализ детали** позволяет проверить, в какой системе выполнена модель (метрическая, дюймовая) и измерить габаритные размеры детали. Что в свою очередь позволяет определить соответствующий



режущий инструмент, который необходим для обработки детали и безопасные расстояния.

- **Выбор настройки** определяют последовательность задания геометрии и набор инструментов который должен быть задан для начала создания операций.
- **Задание геометрии** включает проверку расположения и ориентации системы координат, задание геометрии заготовки и детали. Определение объектов геометрии в графическом навигаторе операций позволяет использовать заданную один раз геометрию в нескольких операциях.
- **Задание зон контроля столкновений** позволит режущему инструменту избегать столкновения с объектами, задавая осевые плоскости ограничения, начальную точку, точку возврата и плоскости безопасности.
- **Создание инструмента** позволяет задать режущий инструмент и назначить им соответствующие положению в магазине. После создания инструменты сохраняются с деталью и доступны, при необходимости, в процессе создания программы обработки.

### 1.1.1 Анализ детали

В главном меню выберите **Анализ→Измерить расстояние**. Выберите **Расстояние** в списке **Тип**. Выберите переднюю, грань детали, затем выберите заднюю грань детали (рисунок 1.1).

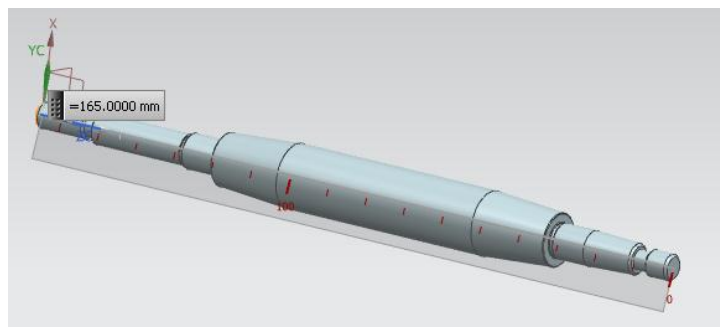


Рисунок 1.1 – Определение габаритной длины детали

Габаритная длина равна 165 мм.

Нажмите кнопку **Отмена**.

В главном меню выберите **Анализ→Измерить расстояние**. Выберите **Диаметр** из списка **Тип**. Выберите цилиндрическую поверхность детали (Рис 1.2). Ее диаметр составляет 14.5 мм.

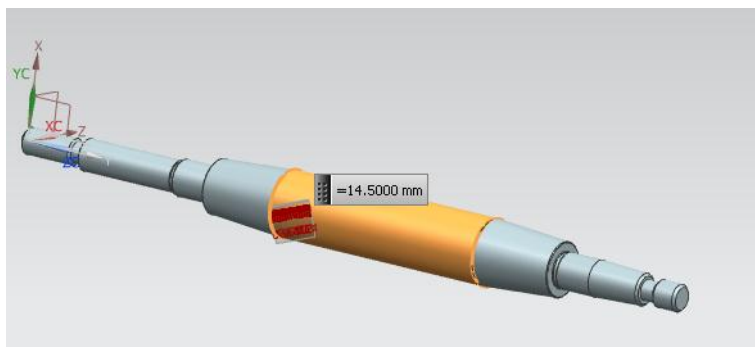


Рисунок 1.2 – Определение габаритного диаметра детали

Нажмите **ОК** в диалоговом окне **Измерение диаметра**.

### 1.1.2 Выбор настроек

Выбор настроек является второй задачей. Настройка задает навигатор операций и структуру сборки.

- Выберите **Файл→Новый**.
- Выберите вкладку **Обработка**.
- Выберите **Миллиметры** в списке **Единицы**.
- Выберите **Токарная обработка (turning)**.
- Нажмите кнопку **ОК**.

Настройка определяет иерархию групп геометрии, которая позволяет задать дополнительную геометрию и параметры, часто используемые в программе. Организация системы координат станка (СКС), которая будет содержать операцию точения, является особенно важной.

- Нажмите **Вид геометрии** .

- Нажмите на значок "+", чтобы раскрыть группы (рисунок 1.3).

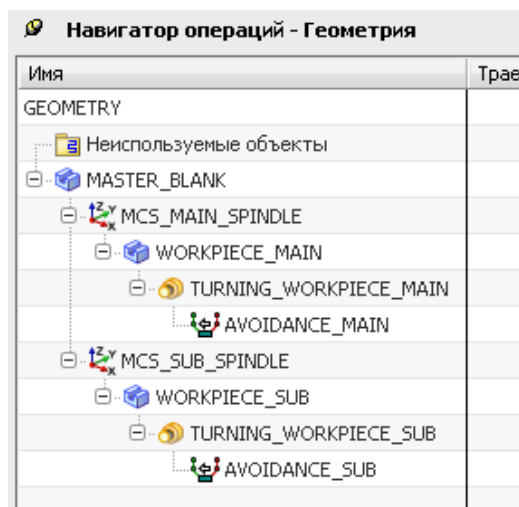


Рисунок 1.3 – Окно навигатора операций

### 1.1.3 Задание геометрии

Необходимо создать сборку для отображения детали вспомогательного шпинделя. Для этого выберите **Начало**→**Сборки** в главном меню, чтобы значок  появился рядом с **Сборки**. На панели инструментов **Сборки** нажмите кнопку **Добавить компонент**. В диалоговом окне **Добавить компонент** выберите в списке **Загруженные детали** нужную вам деталь. Выберите **Перемещение** в списке **Позиционирование**. Введите **величину перемещения** в поле **X**. Для нашего примера  $X_C = 250$ ;  $Y_C = 0$ ;  $Z_C = 0$ . Нажмите кнопку **ОК** в окне **Точка**. Затем нажмите кнопку **ОК** в окне **Переместить компонент**. Выберите **Начало**→**Сборки**, чтобы отключить панель инструментов **Сборка**. Результат операции приведен на рисунке 1.4.

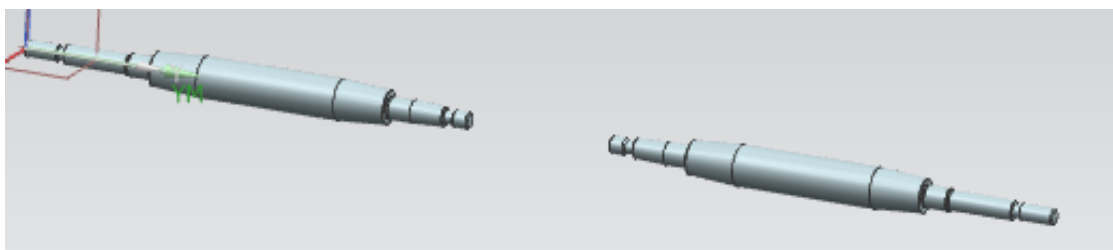



Рисунок 1.4 – Расположение деталей в окне

Нажмите **Вращение**  на панели инструментов и поверните деталь, чтобы увидеть заднюю грань детали вспомогательного шпинделя. Нажмите **Вид геометрии**. В **Навигаторе операций** дважды щелкните **MCS\_SUB\_SPINDLE**. Нажмите **Задать СКС**. Выберите **Вся сборка** в списке **Пространство выбора**. Затем выберите **Манипулятор**. В меню **Тип** выберите **цент дуги**. Выберите дугу на задней грани детали вспомогательного шпинделя как показано на рисунке 1.5.

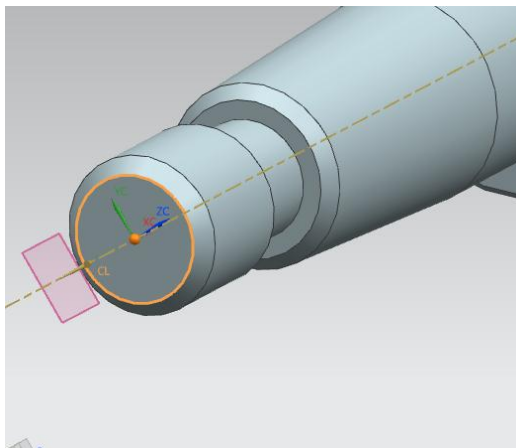





Рисунок 1.5 – Задание СКС вспомогательного шпинделя

Нажмите кнопку **ОК**. Обязательно выберите **ZM-XM** в списке **Задание плоскости**. Нажмите **ОК** в диалоговом окне **СКС вспомогательного шпинделя**.

В панели инструментов **Геометрия** (расположите опцию **Точка** в нижней части окна и откройте выпадающее меню), выберите **Цилиндр** . Нажмите **Задать вектор** . Выберите **Ось XC** в списке **Тип**. Нажмите кнопку **ОК**. Нажмите **"Задать точку"** . Введите необходимые значения координат: Для нашего примера  $XC = -5$ ;  $YC = 0$ ;  $ZC = 0$ .

Нажмите кнопку **ОК**. Введите значение **20** в поле **Диаметр**. Введите **175** в поле **Высота**. Нажмите кнопку **ОК**. Результат операции представлен на рисунке 1.6.

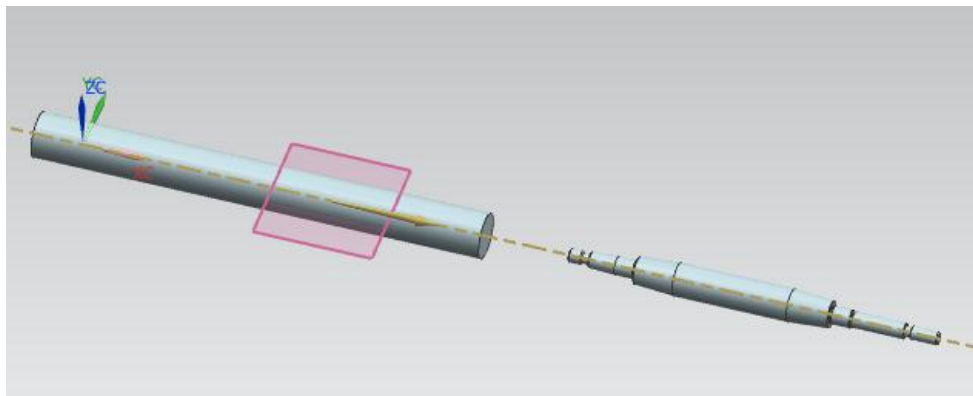


Рисунок 1.6 – Вид детали с заготовкой

Для дальнейшей работы необходимо сделать заготовку прозрачной. Для этого убедитесь, что прозрачность включена. Выберите **Настройки**→**Визуализация**. Выберите вкладку **Визуализация**. Если необходимо, установите флажок **Прозрачность**.

Теперь можно применить прозрачность для объекта. Выберите **Изменить**→**Отображение объекта**. Выберите цилиндр. Нажмите кнопку **ОК**. Задайте для параметра **Прозрачность** значение **50**. Нажмите кнопку **ОК**. Нажмите правой кнопкой мыши на фоне графического окна и выберите **Обновить**. Результат операции представлен на рисунке 1.7.

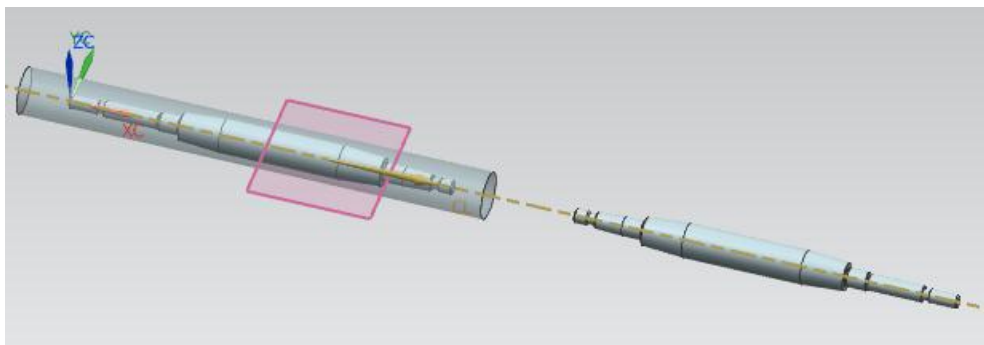





Рисунок 1.7 – Вид детали с прозрачной заготовкой

Для определения геометрии главного шпинделя в **Навигаторе операций** дважды щелкните **WORKPIECE\_MAIN**, чтобы изменить операцию. Затем нажмите **Задать деталь** . Выберите тело детали главного шпинделя (Используйте список быстрого выбора для выбора детали внутри

полупрозрачного цилиндра). В окне **Геометрия детали** нажмите **ОК**. Нажмите **ОК** в диалоговом окне **Главная заготовка**.

Для определения заготовки главного шпинделя в **Навигаторе операций** дважды щелкните **MASTER\_BLANK**, чтобы изменить операцию. В окне **Мастер-заготовка** нажмите на **Задать заготовку** . Выберите полупрозрачный цилиндр. В окне **Геометрия заготовки** нажмите **ОК**. Нажмите **Материал** . Выберите **МАТО\_00266** в списке **Материал детали** (Это задает алюминий как материал детали). Нажмите кнопку **ОК**. Нажмите **ОК** в меню **Мастер-заготовка**.

Для определения геометрии детали вспомогательного шпинделя в **Навигаторе операций** дважды щелкните **WORKPIECE\_SUB**, чтобы изменить операцию. Нажмите **Задать деталь**. Выберите тело детали вспомогательного шпинделя. В окне **Геометрия детали** нажмите **ОК**. Нажмите **ОК** в диалоговом окне **Дополнительная заготовка**.

Для определения заготовки вспомогательного шпинделя в **Навигаторе операций**, выберите **MCS\_SUB\_SPINDLE** для отображения СКС для шпинделя (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8- Выбор системы координат вспомогательного шпинделя

В **Навигаторе операций** дважды щелкните **TURNING\_WORKPIECE\_SUB**, чтобы изменить группу (рисунок 1.9).

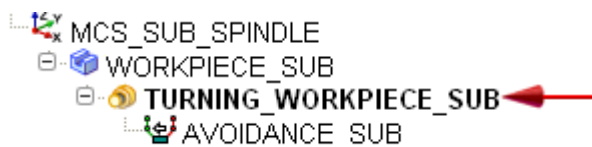




Рисунок 1.9 – Изменение группы заготовки вспомогательного шпинделя

Нажмите **Задать границы заготовки** . Нажмите **Из рабочего пространства** . В разделе **Ссылочное положение** нажмите **Выбор**. Введите необходимое значение (Ссылочная позиция задается относительно РСК вспомогательного шпинделя.). Для нашего примера  $XC = 250$ ;  $YC = 0$ ;  $ZC = 0$ . Нажмите **ОК** подтверждения ссылочной позиции. В разделе **Исходное положение** нажмите **Выбор**. Введите следующие значения.  $XC = 0$ ;  $YC = 0$ ;  $ZC = 0$ . Нажмите **ОК** для подтверждения исходного положения. Нажмите **ОК** в окне **Выбор заготовки**. Нажмите **ОК** в окне **Вспомогательная токарная заготовка** для завершения определения заготовки вспомогательного шпинделя.

#### 1.1.4 Задание зон контроля столкновений

Определение точки "from" главного шпинделя. С помощью следующих действий определяется точка, которая задает начальное положение инструмента для операций точения в основном шпинделе.

В навигаторе операций дважды щелкните **AVOIDANCE\_MAIN** (рисунок 1.10).

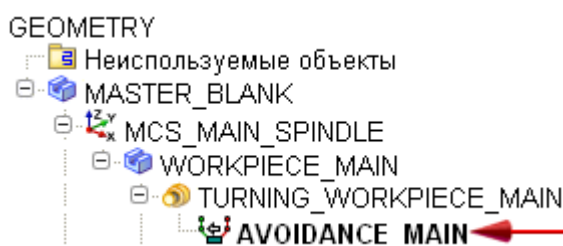


Рисунок 1.10 – Окно выбора AVOIDANCE\_MAIN

Раскройте секцию **Исходная точка (FR)** диалогового окна **Маневрирование базовое**. Выберите **Задать** в списке **Положение точки**. Укажите точку на экране примерно так, как показано ниже на рисунке 1.11.

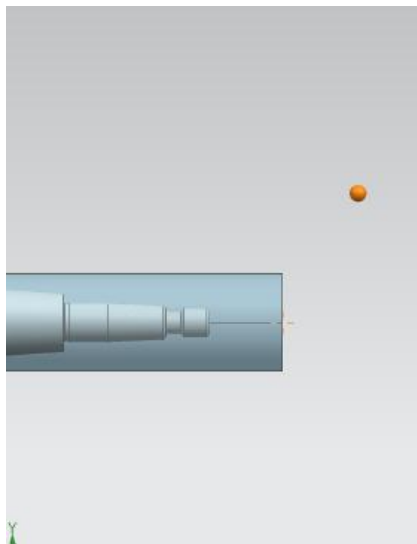




Рисунок 1.11 – Задание исходной точки

Нажмите **ОК** для подтверждения в окне **Маневрирование базовое**.

Определение плоскости ограничения для главного шпинделя позволяет определить плоскость осевого ограничения, которая исключает столкновение инструмента с зажимами основного шпинделя.

Нажмите **Создать геометрию**  на панели инструментов. Нажмите **Ограничения** . Выберите **AVOIDANCE\_MAIN** в списке **Геометрия**. Введите **containment\_main** в поле **Имя**. Нажмите кнопку **ОК**. В разделе **Осевая плоскость обрезки 1** в меню **Ограничения**, выберите **Расстояние** в списке **Опции пределов**. Введите **-5.0000** в поле **Осевая ZM/XM** и нажмите клавишу **Enter**. Нажмите **ОК** для подтверждения в окне **Ограничения**. Объект **CONTAINMENT\_MAIN** создан (рисунок 1.12).

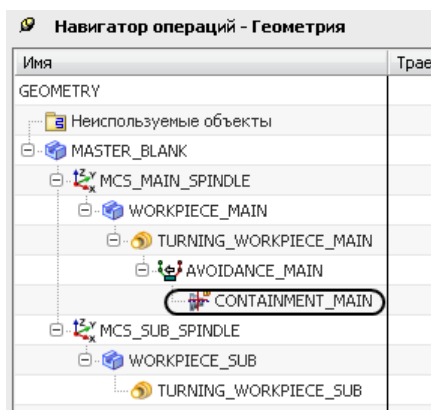




Рисунок 1.12 – Окно навигатора операций



Аналогично задают точку "from" вспомогательного шпинделя.

Определение плоскости ограничения вспомогательного шпинделя необходимо для определения плоскости осевого ограничения, которая исключает столкновение инструмента с зажимами вспомогательного шпинделя.

Нажмите **Создать геометрию**  на панели инструментов. Нажмите **Ограничения** . Выберите **AVOIDANCE\_SUB** в списке **Геометрия**. Введите **containment\_sub** в поле **Имя**. Нажмите кнопку **ОК**. В разделе **Осевая плоскость обрезки 1** в меню **Ограничения**, выберите **Точка** в списке **Опции пределов**. Выберите центр дуги детали вспомогательного шпинделя (рисунок 1.13). Нажмите **ОК** для подтверждения в окне **Ограничения**. Объект **CONTAINMENT\_SUB** создан (рисунок 1.14).

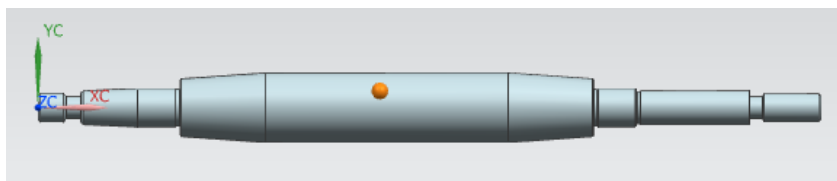


Рисунок 1.13 – Определение плоскости ограничения

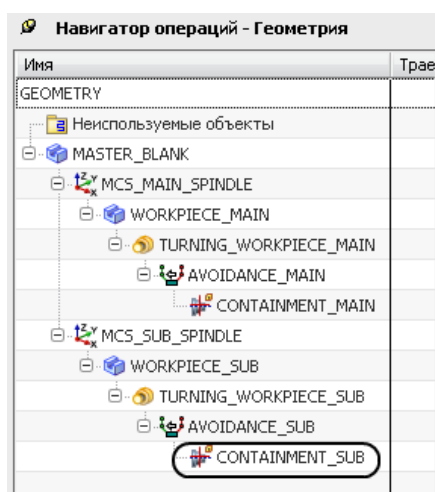


Рисунок 1.14 – Окно навигатора операций

### 1.1.5 Создание инструмента

Создание инструмента позволяет задать режущие инструменты и задать им соответствующие станции. Вы можете создавать инструмент в процессе создания настройки или в процессе создания операций. После создания инструменты сохраняются с деталью и доступны, при необходимости, в процессе создания программы обработки. Панель инструментов представлена на рисунке 1.15.

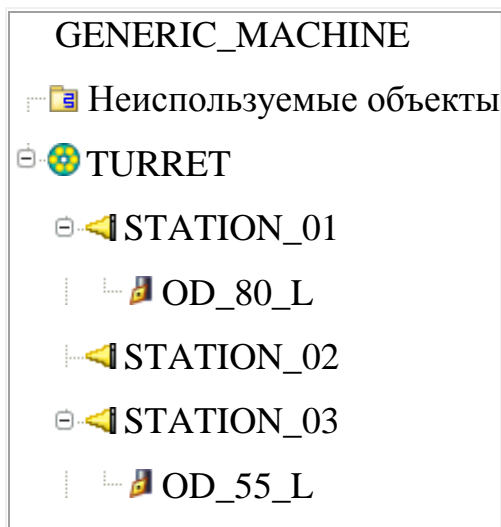


Рисунок 1.15 – Панель инструментов



Были заданы револьверный магазин, несколько резцедержек с инструментами и общие настройки для нескольких токарных инструментов. В процессе работы их можно будет скорректировать и дополнить

### 1.2 Программа

Программа обработки:

1. Обработка переднего торца детали.
2. Наружная черновая обработка.
3. Обработка заднего торца детали во вспомогательном шпинделе.
4. Наружная черновая обработка во вспомогательном шпинделе.

## 1.2.1 Создание операции обработки переднего торца

Нажмите **Создать операцию**  на панели инструментов. Выберите **Торцевание** . Задайте следующие параметры (рисунок 1.16)






Программа	1234	
Инструмент	OD_80_L	
Геометрия	CONTAINMENT_MAIN	
Метод	LATHE_FINISH	

Рисунок 1.16 – Параметры операции торцевания

Нажмите кнопку **ОК**.

В разделе **Геометрия** диалогового окна нажмите кнопку **Отобразить** , которая расположена за кнопкой **Области резания**. Область резания (рисунок 1.17) указывает, что инструмент обработает деталь после передней грани. Поэтому необходимо ограничить область резания.

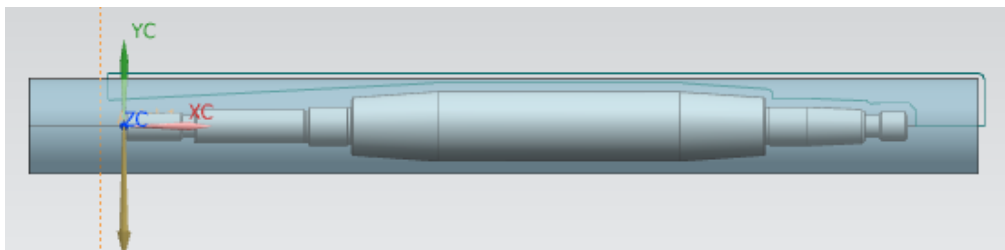




Рисунок 1.17 – Область резания

Для этой цели необходимо создать плоскость обрезки.

В разделе **Геометрия** диалогового окна нажмите кнопку **Изменить** , которая расположена за кнопкой **Области резания**. В разделе **Осевая плоскость обрезки 1** в меню **Ограничения**, выберите **Расстояние** в списке **Опции пределов**. Введите значение **165** в поле **Осевая ZM/XM** и нажмите клавишу Enter. Нажмите **ОК** для подтверждения в окне **Области резания**.

В разделе **Шаг** диалогового окна введите значение **1.0** в поле **Максимум** (Это уменьшает глубину резания).

Нажмите **"Генерировать"** . Результат операции представлен на рисунке 1.18.

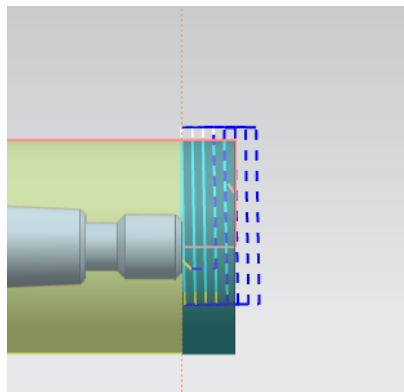



Рисунок 1.18 – Траектория резания

### 1.2.2 Создание черновой операции обработки наружной поверхности

Нажмите **Создать операцию**  на панели инструментов. Выберите **Черновое наружное точение**. Задайте следующие параметры (рисунок 1.19).



Рисунок 1.19 – Параметры операции

Нажмите кнопку **ОК**. В разделе **Шаг** диалогового окна введите значение **1.0** в поле **Максимум**. Нажмите **"Генерировать"**  (рисунок 1.20).

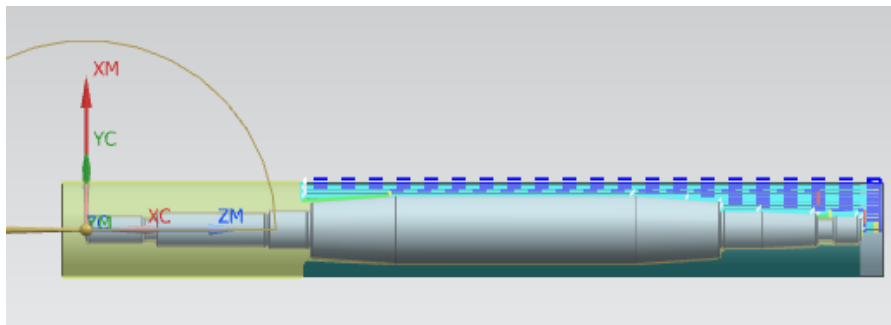


Рисунок 1.20 – Траектория резания

Нажмите **ОК** для завершения операции.

### 1.2.3 Обработка заднего торца детали во вспомогательном шпинделе

Для создания операции обработки заднего торца необходимо создать инструмент с правой ориентацией по методике приведенной выше (рисунок 1.21).

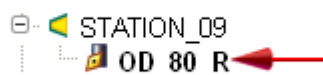




Рисунок 1.21 – Вид панели инструментов

Нажмите **Создать операцию**  на панели инструментов. Выберите **Торцевание** . Задайте следующие параметры (рисунок 1.22).

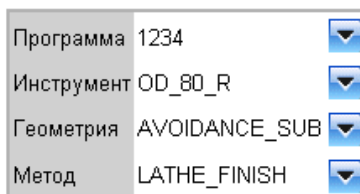


Рисунок 1.22 – Параметры операции

Нажмите кнопку **ОК**. Нажмите **"Генерировать"**  (Рис 1.23).

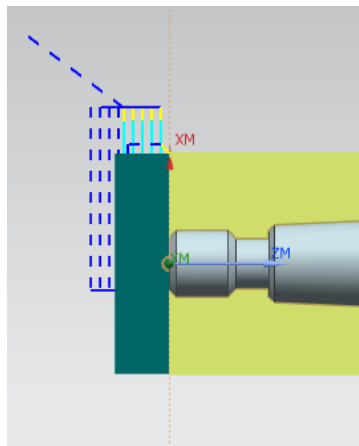


Рисунок 1.23 – Траектория резания

Нажмите **ОК** для завершения операции.

### 1.2.1 Наружная черновая обработка во вспомогательном шпинделе

Нажмите **Создать операцию**  на панели инструментов. Выберите **Черновое наружное точение**. Задайте следующие параметры (рисунок 1.24).

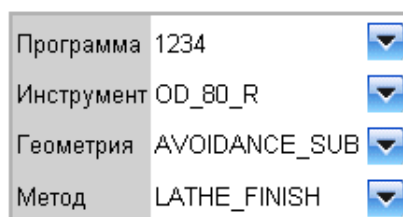


Рисунок 1.24 – Параметры операции

Нажмите кнопку **ОК**. Нажмите "**Генерировать**"  (Рис 1.25).

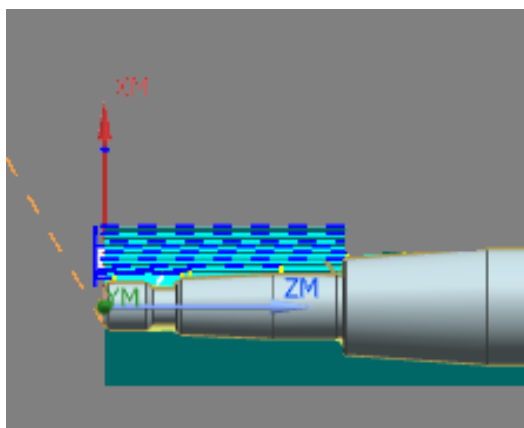




Рисунок 1.25 – Траектория резания

## **Визуализация траекторий инструмента**

С помощью этих действий воспроизводятся траектории инструмента для всей программы.

Выберите **Вид программ**. В **Навигаторе операций** выберите **1234**.

Нажмите **Проверка траектории**  на панели инструментов. Установите для параметра **Скорость анимации** значение **4**. Нажмите кнопку **Воспроизведение**  в нижней части окна.

## **2. 3-Х КООРДИНАТНОЕ ФРЕЗЕРОВАНИЕ ПЕРЕДНЕЙ ЧАСТИ ДИФФУЗОРА**

В данном упражнении пошагово описан процесс частичной обработки диффузора двигателя с использованием методов 3-осевого программирования высокоскоростной обработки.

1. Настройка;
2. Программа.

### **2.1 Настройка**

Настройка задает условия и параметры, которые обычно используются операциями при создании программы. Задачи настройки для выполнения этой процедуры:

- Выбор настройки;
- Задание геометрии;
- Создание инструментов.



### 2.1.1 Выбор настроек

Выбор настроек является второй задачей. Настройка задает навигатор операций и структуру сборки.

Выберите **Файл**→**Новый**. Выберите вкладку **Обработка**. Выберите **mill\_contour**. Нажмите кнопку **ОК**.

### 2.1.2 Задание геометрии

С помощью этих действий мы создадим геометрию детали в объекте WORKPIECE.

Выберите вкладку **Навигатор операций** . Нажмите кнопку **Вид геометрии** . В окне **Навигатор операций** нажмите значок "+", чтобы раскрыть **MCS\_MILL** (рисунок 2.1)

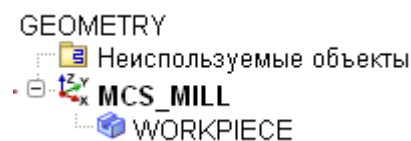



Рисунок 2.1 – Окно навигатора операций

Дважды щелкните **WORKPIECE**, чтобы изменить группу. Нажмите **Задать деталь** . Выберите тело детали (рисунок 2.2).

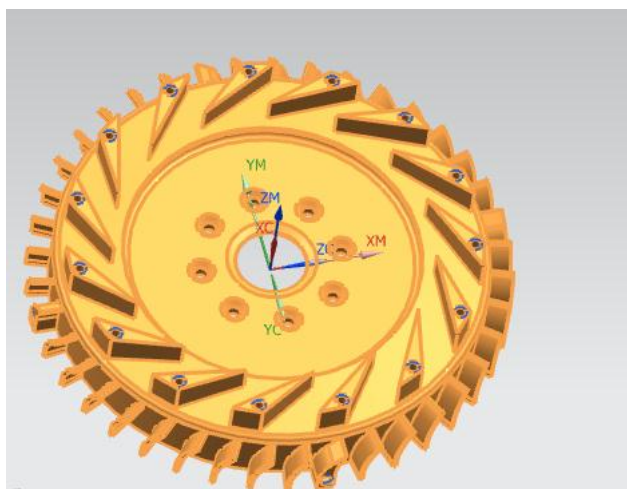



Рисунок 2.2 – Выбор тела детали





Нажмите **ОК** для подтверждения в окне **Геометрия детали**.

Затем зададим геометрию заготовки.

В окне **Заготовка** нажмите кнопку **Задать заготовку** . Выберите **Ограничивающий цилиндр** в списке **Тип**. Нажмите **ОК** в меню **Геометрия заготовки** для создания заготовки. Нажмите **ОК** для подтверждения в окне **Заготовка**.

### 2.1.3 Создание инструментов

Вы можете создавать инструмент в процессе создания настройки или в процессе создания операций. После создания инструменты сохраняются с деталью и доступны, при необходимости, в процессе создания программы обработки.

Нажмите **Создать инструмент**  на панели инструментов. Нажмите **MILL** . Выберите **РОСКЕТ\_01** в списке **Инструменты**. Введите нужные значения размеров инструмента. Нажмите **ОК** для завершения вызова инструмента. Нажмите **Отмена** в окне **Создать инструмент**. Нажмите **Вид станка**. Инструмент добавляется в первый доступный карман магазина.



## 2.2 Программа

Программа задает операции, которые используются для обработки детали.

Наша программа состоит из следующих операций:

1. Черновая обработка;
2. Удаление оставшегося припуска;
3. Чистовая обработка бобышек;
4. Чистовая обработка вокруг бобышек.

## 2.2.1 Черновая обработка

Нажмите **Создать операцию**  на панели инструментов. Выберите **Глубинное фрезирование** . Задайте следующие параметры (рисунок 2.3):

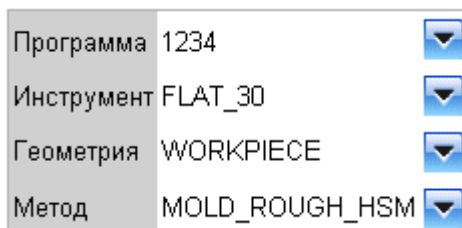





Рисунок 2.3 – Параметры операции

Нажмите кнопку **ОК**.

Нажмите **"Задать область резания"** . Перетащите курсор мыши по диагонали через деталь, чтобы определить цилиндр, который ограждает диффузор. Нажмите кнопку **ОК**. В окне **Глубинное фрезирование** выберите **% плоскости инструмента** в списке **Шаг**. Введите значение **20.0** в поле **Процент плоского инструмента**. Выберите **Постоянная** в списке **Общая глубина резания**. Введите значение **3.0** в поле **Максимальное расстояние**.

Нажмите **Параметры резания** . Выберите вкладку **Припуск**. Введите значение **0.1** в поля **Допуск внутрь** и **Допуск наружу**. Нажмите кнопку **ОК**.

Нажмите кнопку **Генерировать**  в нижней части окна (рисунок 2.4). Нажмите кнопку **ОК**.

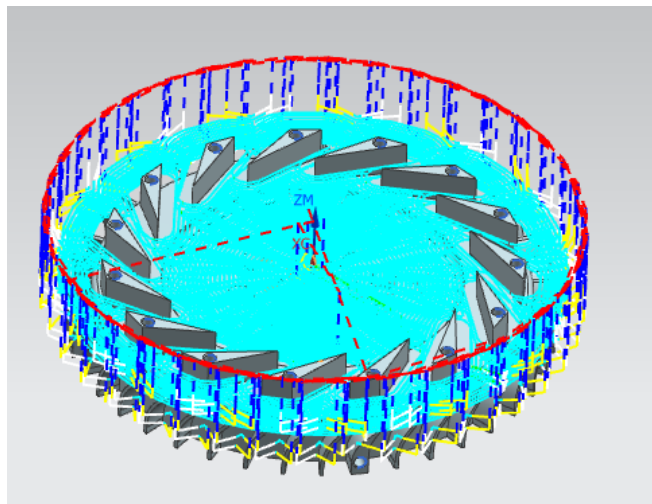






Рисунок 2.4 – Траектория резания



Нажмите **ОК** для завершения операции.

### 2.2.2 Удаление оставшегося припуска

Мы создаем операцию чернового фрезерования, которая удаляет избыточный припуск.

Для начала создадим инструмент.

Нажмите **Создать инструмент**  на панели инструментов. Нажмите **BALL\_MILL** . Выберите **РОСКЕТ\_02** в списке **Инструменты**. Введите **ball\_10** в поле **Имя**. Нажмите кнопку **ОК**. Затем введите необходимые значения параметров геометрии инструмента. Выберите вкладку **Держатель**. Откройте раздел **Библиотека** в окне . Выберите **Вызвать держатель из библиотеки** . Выберите **Milling\_Drilling** в списке **Класс для поиска**. Нажмите кнопку **ОК** в диалоговом окне **Выбор класса библиотеки**. Нажмите **ОК** в окне **Критерии поиска**. Выберите **HLD001\_00006** в списке **Соответствующие элементы**. Нажмите **ОК** в окне **Результаты поиска**. Нажмите **ОК** для завершения определения инструмента.

Нажмите **Создать операцию**  на панели инструментов. Выберите **Глубинное фрезерование** . Задайте следующие параметры (рисунок 2.6):






Программа	1234	
Инструмент	BALL_10	
Геометрия	WORKPIECE	
Метод	MOLD_ROUGH_HSM	

Рисунок 2.6 – Параметры операции

Нажмите кнопку **ОК**.

Нажмите правой кнопкой мыши на фоне графического окна и выберите **Ориентация вида**→**Сверху**.

Нажмите "**Задать область резания**" . Перетащите курсор мыши по диагонали, чтобы задать цилиндр, который ограждает диффузор (рисунок 2.7) .

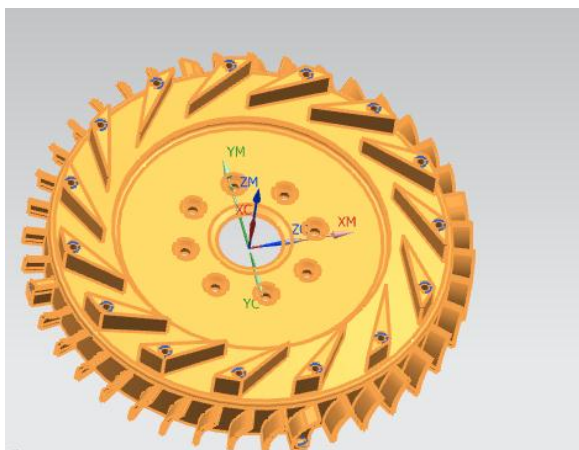



Рисунок 2.7 – Выбор области резания


Выберите параметр **% плоского инструмента** в списке **Шаг**. Введите значение **20.0** в поле **Процент плоского инструмента**. Выберите **Постоянная** в списке **Общая глубина резания**. Введите значение **1.0** в поле **Максимальное расстояние**.

Выберите **Трохоида** в списке **Шаблон резания**. Трохоидальный шаблон резания использует петли, чтобы устранить нагрузку на инструмент, которая может возникнуть при обработке между островами, в острых внутренних углах и в узких областях.

Нажмите **Параметры резания** . Введите **20.0** в поле **Шаг трохойды вперед**, чтобы задать 20% приращение диаметра инструмента на каждом шаге.

В окне **Параметры резания** выберите вкладку **Припуск**. Введите значения **0.1** в поля **Допуск внутрь** и **Допуск наружу**.

В окне **Параметры резания** выберите вкладку **Ограничения**. Выберите **Использовать 3D** в списке **Заготовка в процессе обработки**. Нажмите кнопку **ОК**. Нажмите **ОК** для завершения операции.

Нажмите кнопку **Генерировать**  в нижней части окна (рисунок 2.8). Нажмите кнопку **ОК**.

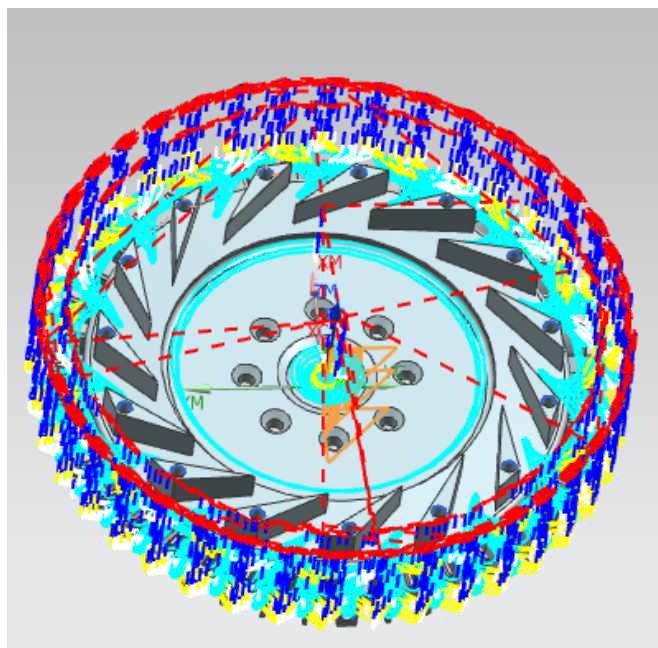






Рисунок 2.8 – Траектория резания



### 2.2.3 Чистовая обработка бобышек

Мы создадим операцию профильной обработки по z-уровням, которая выполняет чистовую обработку одной из бобышек. Затем мы создадим массив операций, чтобы обработать остальные бобышки.

Для начала создадим инструмент.

Нажмите **"Создать инструмент"** . Нажмите **MILL** . Выберите **РОСКЕТ\_03** в списке **Инструменты**. Введите **flat** в поле **Имя**. Нажмите кнопку **ОК**. Введите необходимые значения параметром геометрии инструментов.

Выберите вкладку **Держатель**. Откройте раздел **Библиотека** в окне . Выберите **Вызвать держатель из библиотеки** . Выберите **Milling\_Drilling** в списке **Класс** для поиска. Нажмите кнопку **ОК** в диалоговом окне **Выбор класса библиотеки**. Нажмите **ОК** в окне **Критерии поиска**. Выберите **HLD001\_00006** в списке **Соответствующие элементы**. Нажмите **ОК** в окне **Результаты поиска**. Нажмите **ОК** для завершения определения инструмента.

Нажмите **Создать операцию**  на панели инструментов. Выберите **Дно и стенки** . Задайте следующие параметры (рисунок 2.9):






Программа	1234	
Инструмент	FLAT	
Геометрия	WORKPIECE	
Метод	MOLD_FINISH_HSM	

Рисунок 2.9 – Параметры операции

Нажмите кнопку **ОК**.

Нажмите **"Задать область резания"** . Выберите четыре грани, которые принадлежат бобышке. (рисунок 2.10)

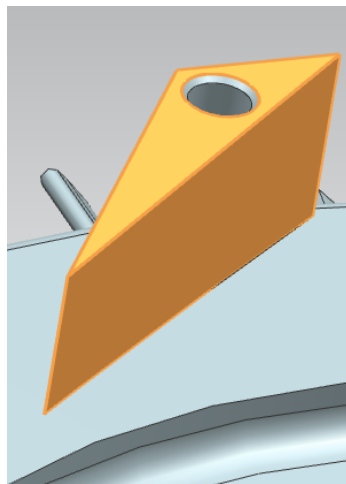



Рисунок 2.10 – Выбор области резания

Нажмите кнопку **ОК**. Выберите **Постоянная** в списке **Общая глубина резания**. Введите **0.4** в поле **Максимальное расстояние**.

Нажмите **Параметры резания** . Выберите вкладку **Припуск**. Введите значение **0.03** в поля **Допуск внутрь** и **Допуск наружу**. Нажмите кнопку **ОК**.

Нажмите "**Генерировать**"  (рисунок2.11).

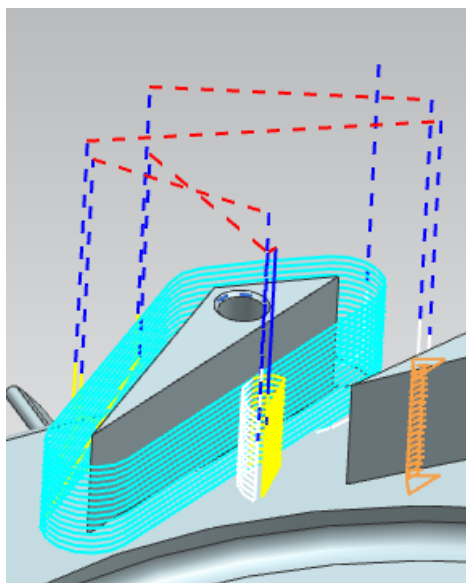


Рисунок 2.11 – Траектория резания

Нажмите **ОК** для завершения операции.

ZLEVEL\_POSTS – это четвертая операция в программе (рисунок2.12).

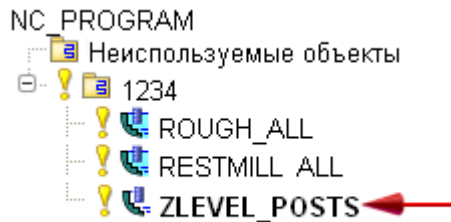



Рисунок 2.12 – Окно навигатора операций

Далее создадим массив операций.


Массив создает несколько копий траектории, которые связаны с исходной операцией. Изменение одной операции приводит к обновлению всех операций в массиве. С помощью этих действий создается массив операций профиля по z-уровням для чистовой обработки бобышки.

В **Навигаторе операций** нажмите правой кнопкой мыши на **ZLEVEL\_POSTS** и выберите **Объект→Преобразование**. Выберите параметр **Вращать относительно прямой** в списке **Тип**. Выберите параметр **Точка и вектор** в списке **Метод задания прямой**. Нажмите "Задать точку"

. Введите следующие значения координат (рисунок 2.13):

X	0.0000
Y	0.0000
Z	0.0000

Рисунок 2.13 – Значение координат

Нажмите кнопку **ОК**. Нажмите **Задать вектор** . Выберите **Ось ZC** в списке **Тип**. Нажмите кнопку **ОК**. Введите значение **Угола**. В нашем случае 24°. Нажмите **Массив**. Введите **1** в поле **Деления расстояния/угла**. Введите **14** в поле **Количество элементов**. Нажмите кнопку **ОК**. Четырнадцать дополнительных операций создаются в массиве (рисунок 2.14).



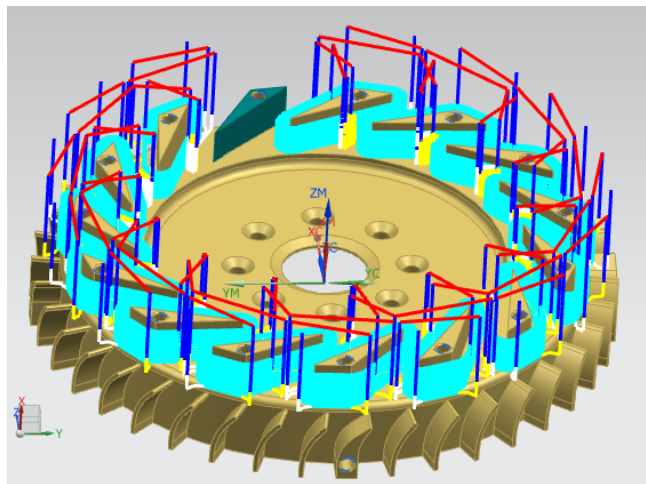




Рисунок 2.14 – Траектории резания

#### 2.2.4 Чистовая обработка вокруг бобышек

Мы создадим операцию контурной обработки для чистовой обработки граней вокруг бобышек.

Нажмите **Создать операцию** . Выберите **Область поверхности** . Задайте следующие параметры (рисунок 2.15).






Программа	1234	
Инструмент	BALL_2.5	
Геометрия	WORKPIECE	
Метод	MOLD_FINISH_HSM	

Рисунок 2.15 – Параметры операции

Нажмите кнопку **ОК**.

Нажмите **"Задать область резания"** . Выберите грани как показано на рисунке 2.16.

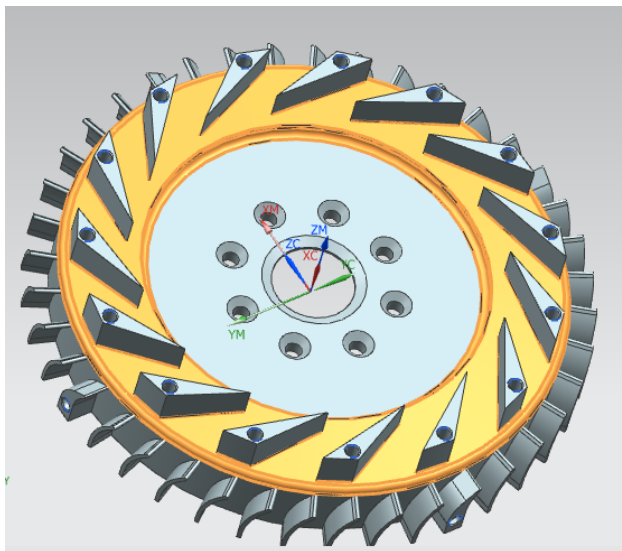



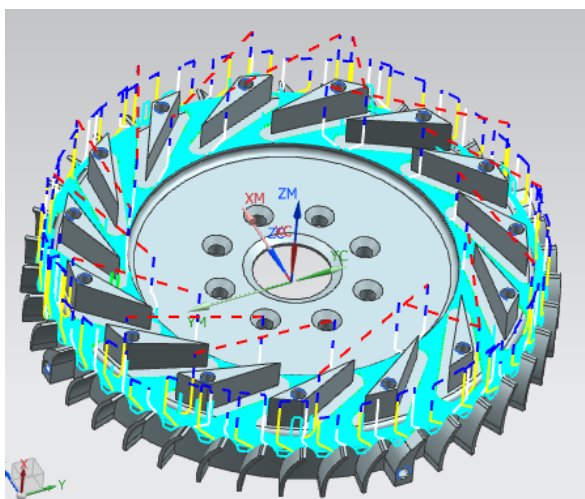


Рисунок 2.16 – Выбор граней

Нажмите **Изменить**  в разделе **Метод управления** диалогового окна. Выберите **Концентрический зигзаг** в списке **Шаблон резания**. Выберите **Задать** в списке **Центр шаблона**. Нажмите **"Задать точку"** . Нажмите **ОК** для подтверждения значений 0.0.0 для координат X, Y, Z. Выберите опцию **% плоского инструмента** в списке **Шаг**. Введите значение **5.0** в поле **Процент плоского инструмента**. Раскройте раздел **Больше** в окне и установите флажок **Чистовой проход**. Нажмите кнопку **ОК**.

Нажмите **Параметры резания** . Выберите вкладку **Припуск**. Введите значение **0.03** в поля **Допуск внутрь** и **Допуск наружу**. Нажмите кнопку **ОК**.

Нажмите **"Генерировать"**  (рисунок 2.17).



## **ПЯТИ КООРДИНАТНАЯ ОБРАБОТКА ЛОПАТОК МОНОКОЛЕСА КОМПРЕССОРА**

В целом процесс разработки технологического процесса разделяется на следующие этапы:

- **Геометрическое моделирование.** Формирование геометрии конечной детали;
- **Назначение геометрии обработки.** Задание в программе геометрии заготовки, геометрии конечной детали;
- **Назначение оборудования;**
- **Назначение инструмента.** Задание в программе инструмента который будет использоваться при обработке на станке;
- **Создание операций обработки.**
- **Постпроцессирование.** Получение текста управляющей программы
- **Симуляция обработки на станке.** При необходимости проверки программы на столкновение возможна симуляция обработки с использованием библиотеки станочного оборудования.

### **3.1 Геометрическое моделирование**

Данный этап не является обязательным, потому что создание 3D модели является напрямую обязанностью конструктора. Однако в ходе работы технологу зачастую приходится самостоятельно заниматься 3D моделированием, например, при проектировании приспособлений.

В целом процесс формирования геометрии детали можно разбить на следующие этапы:

- Создание эскиза для формирования основной 3D геометрии;
- Получение основной 3D геометрии с помощью операции выдавливания или вращения;
- Создание дополнительных эскизов для формирования окончательной геометрии;

- Получение окончательной геометрии детали с помощью различных операций редактирования.

В данной работе будет рассматриваться случай, когда 3D модель детали уже подготовлена. Для создания файла с обработкой откроем файл с геометрией (см. рисунок 3.1) или же импортировать модель в пустой файл геометрии.

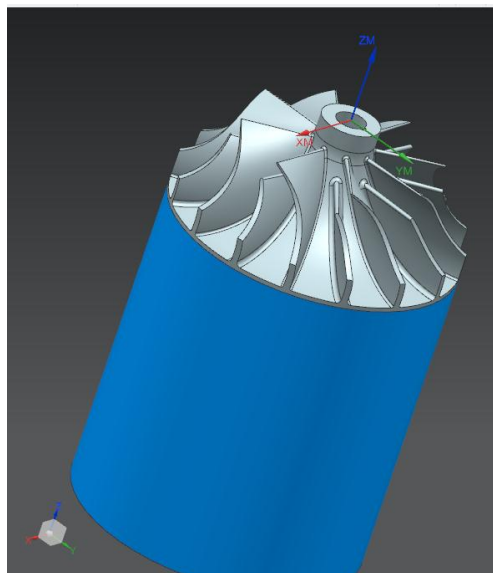


Рисунок 3.1 – Файл с 3D геометрией детали

### 3.2 Разработка технологического процесса обработки

Обработка турбинных колес производится с помощью методов 5-осевого программирования для механической обработки деталей, например лопастных колес. Можно создать операции черновой обработки, чистовой обработки ступиц, а также чистовой обработки лопаток и разделителей..

Процесс состоит из трех частей:

- Настройка;
- Программа;
- Вывод.

### 3.2.1 Настройка

Настройка задает условия и параметры, которые обычно используются операциями при создании программы. Задачи настройки для выполнения этой процедуры:

- Выбор настроек;
- Задание детали, заготовки и контрольной геометрии;
- Задание геометрии лопатки;
- Создание инструментов;
- Установка детали на станок.

#### 3.2.1.1 Выбор настроек

Выбор настроек является первой задачей. Настройка задает навигатор операций и структуру сборки.

- Выберите **Файл**→**Новый**.
- Выберите вкладку **Обработка**.
- Выберите **Миллиметры** в списке **Единицы**.
- Нажмите на **Общие настройки**.
- Нажмите кнопку **ОК**.

Эта настройка:

- Создает сборку с деталью как компонентом. Это позволяет записать данные обработки ЧПУ отдельно от геометрических данных;
- Создает программу с именем 1234;
- Создает магазин (карусельный или цепной) с 30 карманами для того, чтобы располагать режущий инструмент;
- Создает некоторую геометрию, хотя вы должны будете закончить выбор геометрии;
- Создает некоторые методы обработки (черновой, чистовой, получистовой).

### 3.2.1.2 Задание геометрии

Задание геометрии является второй задачей настройки (рисунок 2). Требуется задать геометрию детали 1, геометрию заготовки 2, а также контрольную геометрию 3 в группе заготовка. Также требуется определить расстояние безопасного зазора 4.

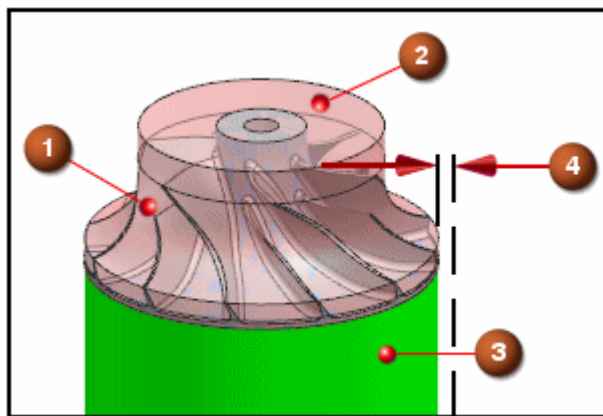


Рисунок 3.2 – Задание геометрии:

1 – геометрия детали; 2 – геометрия заготовки; 3 – контрольная геометрия;  
4 – расстояние безопасного зазора.

#### Задание геометрии детали

Сначала убедитесь, что прозрачность включена. Это позволит увидеть деталь в заготовке.


- Выберите **Настройки**→**Визуализация**.
- Выберите вкладку **Визуализация**.
- Если необходимо, установите флажок **Прозрачность**.
- Нажмите кнопку **ОК**.

Требуется иметь возможность видеть деталь в заготовке.

- Выберите вкладку **Навигатор операций** .

- Нажмите кнопку **Вид геометрии** .

• В окне **Навигатор операций** нажмите значок "+", чтобы раскрыть **MCS\_MILL**.

- Дважды щелкните **WORKPIECE**, чтобы изменить группу.
- Нажмите **Задать деталь** .
- Выберите тело детали (рисунок 3.4).

Воспользуйтесь списком Быстрого выбора, чтобы убедиться, что производится выбор геометрии детали в заготовке.

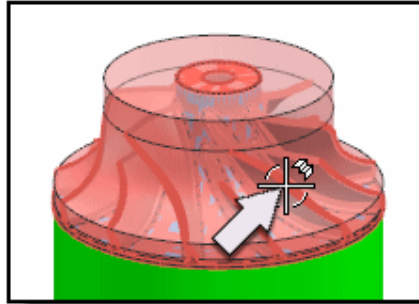




Рисунок 3.4 – Задание геометрии детали

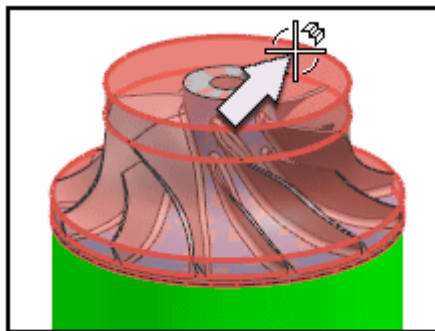
- Нажмите **ОК** для подтверждения в окне **Геометрия детали**.
- Нажмите **Материал: CARBON STEEL** .
- Выберите **МАТО\_02100** в списке.

Это задает алюминий для высокоскоростной обработки в качестве материала детали.

- Нажмите **ОК** в окне **Результаты поиска**.

### Задание геометрии заготовки


- В окне **Заготовка** нажмите кнопку **Задать заготовку** .
- Выберите геометрию заготовки (рисунок 3.5).



### Рисунок 3.5 – Задание геометрии заготовки

- Нажмите **ОК** для подтверждения в окне **Геометрия заготовки**.

### Задание контрольной геометрии

- В меню **Заготовка**, нажмите на **Задать проверку** .
- Выберите основание крепления в качестве контрольной геометрии (рисунок 3.6).

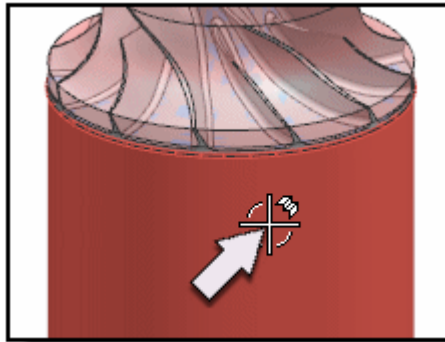


Рисунок 3.6 – Задание контрольной геометрии

- Нажмите **ОК** для подтверждения в окне **Контрольная геометрия**.
- Нажмите **ОК** для подтверждения в окне **Заготовка**.

### Скрыть геометрию заготовки

- Выберите **Твердое тело** из списка **Фильтр по типу** и **Вся сборка** из списка **Выбор объектов**.
- Выберите геометрию заготовки (см. рисунок 3.7).



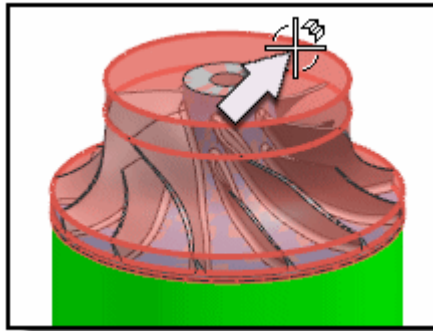


Рисунок 3.7 – Выбор геометрии заготовки

- В панели меню выберите **Изменить→Показать и скрыть→Скрыть немедленно**.
- Выберите **Листовое тело** в списке **Фильтр по типу**.
- Выберите листовое тело для ступицы (рисунок 3.8).

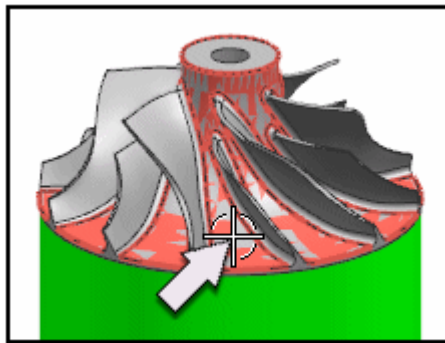


Рисунок 3.8 – Выбор геометрии ступицы

- Выберите **Заккрыть**.

### Задание расстояния безопасности

Расстояние безопасного зазора вокруг детали защищает инструмент от столкновений при перемещениях без резания.

- Дважды щелкните на **MCS\_MILL**, чтобы изменить группу (рисунок 3.9).

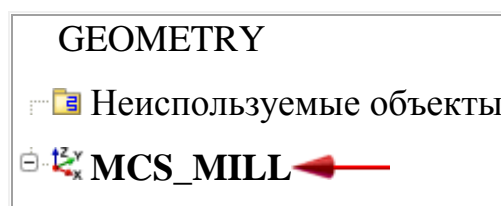


Рисунок 3.9 – Окно навигатора операций

- Выберите **Ограничивающий цилиндр** в списке **Настройка зазора**.
- Введите значение **12** в поле **Сохранить расстояние безопасности**.
- Нажмите кнопку **ОК**.
- 

### 3.2.1.3 Задание геометрии лопатки

Задание геометрии лопатки (рисунок 3.10) является третьей задачей настройки. Требуется указать ступицу 1, бандаж 2, лопатку 3, скругление лопатки 4 и разделитель 5.

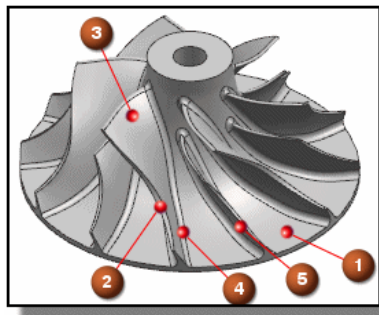





Рисунок 3.10 – Задание геометрии лопатки:

1 – ступица; 2- бандаж; 3 – лопатка; 4 – скругление лопатки; 5 – разделитель.

### Задание ступицы

- Нажмите **Создать геометрию**  на панели инструментов.
- Выберите **mill\_multi\_blade** из списка **Тип**.
- Нажмите на **MULTI\_BLADE\_GEOM** .
- Выберите **WORKPIECE** в списке **Геометрия**.
- Нажмите кнопку **ОК**.
- Убедитесь, что **+ZM** появилось в списке **Ось вращения**.
- Нажмите на **Укажите ступицу** .

- Выберите грань, задающую ступицу (рисунок 3.11).

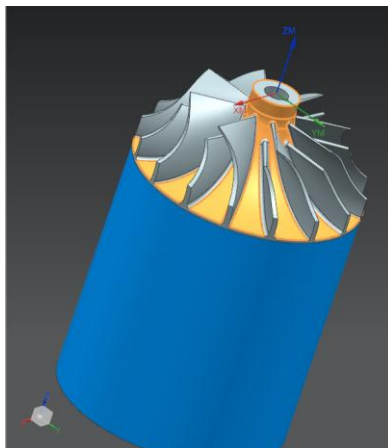







Рисунок 3.11 – Задание геометрии ступицы

- Нажмите **ОК** для подтверждения в окне **Геометрия ступицы**.

#### **Задание остальных элементов геометрии лопатки**

Аналогичным образом задайте остальную геометрию лопатки

(см.рисунок)

- Укажите бандаж ;
- Укажите лопатку  (Требуется выбрать три грани, задающие стороны лопатки.);
- Укажите скругление лопатки  (Требуется выбрать три грани, задающие скругление лопатки);
- Нажмите на **Укажите рассекатель**  (на рассекателе, справа от выбранной лопатки, укажите три грани, задающие его геометрию).
- **Выбрать грани скругления (рисунок 3.12).**  (Требуется выбрать три грани одного и того же рассекателя, задающие скругление );
- Укажите общее количество лопаток.

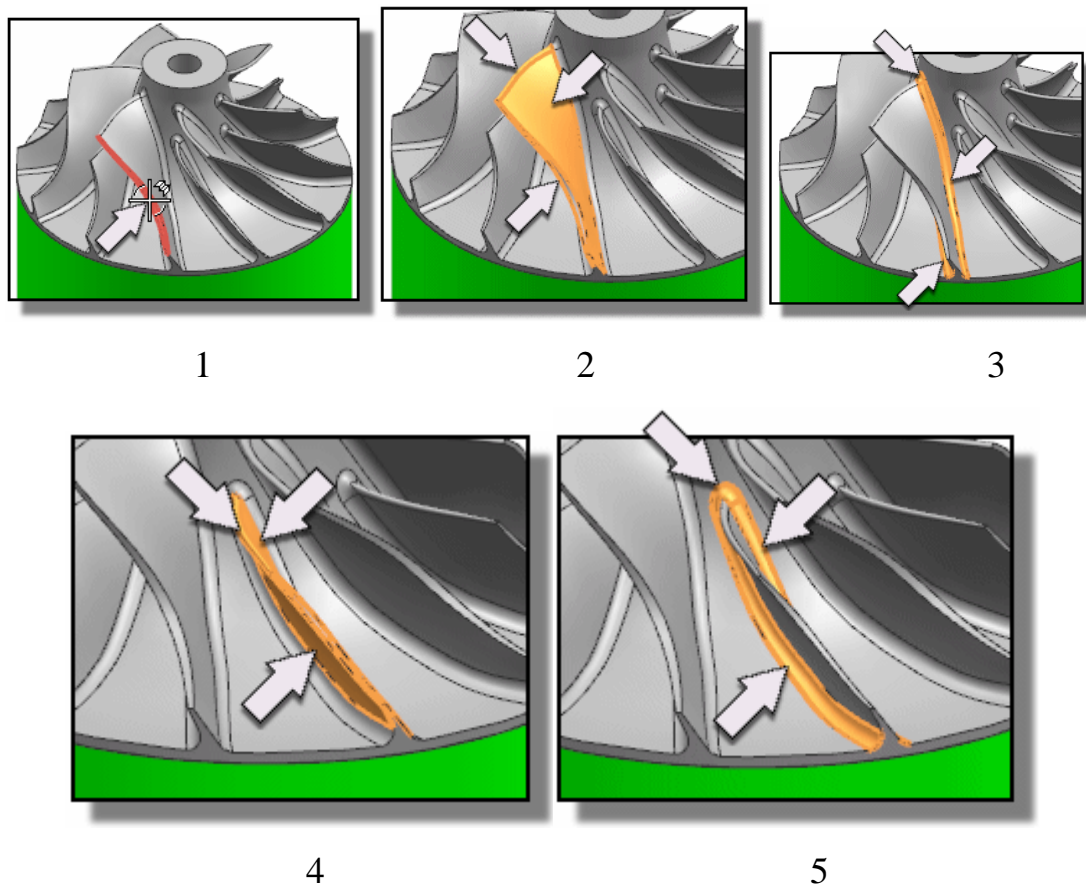




Рисунок 3.12 – Задание элементов геометрии колеса:



- 1 – Задание бандаж; 2 – задание лопатки; 3 – Задание скруглений лопатки;
- 4 – задание рассекателей; 5 – задание скруглений рассекателей

### 3.2.1.4 Создание инструментов

Создание инструмента является четвертой задачей настройки. Вы можете создавать инструмент в процессе создания настройки или в процессе создания операций. После создания инструменты сохраняются с деталью и доступны, при необходимости, в процессе создания программы обработки.

#### Задание первого инструмента

- Нажмите **Создать инструмент**  на панели инструментов.
- Нажмите **BALL\_MILL** .
- Выберите **РОCKET\_01** в списке **Инструменты**.
- Введите **ball\_mill\_7** в поле **Имя**.

- Нажмите кнопку **ОК**.
- Введите следующие значения.
- Выберите вкладку **Держатель**.
- Введите значение **20** в поле **(OS) Смещение**.
- Откройте раздел **Библиотека** в окне .
- Выберите **Вызвать держатель из библиотеки** .
- Выберите **Milling\_Drilling**.
- Нажмите кнопку **ОК**.
- В окне **Критерии поиска** нажмите **ОК**.
- В окне **Результаты поиска** выберите **HLD001\_00012**.
- Нажмите кнопку **ОК**.
- Нажмите **ОК** для завершения задания держателя и инструмента.
- Нажмите **Вид станка**.
- Нажмите на значок "+", чтобы раскрыть группы.

Инструмент добавлен в первый карман магазина (рисунок 3.13).

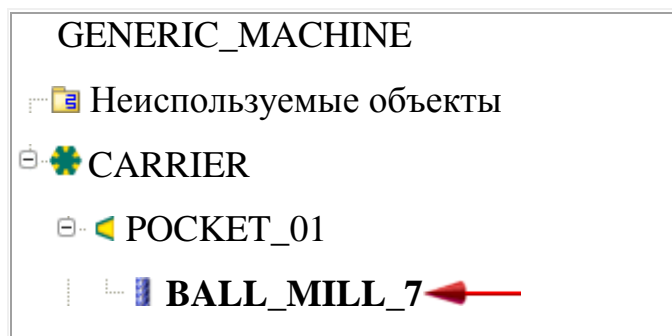


Рисунок 3.13 – Окно навигатора операций

### Задание второго инструмента

Аналогичным образом создайте второй инструмент, с учетом следующих данных:

- Позиция инструмента в магазине – 2 (Pocket 2);
- Параметры геометрии будут иметь следующий вид (рисунок 3.14):

(D) Диаметр сферы	<b>4.0000</b>
-------------------	---------------

(D) Угол наклона	<b>6.0000</b>
(L) Длина	<b>50.0000</b>
(FL) Длина режущей части	<b>25.0000</b>

Рисунок 3.14 – Параметры геометрии

- Задайте хвостовик (рисунок 3.15):

(SD) Диаметр хвостовика	<b>14.0000</b>
Длина хвостовика (SL)	<b>45.0000</b>
Длина конической части хвостовика (STL)	<b>0.0000</b>

Рисунок 3.15 – Параметры геометрии хвостовика

- Задайте держатель (рисунок 3.16):

(LD) Нижний диаметр	<b>28.0000</b>
(L) Длина	<b>45.0000</b>
(B) Угол конуса	<b>12.0000</b>

Рисунок 3.16 – Параметры геометрии хвостовика

В результате второй инструмент будет добавлен во второй карман магазина (рисунок 3.17):

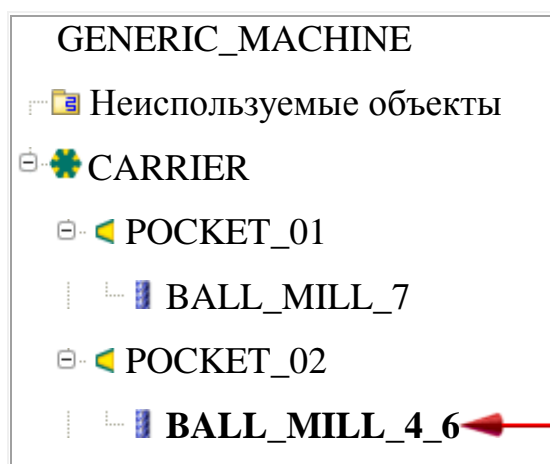


Рисунок 3.17 – Вид окна инструментов

### 3.2.1.5 Установка детали

Установка детали на станок (рисунок 3.18) позволит смоделировать движения станка для программы.

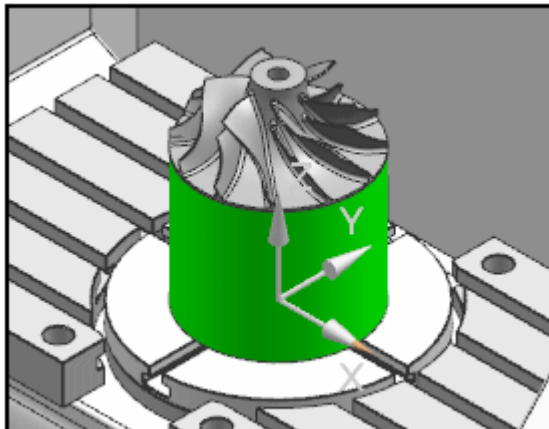


Рисунок 3.18 – Установка детали на станок

#### Выбор станка

В разделе "Вид станка" навигатора операций атрибут **GENERIC\_MACHINE** указывает, что для программы еще не назначен станок. Необходимо выбрать станок из библиотеки.

- Дважды щелкните **GENERIC\_MACHINE** (рисунок 3.19).

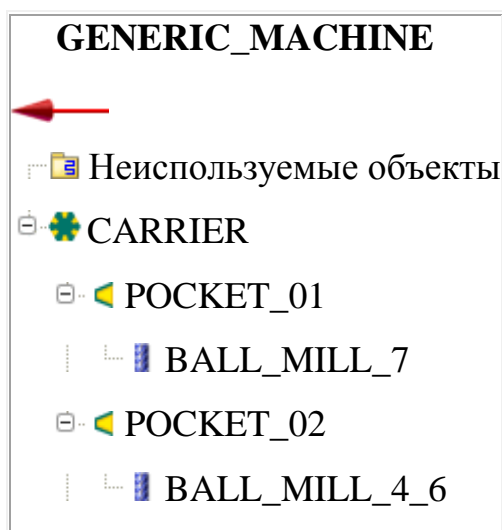



Рисунок 3.19 – Окно навигатора инструментов

- Нажмите **Вызвать инструмент из библиотеки** .
- Выберите **MILL** в списке **Класс для поиска**.
- Нажмите кнопку **ОК**.
- Выберите **sim08\_mill\_5ax\_sinumerik\_mm** в списке **Соответствующие элементы**.

- Нажмите кнопку **ОК**.

### Определение точки крепления детали


Можно определить точку крепления детали и сохранить ее вместе с деталью заранее или определить ее во время указания станка, как это будет сделано в данном упражнении.

- Выберите параметр **Использовать точку крепления детали** в списке

### Позиционирование.

- Нажмите кнопку **Задать точку крепления детали** .

Требуется задать точку крепления детали в нижней части, центре основания крепления.

- Нажмите кнопку **Задать ориентацию** .
- Выберите **Вся сборка** в списке **Пространство выбора**.
- Выберите **Центр дуги/эллипса/сферы** из списка **Тип**.
- Выберите центр отверстия в нижней части основания крепления

(рисунок 3.20).

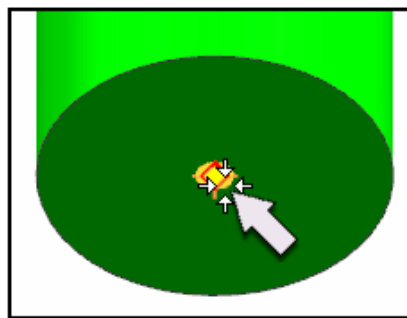




Рисунок 3.20 – Выбор точки крепления детали

- Нажмите **ОК** в окне **Точка**.
- Нажмите кнопку **ОК** в диалоговом окне **СК**.



## Выбор детали

- Нажмите кнопку **Выбрать деталь** .
- Нажмите левую кнопку мыши и перетащите по диагонали, чтобы получился прямоугольник, охватывающий деталь и основу крепления.
- Нажмите кнопку **ОК** в диалоговом окне **Установка детали**.
-  Закройте окно **Информация**.
- Нажмите кнопку **ОК**.

Результат представлен на рисунке 3.21.

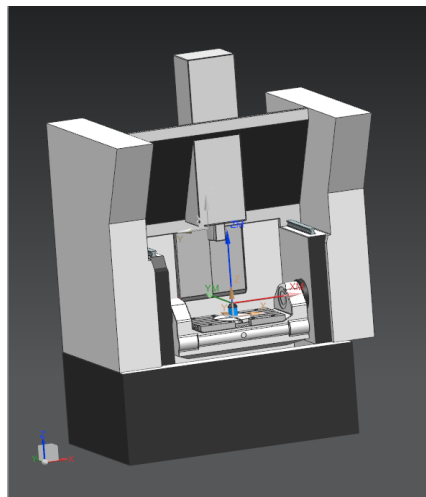


Рисунок 3.21 – Вид детали установленной на станке

## Скрытие станка

Будет удален станок из графической части экрана, чтобы сделать изображение на экране более понятным в процессе программирования. Следует его повторно отобразить, как только вы будете готовы выполнить симуляцию обработки на станке.

- Выберите вкладку **Навигатор сборки** , расположенную на границе графического окна.

- Нажмите правой кнопкой мыши **sim08\_mill\_5ax** и выберите команду **Скрыть**.

### 3.2.2 Программа

Программа задает операции, которые используются для обработки детали. Разобьем технологический процесс обработки детали на следующие операции:

- Черновая обработка лопаток и рассекателей
- Чистовая обработка лопаток
- Чистовая обработка остальных элементов геометрии

детали

#### 3.2.2.1 Черновая обработка лопаток и рассекателей

Требуется создать операцию черновой обработки лопаток и рассекателей с помощью нескольких уровней обработки, а также продолжить траекторию инструментов радиально для обработки ступицы полностью (рисунок 3.22).

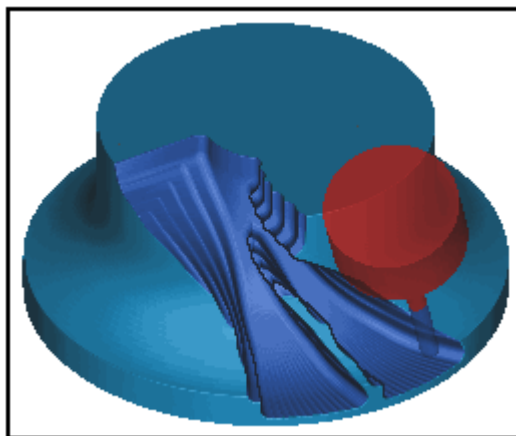




Рисунок 3.22 – Вид операции

#### Создание черновой операции

Данные шаги определяют тип операции и группы, которые используются для черновой обработки лопаток и разделителей.

- Нажмите **Создать операцию**  на панели инструментов.
- Выберите **mill\_multi\_blade** из списка **Тип**.
- Выберите **Черновая обработка моноколеса** .
- Задайте следующие параметры (рисунок 3.23).


Программа	1234
Инструмент	BALL_MILL_7
Геометрия	MULTI_BLADE_GEOM
Метод	MILL_ROUGH

Рисунок 3.23 – Параметры обработки

- Нажмите кнопку **ОК**

### Задание уровней резания

С помощью данных шагов будет выбран режим глубины обработки, а также глубина обработки.

- Нажмите **Уровни резания** .
- Выберите **Смещения от ступицы** из списка **Режим глубины**.
- Убедитесь, что выбрано значение **Постоянная** в списке **Глубина резания**.
- Введите **100** в поле **Расстояние** и убедитесь, что выбран **%Инструмента**.
- Нажмите кнопку **ОК**.

### Генерация траектории инструмента

- Нажмите **"Генерировать"** .

Диалоговое окно Изменение операции предупреждает о том, что операции прямого переноса были применены в тех местах, где указанные движения перемещения невозможно выполнить безопасным образом.

- Нажмите кнопку **ОК**.
- Верхняя часть ступицы не обработана. Требуется продолжить траекторию инструмента, чтобы обработать данную область (рисунок 3.24).

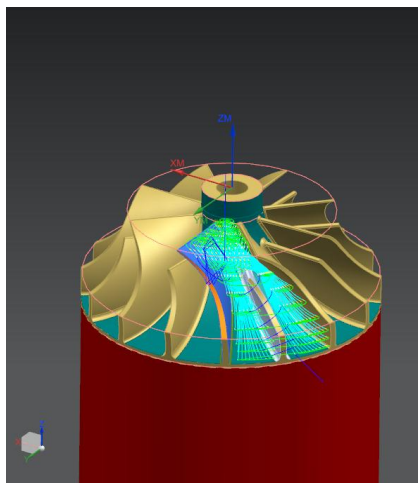



Рисунок 3.24 – Область обработки

### **Задание точки входной кромки**

С помощью данных шагов будет указана ссылочная точка, начиная от которой траектория инструмента может быть обрезана и продлена до входной кромки.

- Нажмите на **Черновая обработка лопатки**  в разделе диалогового окна **Метод управления**.

- Выберите **Вдоль оси детали** из списка **Точка на ребре лопатки**.

Вдоль оси детали - задает ссылочную точку в самом верхнем положении траектории инструмента по входной кромке каждого уровня резания, проецируя при этом на осевую линию детали (рисунок 3.25).

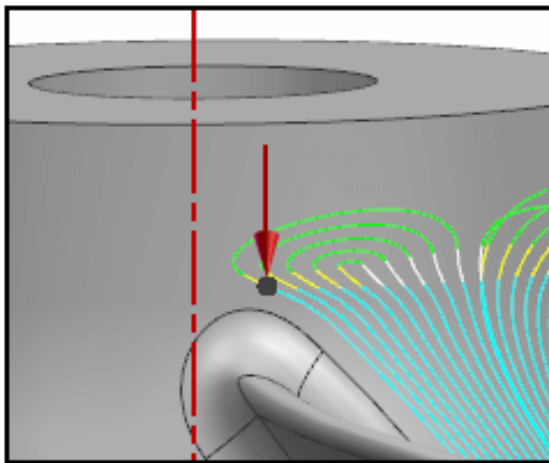


Рисунок 3.25 – Область обработки

### **Задание расстояния обрезки**

Значение расстояния обрезает траекторию инструмента, перемещая точку ребра вдоль траектории инструмента. Расстояние измеряется вдоль траектории инструмента, а не лопатки (рисунок 3.26).

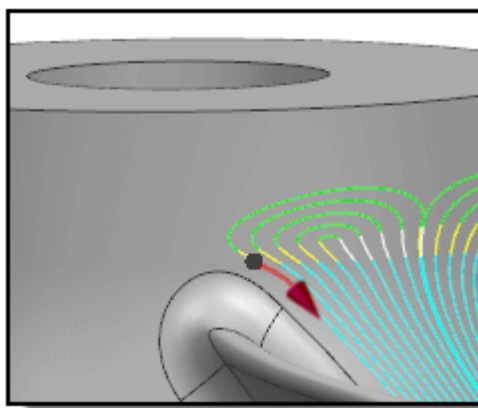


Рисунок 3.26 – Область обработки

- Введите значение **15** в поле **Расстояние**.

### **Задание касательного продолжения**

Касательное продолжение продлевает проход обработки касательно к траектории инструмента от ссылочной точки, заданной расстоянием (рисунок 3.27).

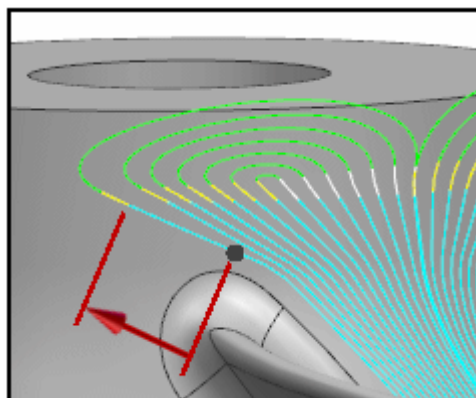


Рисунок 3.27 – Область обработки

- Введите значение **0** в поле **Касательное продолжение**.

#### **Задать радиальное продолжение**

Радиальное продолжение продлевает траекторию прохода обработки радиально от конца, касательно по направлению к продолжению (рисунок 2.28).

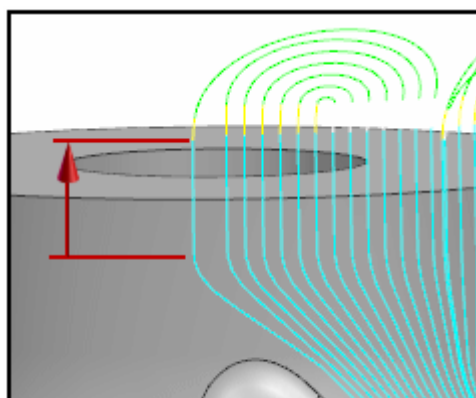


Рисунок 3.28 – Область обработки

- Введите значение **150** в поле **Радиальное продолжение**.
- Нажмите кнопку **ОК**.

## Генерация траектории инструмента

- Нажмите "**Генерировать**"  (рисунок 3.29).

Диалоговое окно Изменение операции предупреждает о том, что некоторые области не могут быть обработаны. Это допустимо для начальной черновой обработки

- Нажмите кнопку **ОК**.

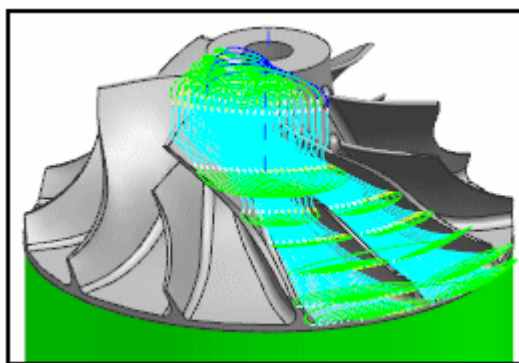




Рисунок 3.29 – Область обработки

## Симуляция удаления материала

- Нажмите "**Проверка**" .
- Выберите вкладку **2D динамика**.
- Нажмите кнопку **Воспроизвести**  (рисунок 3.30).

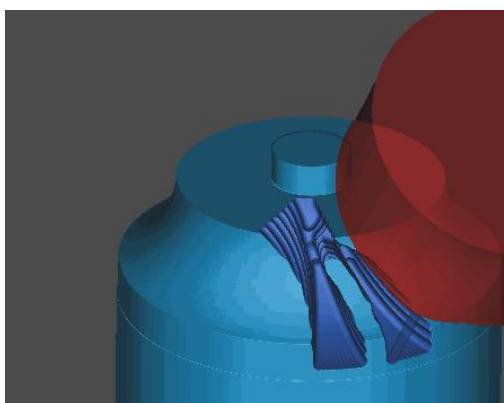



Рисунок 3.30 – Симуляция процесса обработки

- Нажмите кнопку **ОК** для окончания визуализации траектории инструмента.

- Нажмите **ОК** для завершения операции.
- Выберите вкладку **Навигатор операций** .
- Нажмите **Вид программ**.
- Нажмите значок "+", чтобы раскрыть **1234**.

Первая операция в программе: MULTI\_BLADE\_ROUGH (рисунок 3.31).



Рисунок 3.31 – Окно навигатора операций

### 3.2.2.2 Чистовая обработка лопаток

Требуется создать операцию по чистовой обработке лопаток с помощью нескольких уровней резания (рисунок 3.32).

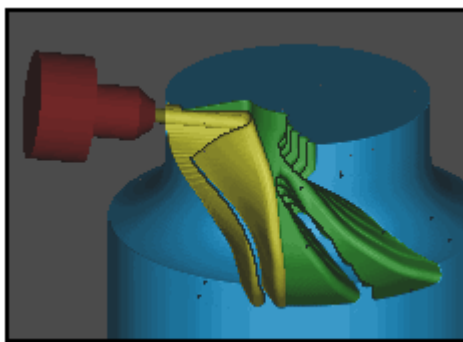


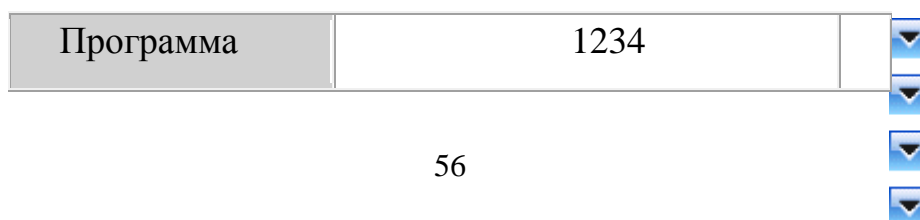


Рисунок 3.32 – Вид обработки

#### Создание операции чистовой обработки

Данные шаги определяют тип операции и группы, которые используются для чистовой обработки лопаток.

- Нажмите **Создать операцию**  на панели инструментов.
- Выберите **Чистовая обработка лопатки** .
- Задайте следующие параметры (рисунок 3.33).






Инструмент	BALL_MILL_7
Геометрия	MULTI_BLADE_GEOM
Метод	MILL_FINISH

Рисунок 3.33 – Параметры обработки

- Нажмите кнопку **ОК**.

### Задание уровней резания

С помощью данных шагов будет выбран режим глубины обработки, а также глубина обработки.

- Нажмите на **Уровни резания** .
- Убедитесь, что **Интерполяция от бандажа до ступицы** выбрано в списке **Режим глубины**.

Данный параметр определяет глубину каждого промежуточного прохода обработки, находя значение с помощью интерполяции между проходом обработки бандажа (первым проходом) и проходом обработки ступицы (последним проходом).

- Выберите **Гребешок** из списка **Глубина обработки**.
- Введите **0.0500** в поле **Высота гребешка**.
- Нажмите кнопку **ОК**.

### Генерация траектории инструмента

- Нажмите "**Генерировать**"  (рисунок 3.34).

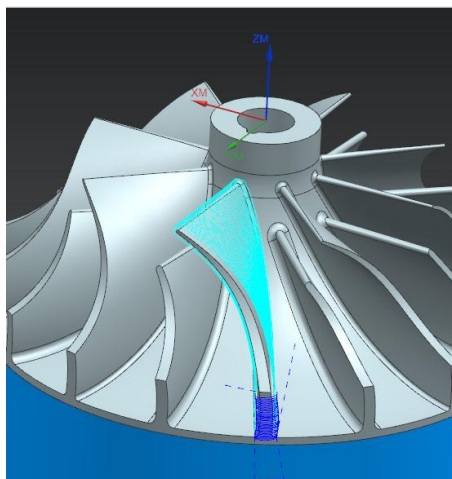



Рисунок 3.34 – Траектория обработки


Выходная кромка не обработана, потому что она не указана в качестве геометрии лопатки. Требуется продолжить проходы обработки и указать плавный переход между каждой парой уровней обработки.

#### **Задание точки выходной кромки**

С помощью данных шагов будет указана ссылочная точка, начиная от которой траектория инструмента может быть продлена за пределы выходной кромки.

- Нажмите на **Чистовая обработка лопатки**  в разделе диалогового окна

#### **Метод управления**

- Откройте раздел **Выходная кромка** в диалоговом окне .
- Убедитесь, что **Вдоль направления лопатки** выбрано в списке **Точка на ребре лопатки**.

Вдоль направления лопатки - задает ссылочную точку в самой нижней точке траектории инструмента по выходной кромке каждого уровня резания, проецируя на направление лопатки (рисунок 3.35).

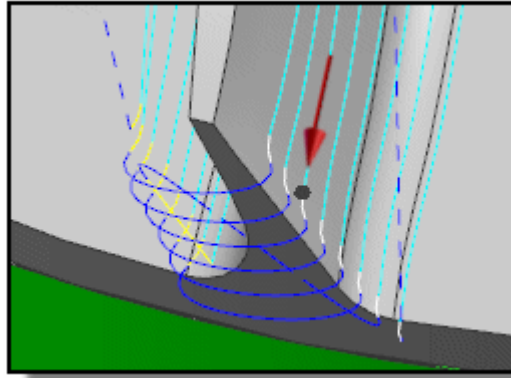


Рисунок 3.35 – Вид обработки

### **Задание касательного продолжения**

Касательное продолжение продлевает проход обработки касательно к траектории инструмента от ссылочной точки (рисунок 3.36).

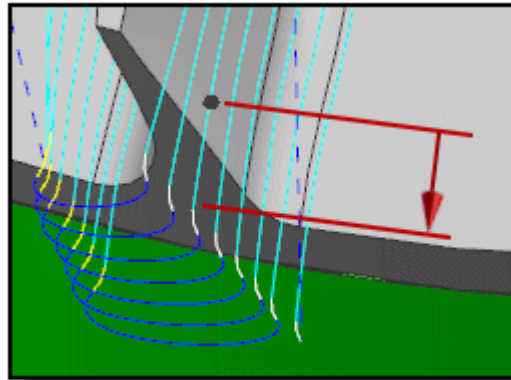


Рисунок 3.36 – Вид обработки

- Введите **75** в поле **Касательное продолжение** и выберите **%Инструмента**.

- Нажмите кнопку **ОК**.

### **Задание переносов и типа врезания**

Требуется создать плавный переход между каждым уровнем резания, устранив врезания и указав плавный обход областей обработки (рисунок 3.37).

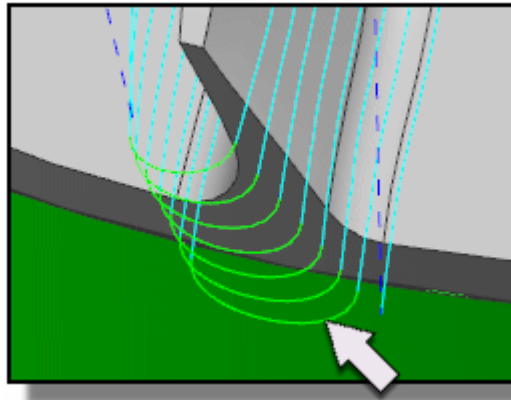





Рисунок 3.37 – Вид обработки

- Нажмите "**Вспомогательные перемещения**" .
- Убедитесь, что выбрана вкладка **Врезание**.
- В разделе меню **Открытая область**, выберите **Нет** из списка **Тип врезания**.
  - Выберите вкладку **Переход/Ускоренное**.
  - Откройте раздел **Между областями** в диалоговом окне .
  - Разверните разделы **Подход**, **Отход** и **Обход** диалогового окна .
  - Выберите **Нет** из списка **Метод подхода**.
  - Выберите **Нет** из списка **Метод отхода**.
  - Выберите **Сглаженный** из списка **Тип перемещения**.
  - Нажмите кнопку **ОК**.

### Генерация траектории инструмента

- Нажмите "**Генерировать**"  (рисунок 3.38).

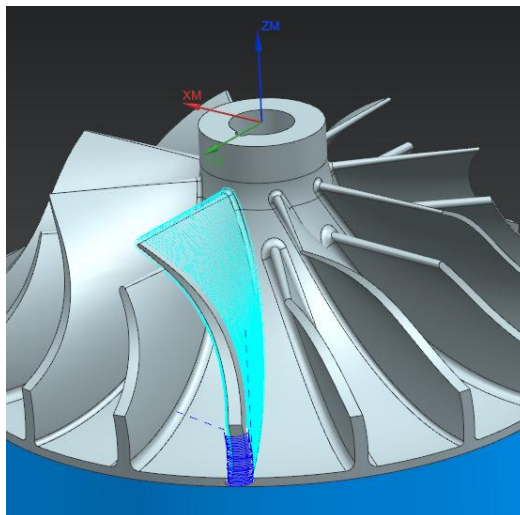




Рисунок 3.38 – Траектория обработки

### Симуляция удаления материала

- Нажмите "**Проверка**" 
- Выберите вкладку **2D динамика**.
- Нажмите кнопку **Воспроизвести**  (рисунок 3.39).

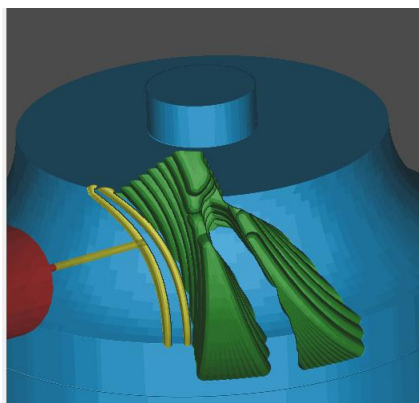


Рисунок 3.39 – Симуляция обработки

- Нажмите кнопку **ОК** для окончания визуализации траектории инструмента.
- Нажмите **ОК** для завершения операции.

### 3.2.2.3 Чистовая обработка остальных элементов геометрии детали

Чистовая обработка остальных элементов рабочего колеса производится по аналогии с операцией чистовой обработки лопаток. Необходимо добавить следующие операции (рисунок 3.40):

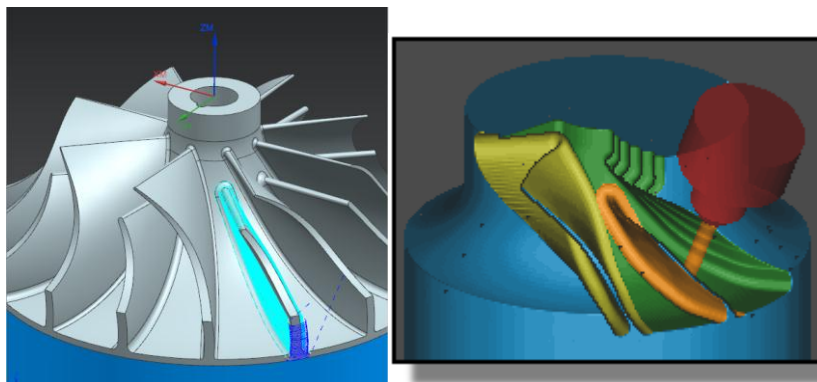


Рисунок 3.40 – Виды операций

- **Чистовая обработка рассекателей.** Данную операцию целесообразно получить скопировав чистовую операцию обработки лопаток. При копировании переименуйте операцию с `BLADE_FINISH` на `SPLITTER_FINISH` и перезадайте обрабатываемую геометрию (рисунок 3.41).

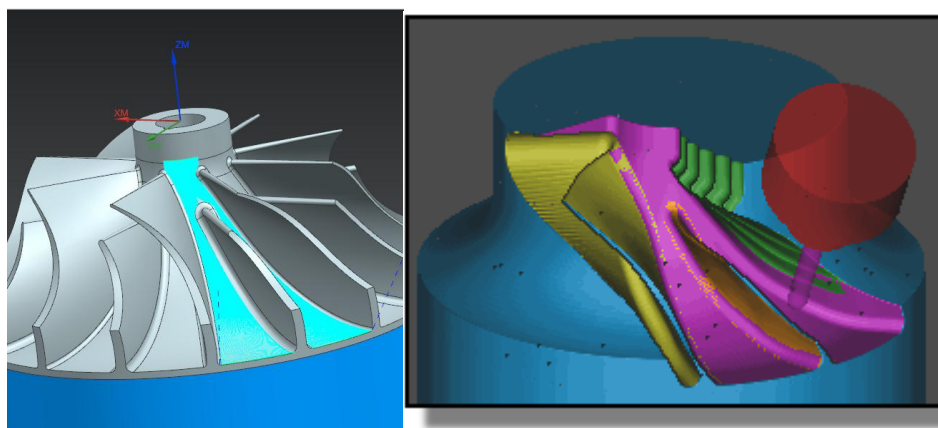




Рисунок 3.41 – Обработка рассекателей

- **Чистовая обработка ступицы** . В качестве обрабатываемой геометрии здесь выбирается ранее нами заданная геометрия ступицы (`MULTI_BLADE_GEOM`), также необходимо задать точки входной кромки и расширений с целью обеспечения обработки верхней части ступицы

(корректировка меню чистовая обработка ). В зависимости от необходимости пользователю необходимо добавить радиальное или осевое продолжение траекторий резания. В качестве стратегии резания пользователь может выбрать наиболее на его взгляд целесообразную, однако рекомендуется использовать зигзаг с подъемом, что обеспечит уменьшенное количество врезаний и отводов инструмента (рисунок 3.42);

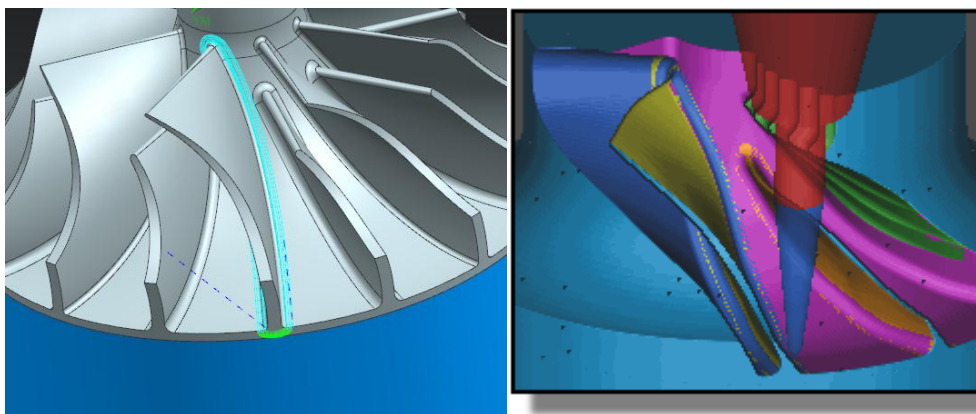




Рисунок 3.42 – Обработка стратегией зигзаг с подъемом

- **Чистовая обработка скруглений** . В качестве геометрии обработки здесь задаются скругления лопаток. Стоит отметить, что скругления являются геометрией, влияющей на пограничный слой потока, проходящего через колесо, и к ним предъявляются особые требования по качеству поверхности, с целью снижения потерь в пограничном слое. Поэтому в поле «Шаг» (**Чистовая обработка скруглений** ) рекомендуется выбрать «гребешок» и указать величину 0,01. Операцию чистовой обработки скруглений раскателей рекомендуется создать копированием операции чистовой обработки скруглений лопатки, изменив в последствии, обрабатываемую геометрию (рисунок 3.43).

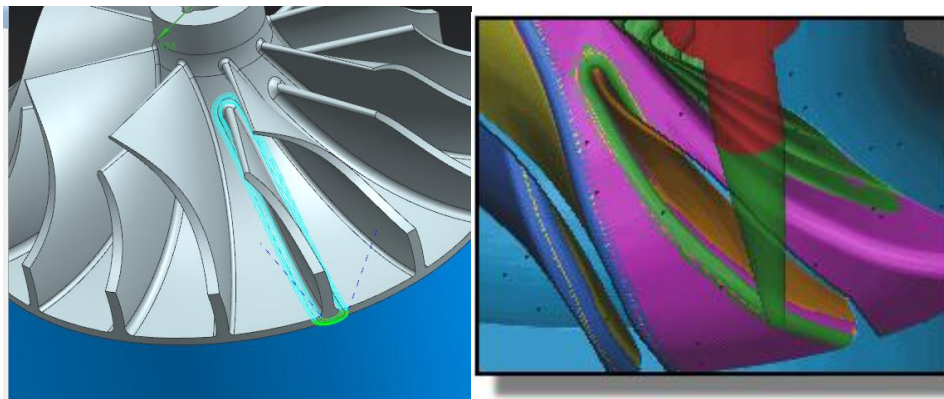






Рисунок 3.43 – Операция обработки скруглений

### 3.3 Симуляция обработки на станке

Требуется выполнить симуляцию обработки на станке с заданной программой.

- Выберите вкладку **Навигатор сборки** .
- Нажмите правой кнопкой мыши **sim08\_mill\_5ax** и выберите команду

**Показать.**

- Выберите вкладку **Навигатор операций** .
- Выберите программу **1234**.
- Нажмите кнопку **Симуляция станка**  на панели инструментов.
- Откройте раздел **Настройки симуляции** в диалоговом окне .
- Установите флажок **Показать 3D удаление материала**.
- Убедитесь, что **Симуляция траектории инструмента** выбрана в

списке **Визуализация**.

- Нажмите кнопку **Воспроизвести**  (рисунок 3.44).

Во время симуляции можно увеличивать и уменьшать, перемещать и поворачивать изображение, а также изменять скорость анимации.



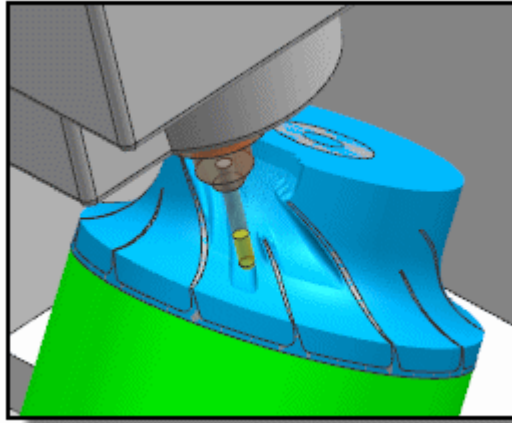




Рисунок 3.44 – Операция обработки скруглений

- Нажмите кнопку **Заккрыть**.
- Выберите вкладку **Навигатор сборки** .
- Нажмите правой кнопкой мыши **sim08\_mill\_5ax** и выберите команду **Скрыть**.

- Выберите вкладку **Навигатор операций** .
- 

### 3.4 Вывод

Рассмотрим основные шаги, которые требуются для последующей обработки и вывода.

#### Постпроцессор

Постпроцессор преобразует универсальные внутренние данные о траектории инструмента в формат, совместимый с заданной комбинацией станка/системы ЧПУ. Для вывода на постпроцессор нужно иметь траекторию инструмента и постпроцессор.

#### Проверка состояния траектории инструмента

Для вывода на постпроцессор, операции должны содержать сгенерированные траектории инструмента. Каждая операция должна отображаться со значком состояния "Требуется вывод" (!) или "Законченная" (✓).

- Нажмите **Вид программ**.

Каждая операция в программе отображается в состоянии "Требуется вывод" (🚨) (рисунок 3.45).

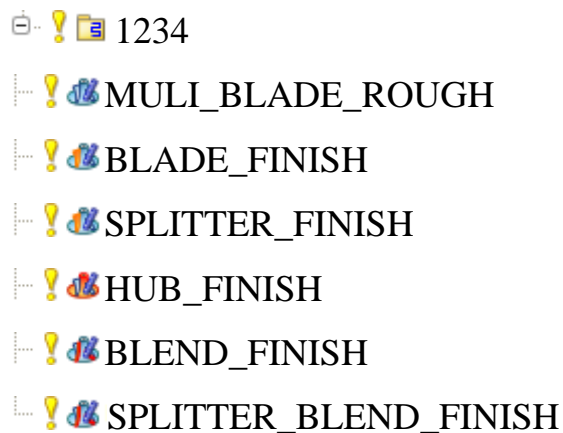



Рисунок 3.45 – Вид программ

### Постпроцессор

Эти шаги выводят программу на постпроцессор.

- В **Навигаторе операций** выберите **1234**.
- Нажмите **Постпроцессор**  на панели инструментов.

Универсальные постпроцессоры, поставляемые с системой, отображаются в списке **Доступные станки**.

- В окне **Постпроцессор** выберите **MILL\_5\_AXIS** в списке

### Постпроцессоры.

- Выберите **Поиск выходного файла** и задайте каталог для записи.
- Нажмите **ОК** для вывода на постпроцессор.

Выполняется заключительная обработка траекторий инструмента, которые затем отображаются в списке информационного окна.

- ► **Закройте**  информационное окно.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технология производства авиационных двигателей [Текст]: монография / Богуслаев В.А., Качан А.Я., Мозговой В.Ф., Корневский Е.Я. – Изд.2-е, перераб. и доп. – Запорожье: Мотор Сич, 2010.-Ч.1: основы технологии авиадвигателестроения.-2010.-416с.

2. Виноградов, В.М. Технология машиностроения [Текст]: введ в специальность: [учеб. пособие для вузов по направлению подгот. «Конструкт. – технол. обеспечение машиностроит. пр-в»]/В.М. Виноградов. – 3-е изд., стер. – М.: Academia, 2008 – 175 с.

3. Основы технологии машиностроения [Текст]:учебник:[для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов - "Конструкт.-технол. обеспечение машиностроит. пр-в"] / Е. И. Махаринский, В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. П. И. Ящерицына. - 3-е изд., доп. и перераб. - М. : Глобус, 2005. - 412 с.

4. Суслов, А.Г. Технология машиностроения [Текст] : [учеб. для ву-зов по направлению подгот. бакалавров и магистров "Технология, оборудование и автоматизация машиностроит. пр-в" и направления подгот. дипломир. специалистов "Конструкт.-технол. обеспечение машиностроит. пр-в"] / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 2007. - 429 с.