

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению лабораторных работ по дисциплине
Программирование станков с ЧПУ
для студентов направления подготовки
**15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств**
Направленность (профиль): Технология машиностроения

Ставрополь
2026

В лабораторном практикуме, составленном в соответствии с требованиями ФГБОУ ВО, основное внимание уделено изучению вопросов ручного и автоматизированного программирования станков с ЧПУ, использованию специализированного программного обеспечения для подготовки управляющих программ.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (направленность (профиль): «Технология машиностроения»), квалификация выпускника – бакалавр.

Составители:

доцент департамента ФМиИК Герасимов Р.В.

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент М.А. Шпак
начальник отдела опытно-конструкторских работ
ОА «Электровтоматика» Горячий И.В.

Оглавление

Предисловие	4
1 Лабораторная работа №1 Проектирование траектории движения инструмента на фрезерном станке с ЧПУ	6
2 Лабораторная работа №2 Расчет координат опорных точек при подготовке управляющих программ	18
3 Лабораторная работа №3 Структура УП	25
4 Лабораторная работа №4 Типы интерполяции перемещений исполнительного органа	36
5 Лабораторная работа №5 Редакторы УП и проверка кода	44
6 Лабораторная работа №6 Подготовка и выполнение программы на станке с ЧПУ СК РОУТЕР 6040S	57
7 Лабораторная работа №7 Создание траекторий движения в среде САМ-системы	70
8 Лабораторная работа №8 Проверка и подготовка УП 2.5D фрезерной обработки в среде САМ-системы	93
9 Лабораторная работа №9 Создание 3D-модели заготовки детали	102

Предисловие

Станки с ЧПУ стремительно развиваются не только в плане конструктивного совершенствования, позволяющего существенно повысить их статическую, динамическую жесткость, виброустойчивость, точность функционирования, производительность и др., но и в направлении создания эффективного программного обеспечения.

Ведущие мировые станкостроительные компании выпускают современное многофункциональное металлорежущее оборудование с числовым программным управлением, позволяющее с высокой производительностью и точностью выполнять на одном станке большое количество самых разнообразных технологических переходов. Так, многофункциональные токарные станки с ЧПУ позволяют выполнять не только точение, растачивание сложных поверхностей, сверление осевых отверстий, но и фрезерование самых разнообразных по форме и размерам поверхностей, сверление и нарезание различных видов резьб и их комбинаций как параллельно, так и перпендикулярно к оси детали.

В современных многофункциональных станках с ЧПУ реализован один из основных научных принципов теории базирования, обеспечивающих минимальные погрешности механической обработки, когда деталь полностью обрабатывается за одну установку. Для этой цели в последних моделях многофункциональных токарных станков применяют два шпинделя: главный шпиндель и контршпиндель, а кроме этого, режущий инструмент обеспечивают главным движением резания, а главный шпиндель - движением круговой подачи. Современные многофункциональные токарные станки – это новый высокоэффективный вид оборудования, на котором выпускаются самые сложные и высокоточные изделия. Для обслуживания этого оборудования требуются технологи-программисты, способные с использованием компьютерных технологий разрабатывать управляющие программы для обработки самых различных по форме и размерам деталей. Наилучший результат может быть достигнут при грамотной эксплуатации этого вида оборудования, а для этого необходимы квалифицированные наладчики, операторы и технологи-программисты. Последние призваны

решать вопросы технологической подготовки применительно к этому типу оборудования.

Настоящие методические указания будут способствовать практической подготовке процедур программирования обработки высокоточных деталей, используемых известными мировыми станкостроительными компаниями.

1 Лабораторная работа №1 Проектирование траектории движения инструмента на фрезерном станке с ЧПУ

Цель работы: Изучение основных принципов и получение практических навыков проектирования технологических операций обработки на фрезерных станках с ЧПУ.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: Знания правил построения траекторий движения инструмента при обработке на фрезерных станках с ЧПУ.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: Использования методики проектирования технологических операций обработки деталей на фрезерных станках с ЧПУ.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: владение навыками построения траекторий движения режущего инструмента при фрезерной обработке на станках с ЧПУ.

Формируемые компетенции: ПК-1, ПК-2

Актуальность темы: обуславливается необходимостью изучения методики проектирования технологических операций обработки деталей с использованием современного металлорежущего оборудования с числовым программным управлением.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Процесс разработки технологических процессов обработки деталей с использованием оборудования с числовым программным управлением связан с необходимостью учета большого числа факторов, основным из которых является детальное описание траектории движения инструмента в процессе обработки.

Разработка траектории движения инструмента осуществляется на основе рабочего чертежа детали, с учетом технологических и конструктивных возможностей используемого станка и режущего инструмента.

Помимо сведений о максимально возможных габаритах обрабатываемых деталей или мощности приводов станка при построении траектории движения инструмента ключевую роль играют системы координат, которые используются в том или ином оборудовании. Главной расчетной системой, определяющей перемещения исполнительных органов станка, является система координат станка, общий вид которой представлен на рисунке 1.1.

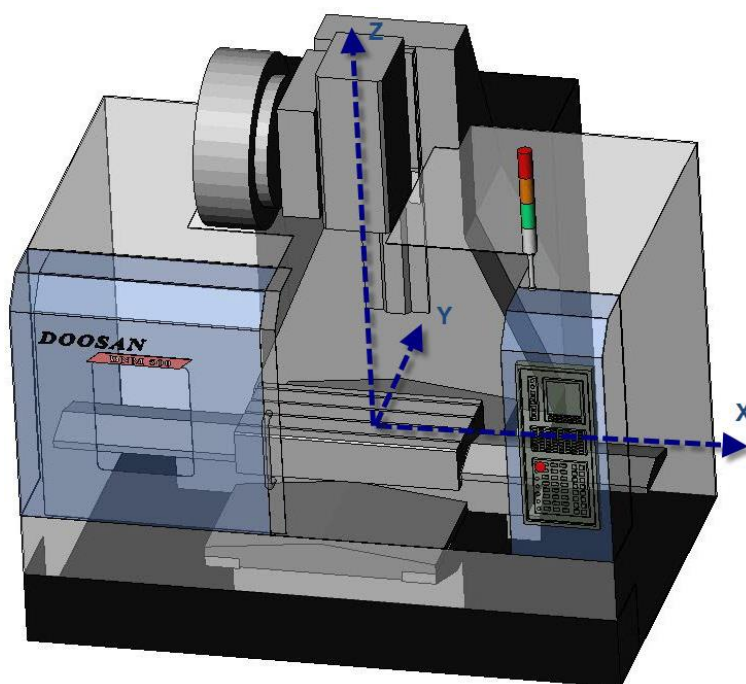


Рисунок 1.1 – Общий вид системы координат фрезерного станка с ЧПУ

Из рисунка 1.1 видно, что оси координат располагают параллельно направляющим станка, положительные направления осей определяются по правилу «правой руки», а сама система координат называется правой и является стандартной для современных станков с ЧПУ.

По правилу «правой руки» большой палец указывает положительное направление оси X, указательный – оси Y, средний - на положительное направление оси Z. В качестве положительного направления оси Z принимаю вертикальное направление вывода инструмента (например, сверла) из заготовки, то есть ось Z всегда связана со шпинделем станка. При этом ось X перпендику-

лярна оси Z и параллельна плоскости рабочего стола. Иллюстрация данного правила представлена на рисунке 1.2.

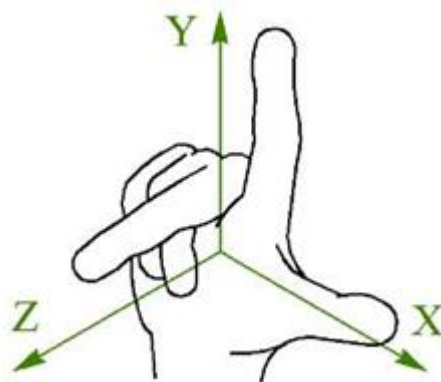


Рисунок 1.2 – Иллюстрация правила «правой руки»

Кроме того, правило «правой руки» позволяет определить положительное направление вращения вокруг оси, для чего большой палец выставляется в положительном направлении оси, а согнутые пальцы показывают положительное направление вращения, пример чего представлен на рисунке 1.3.

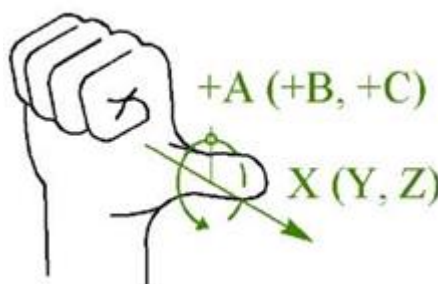


Рисунок 1.3 – Определение положительного направления вращения

Система координат каждого станка содержит в себе ряд ключевых точек, к которым относятся:

- нулевая точка станка – точка, принятая за начало системы координат станка, физическая величина, устанавливаемая производителем станка при помощи концевых выключателей или датчиков. Как правило, на иллюстрациях обозначается буквой «M».
- исходная точка станка – точка, определенная относительно нулевой точки станка и используемая для начала работы по управляющей программе, на иллюстрациях обозначается буквой «R».

– фиксированная точка станка – точка, определенная относительно нулевой точки станка и используемая для определения положения рабочего органа станка. Могут быть представлены в двух видах. Фиксированная точка стола в виде отверстия в столе станка (обозначается буквой «F»). Фиксированная точка шпинделя в позиции инструмента в виде пересечения оси шпинделя и его торцевой поверхности (обозначается буквой «N»).

Пример расположения указанных точек представлен на рисунке 1.4, однако для каждого конкретного станка положение ключевых точек необходимо уточнять в паспорте.

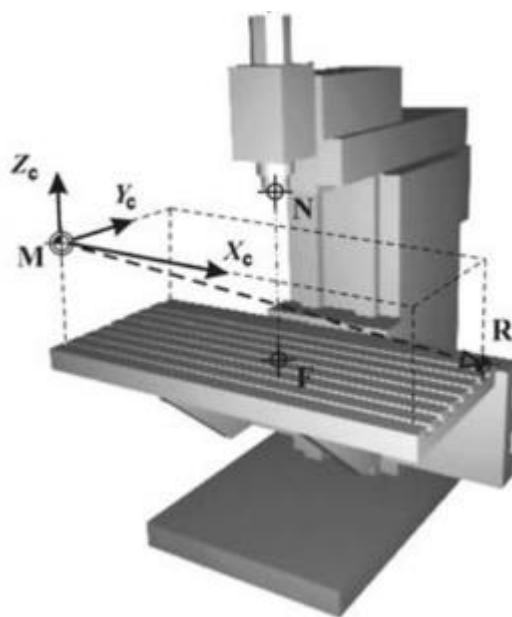


Рисунок 1.4 – Ключевые точки системы координат станка

В рамках системы координат станка системы числового программного управления позволяют создавать рабочие системы координат, относительно которых строится траектория перемещения инструмента и рассчитываются координаты опорных точек. Начало рабочей системы координат обозначается буквой «W», пример чего показан на рисунке 1.5, как правило, данная точка является нулевой точкой детали, относительно которой производится определение размеров детали и построение траектории.

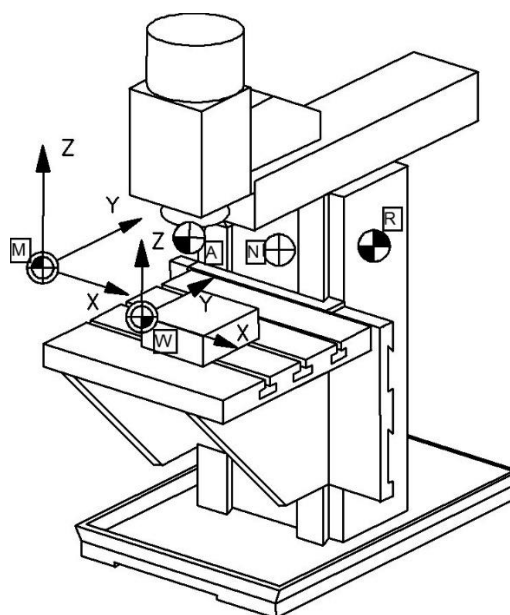


Рисунок 1.5 – Рабочая система координат

Наиболее часто встречаемые условные обозначения указанных точек представлены в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Условные обозначения ключевых точек

Условное обозначение	Буквенное обозначение	Название	Пример
	M	Нулевая точка станка	
	R	Исходная точка станка	
	W	Нулевая точка детали	
	N	Фиксированная точка шпинделя в позиции инструмента	
	F	Фиксированная точка стола в центре базового отверстия	
	Ps	Точка начала обработки конкретной заготовки (исходная точка программы)	

Определение положения рабочей системы координат осуществляется с учетом геометрии детали или заготовки, способа ее базирования в приспособлении на столе станка и последовательности обработки.

Рассмотрим процесс построения траектории обработки детали «Пластина», эскиз которой показан на рисунке 1.6.

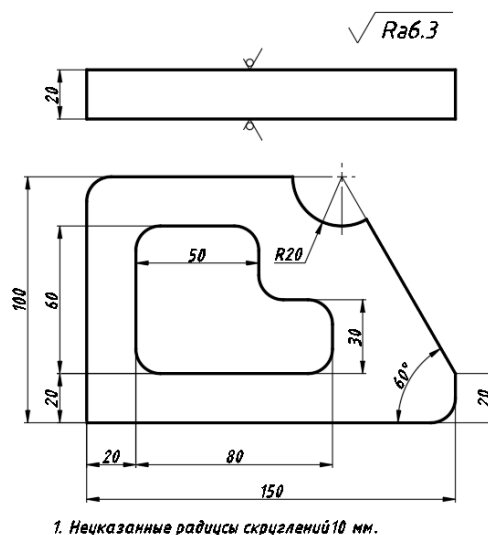


Рисунок 1.6 – Эскиз детали «Пластина»

На начальном этапе производится изучение конструкторской документации и определяется схема базирования детали. В рассматриваемом случае схема базирования представлена на рисунке 1.7. На основе схемы базирования детали производится назначение нулевой точки детали (начала рабочей системы координат).

В общем случае при назначении нулевой точки детали следует руководствоваться двумя правилами.

1. Нулевая точка программы должна совпадать с конструкторской базой. Это значит, что если на чертеже размеры стоят от левого верхнего угла детали, то лучше, если именно в этом углу и будет находиться нулевая точка. А если размеры указываются от центрального отверстия, то нулем детали следует назначить центр этого отверстия.

2. Вторым правилом является удобство программирования. Например, если расположить деталь в первом квадранте прямоугольной системы координат,

то это немного упростит процесс расчета траектории из-за того, что все опорные точки этой детали будут описываться положительными координатами.

Из рисунка 1.7 видно, что в качестве нулевой точки детали целесообразно принять левый нижний угол детали. Пример, эскиза детали с нанесенной нулевой точкой детали и осями рабочей системы координат показан на рисунке 1.8.

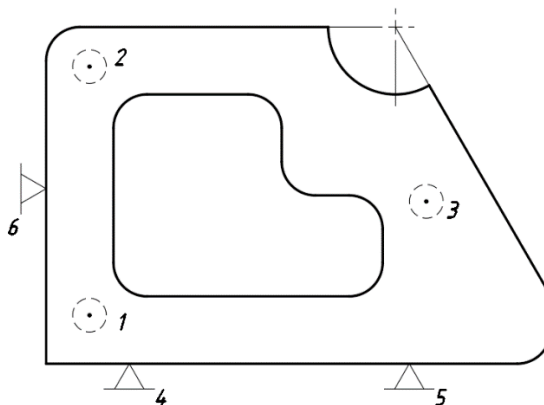


Рисунок 1.7 – Схема базирования детали

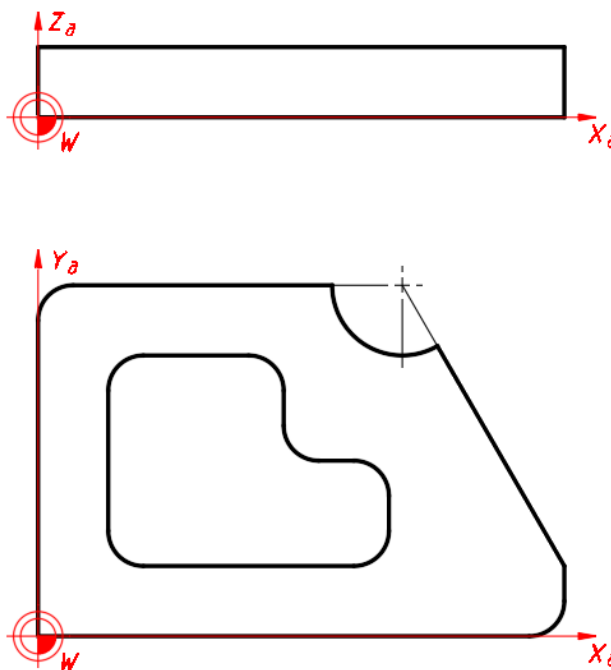


Рисунок 1.8 – Нулевая точка детали

Следующим этапом производится определение последовательности обработки, которая определяется конфигурацией детали и заготовки, но в общем случае предпочтительна следующая последовательность: обработка сначала внутренних контуров и примыкающих к ним плоскостей, а затем обработка внешних контуров и примыкающих к ним плоскостей.

Также при построении траектории обработки необходимо учитывать геометрические параметры режущего инструмента, который в случае контурной обработки криволинейных профилей представляет собой концевую фрезу, диаметр которой выбирается исходя из условий жесткости и минимального размера радиуса скругления внутренних углов. В рассматриваемом случае принимается концевая фреза диаметром 16 мм.

Предположим, что заготовка пластины получена литьем и имеет вид, представленный на рисунке 1.9.

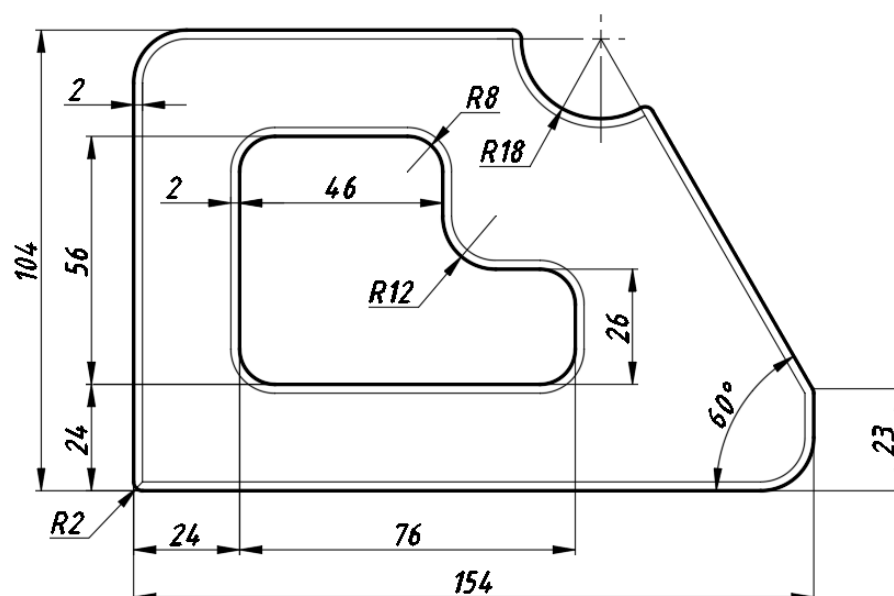


Рисунок 1.9 – Заготовка детали «Пластина»

Траектория движения инструмента при контурной обработке представляет собой эквидистанту, состоящую из элементарных технологических участков в виде отрезков и/или дуг, начинающихся и заканчивающихся в опорных точках. Размер смещения эквидистанты от исходного контура обработки определяется размером инструмента.

Помимо рабочих движений инструмента при построении траектории необходимо учитывать еще и вспомогательные перемещения, при проектировании которых следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- подвод и отвод инструмента от обрабатываемой поверхности осуществляется по специальным траекториям, обеспечивающим врезание по касательной со своевременным переходом с холостого хода на рабочий;

- остановка или резкое изменение подачи в процессе резания недопустимы из-за возможности повреждения обрабатываемой поверхности; перед остановкой или резким изменением подачи, подъемом или опусканием инструмента его необходимо отвести от поверхности под малым углом или по касательной;
- длина холостых перемещений должна быть минимальной;
- расстояние между соседними проходами инструмента следует выбирать с учетом перекрытия, равного 10% диаметра фрезы.

В рассматриваемом примере траектория обработки внутреннего и внешнего контура примет вид, показанный на рисунке 1.10.

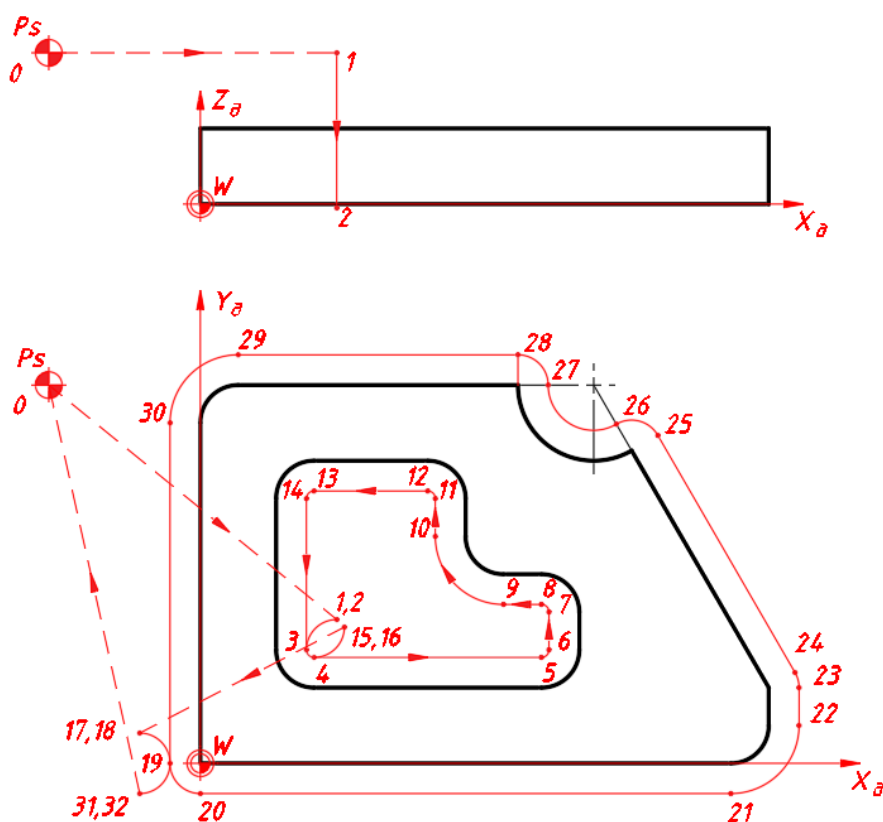


Рисунок 1.10 – Траектория обработки контуров детали

Из рисунка 1.10 видны следующие циклы обработки: Подвод фрезы в точку начала программы $Ps(0)$ на холостом ходу, перемещение на холостом ходу в точку 1, переход на рабочий ход при движении к опорной точке 2, выполнение контурной обработки в следующей последовательности: 2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-3-4-15, подъем фрезы на безопасную высоту к точке 16, перемещение фрезы на холостом ходу к точке 17, переход на рабочих вход при движении к

точке 18, выполнение контурной обработки в следующей последовательности: 18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-19-31, подъем фрезы в точку 32 и возврат к точке начала программы Ps (0) на холостом ходу.

При построении траектории перемещения инструмента в расчетно-технологических картах (РТК) помимо условного обозначения ключевых точек имеется ряд обозначений, позволяющих облегчить чтение.

Наиболее часто встречаемые условные обозначения для оформления РТК представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Условные обозначения в РТК

Наименование	Обозначение
Точка останова для смены инструмента	
Контрольная точка	
Точка вертикального подъема фрезы на 20 мм.	
Точка вертикального опускания фрезы на 15 мм.	
Перемещение врезы с одновременным подъемом	
Перемещение фрезы с одновременным опусканием	
Траектория рабочего хода фрезы	
Траектория холостого хода	
Опорная точка с номером	

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Компьютерный класс, оснащенный интерактивным мультимедийным оборудованием (Проекторы Epson EB-436Wi или Epson EB-536Wi), вычислительной техникой с доступом к внутренней информационной сети; глобальной информационной сети; к технологии удаленных рабочих столов VDI.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Студенту при работе на ПК запрещается:

- прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;

- допускать попадание влаги на поверхность системного блока, монитора, иного оборудования, рабочую поверхность клавиатуры, дисководов, принтеров и других устройств;
- производить самостоятельное вскрытие и ремонт оборудования;
- работать на компьютере при снятых кожухах;
- отключать оборудование от электросети и выдергивать электровилку, держа за шнур.

ЗАДАНИЯ

Разработать траекторию движения инструмента для детали, представленной в качестве задания согласно выданному преподавателем варианту.

Результаты проектирования траектории оформить в виде расчетно-технологической карты (РТК), в которой использовать условные обозначения представленные в таблицах 1.1 и 1.2. В РТК отразить следующую информацию:

1. Изображение детали в прямоугольной системе координат с указанием размеров, направления осей и нулевой точки детали, точки начала обработки.
2. Схему базирования детали при обработке.
3. Траекторию движения центра инструмента, выполненную тонкими линиями отдельным цветом с указанием направления движения инструмента.
4. Опорные точки (отделяющие друг от друга отдельные участки траектории) и технологические точки (точки останова для измерения частоты вращения шпинделя, контроля размеров, точки изменения подачи).

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В качестве отчета по лабораторной работе студент предоставляет расчетно-технологическую карту, выполненную с использованием системы автоматизированного проектирования в виде файла в нативном формате и PDF документа.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение понятию нулевая точка станка.

2. Дайте определение понятию исходная точка станка.
3. Дайте определение понятию фиксированная точка станка.
4. Объясните принцип определения осей координат станка по правилу «правой руки».
5. Объясните принцип определения положительного направления вращения вокруг осей координат по правилу правой руки.
6. Дайте определение понятию опорная точка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ : учебное пособие для студентов вузов / Ю. А. Бондаренко, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе, М. А. Федоренко. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2020. – 292 с. : ил. – Гриф: Доп. УМО. – ISBN 978-5-94178-141-6; 621.9_Т 38.
2. Ловыгин А.А., Теверовский Л.В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.: ил. ISBN 978-5-94074-560-0.

2 Лабораторная работа №2 Расчет координат опорных точек при подготовке управляющих программ

Цель работы: Изучение основных методов определения координат опорных точек при подготовке информации для создания управляющих программ.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
Знания методик определения координат опорных точек.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
Использования методики расчета координат опорных точек.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: владение навыками расчета координат опорных точек.

Формируемые компетенции: ПК-1, ПК-2

Актуальность темы: обуславливается необходимостью изучения методики расчета координат опорных точек обработки деталей при подготовке управляющих программ.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Создание управляющих программ основывается на использовании координат опорных точек траектории, определение которых может производиться двумя способами: аналитическим или графическим.

Аналитический метод определения координат основан на использовании несложных арифметических выражений, методов тригонометрии или аналитической геометрии.

Рассмотрим процесс определения координат опорных точек на примере точек траектории, представленной на рисунке 2.1. Представленная траектория построена с учетом использования концевой фрезы диаметром 16 мм.

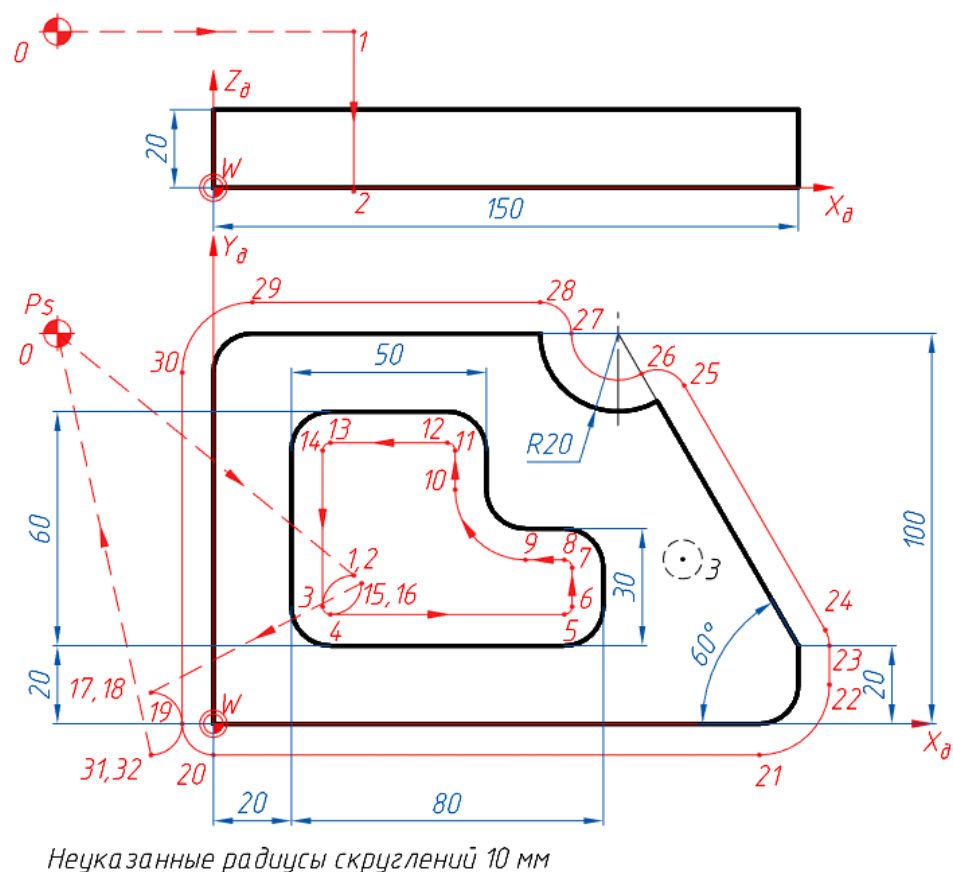


Рисунок 2.1 – Траектория обработки детали пластина

Координаты точки 0 (Точка начала обработки) задаются пользователем с учетом конструктивных особенностей станка и соображений безопасного подвода и отвода инструмента, в рассматриваемом случае ее координаты: $X_0 = -40$; $Y_0 = 100$; $Z_0 = 40$.

Координаты X , Y опорной точки 3 можно определить при помощи арифметических выражений:

$$X_3 = 20 + R_\phi = 20 + 8 = 28 \text{ мм},$$

где 20 – размер до внутреннего контура детали по оси X , мм;

R_ϕ – радиус фрезы, на который произведено смещение инструмента относительно контура детали, мм.

$$Y_3 = 20 + 10 = 30 \text{ мм},$$

где 20 – размер до внутреннего контура детали по оси X , мм;

10 – радиус скругления, указанный в технических требованиях, мм.

Определение координат опорной точки 28 потребует использования тригонометрических выражений. Так, на начальном этапе потребуется определить положение центра дуги радиусом 20 мм. Для этого на начальном этапе определяется размер гипотенузы АС прямоугольного треугольника (Рисунок 2.2).


$$AC = \frac{AB}{\sin 60} = \frac{100 - 20}{\sin 60} = 92,376 \text{ mm},$$

$\sin 60$ – синус угла наклона гипотенузы AC к оси X , мм.

$$X_{28} = 150 - AC \cdot \cos 60^0 - 20 = 150 - 92,376 \cdot \cos 60^0 - 20 = 83,812 \text{ mm},$$

где 150 – габаритный размер детали по оси X , мм;

20 – радиус дуги, мм.

Координата Y может быть определена арифметическим выражением:

$$Y_{28} = 100 + R_{\phi} = 100 + 8 = 108 \text{ мм},$$

где 150 – габаритный размер детали по оси Y , мм.

По оси Z координата опорной точки назначается аналогично опорной точке 3 и равна $Z_{28} = -1$ мм.

Координаты остальных опорных точек аналитическим методом определяются аналогичным образом.

Геометрический способ определения координат точек заключается в использовании функционала систем автоматизированного проектирования и возможен в двух вариантах.

В первом варианте нулевая точка детали совмещается с началом локальной или глобальной системы координат, после производится считывание параметров опорных точек. На примере САПР Nanocad Механика 23 данный алгоритм воспроизводится следующим образом. Активируется команда «Новая ПСК», расположенная на панели инструментов «Координаты» вкладки «Вид», после чего производится установка новой системы в нулевой точке детали, пример чего показан на рисунке 2.3. Далее производится выделение при помощи диалогового окна свойств примитивов. Пример определения координат опорной точки 28 при помощи свойств примитива представлен на рисунке 2.4.

Второй способ заключается в использовании функционала инструментов измерения или же непосредственно размеров от нулевой точки детали до опорных точек. Данный способ применим в случае невозможности использования локальных систем координат. Пример определения координат опорной точки 28 при помощи размеров показан на рисунке 2.5.

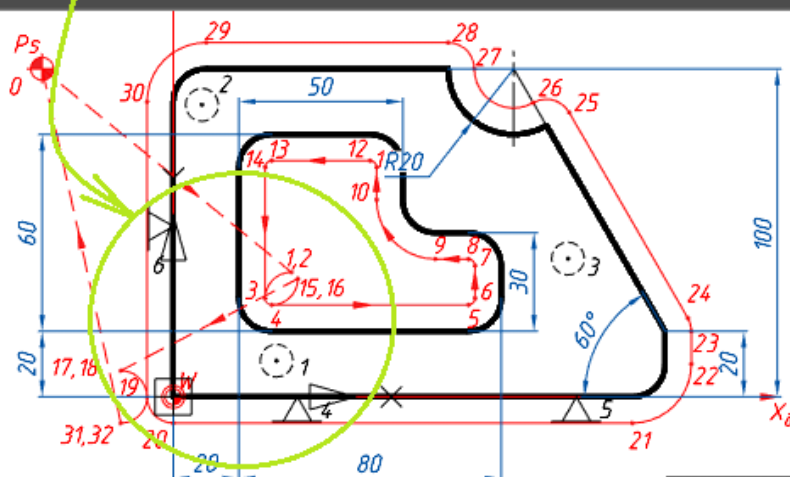
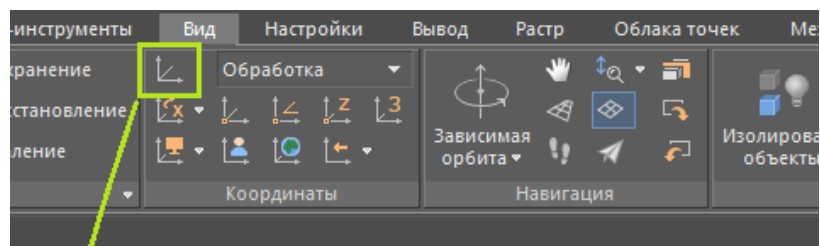


Рисунок 2.3 – Установка пользовательской системы координат

Геометрия	
Центр X	83.812
Центр Y	108
Центр Z	-1
Радиус	0.5
Диаметр	1
Длина окружности	3.1416
Площадь	0.7854
Нормаль X	0
Нормаль Y	0
Нормаль Z	1

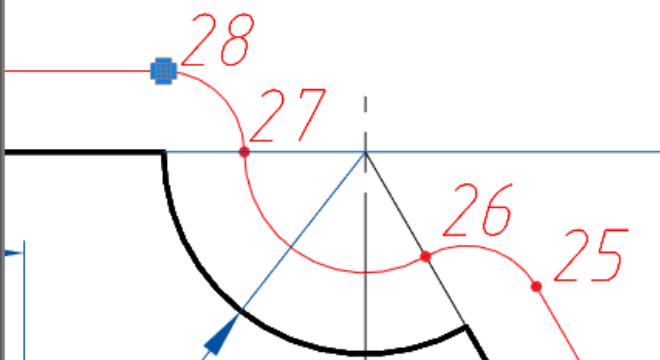


Рисунок 2.4 – Определение свойств примитива

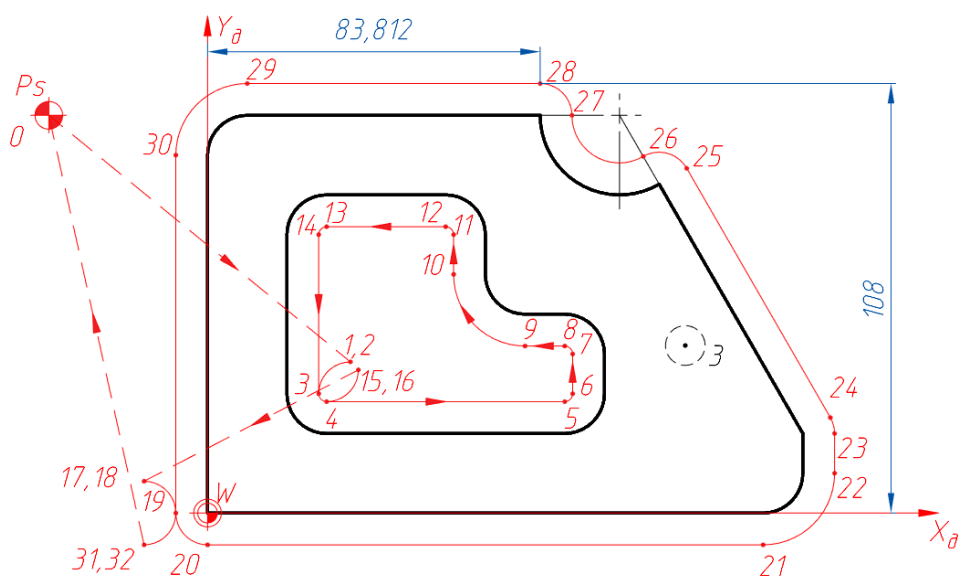


Рисунок 2.5 – Определение координат при помощи размеров

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Компьютерный класс, оснащенный интерактивным мультимедийным оборудованием (Проекторы Epson EB-436Wi или Epson EB-536Wi), вычислительной техникой с доступом к внутренней информационной сети; глобальной информационной сети; к технологии удаленных рабочих столов VDI.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Студенту при работе на ПК запрещается:

- прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- допускать попадание влаги на поверхность системного блока, монитора, иного оборудования, рабочую поверхность клавиатуры, дисководов, принтеров и других устройств;
- производить самостоятельное вскрытие и ремонт оборудования;
- работать на компьютере при снятых кожухах;
- отключать оборудование от электросети и выдергивать электровилку, держась за шнур.

ЗАДАНИЯ

Определить координаты опорных точек траектории для детали, представленной в качестве задания согласно выданного преподавателем варианта.

Результаты оформить в виде таблицы в расчетно-технологической карте в соответствии с примера, представленного на рисунке 2.6.

Участок	Тип движения	Вид движения	Координаты конечной точки		
			X	Y	Z
R-0	Холостой ход	Прямолинейное	-40	100	40
0-1	Холостой ход	Прямолинейное	36	38	40
1-2	Рабочий ход	Прямолинейное	36	38	-1
2-3	Рабочий ход (Врезание)	Круговое	28	30	-1

Рисунок 2.6 – Пример таблицы

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В качестве отчета по лабораторной работе студент предоставляет расчетно-технологическую карту, выполненную с использованием системы автоматизированного проектирования в виде файла в нативном формате и PDF документа.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите методы определения координат опорных точек траектории.
2. Укажите принцип определения координат опорных точек аналитическим методом.
3. Перечислите варианты определения координат опорных точек геометрическим методом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ : учебное пособие для студентов вузов / Ю. А. Бондаренко, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе, М. А. Федоренко. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2020. – 292 с. : ил. – Гриф: Доп. УМО. – ISBN 978-5-94178-141-6; 621.9_Т 38.
2. Ловыгин А.А., Теверовский Л.В. Современный станкок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.: ил. ISBN 978-5-94074-560-0.

3 *Лабораторная работа №3 Структура УП*

Цель работы: Изучение структуры управляющей программы, написанной на языке программирования ИСО (ISO) 7-бит

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
Знания основных команд языка программирования ИСО (ISO) 7-бит и структуры управляющих программ.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
Использование стандартного программного обеспечения для подготовки управляющих программ в ручном режиме.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: владение навыками выделения отдельных фрагментов управляющих программ.

Формируемые компетенции: ПК-1, ПК-2

Актуальность темы: обуславливается необходимостью получения практических навыков подготовки управляющих программ без использования специализированного программного обеспечения.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

С момента появления первых станков с ЧПУ до внедрения новейших обрабатывающих центров появились различные языки для программирования обработки. Однако на сегодняшний день наиболее распространённым языком является программирование в G- и M-кодах.

Язык G- и M-кодов основывается на положениях Международной организации по стандартизации (ISO) и Ассоциации электронной промышленности (EIA). Официально этот язык считается стандартом для американских и евро-

пейских производителей оборудования с ЧПУ и иногда его называют «ИСО 7 бит».

Основные функции G- и M-кодов и структура программ регулируются стандартами ГОСТ 20999-83, ISO 6983-1:2009, однако производители станков могут дополнять или изменять значения отдельных команд, в связи с чем основным источником при программировании является паспорт УЧПУ или станка с указанными в нем функциями.

Несмотря на возможные отличия отдельных функций для конкретных станков, указанные выше стандарты позволяют получить представление о программировании.

Рассмотрим процесс составления, структуру и содержание управляющей программы на примере обработки паза, представленного на рисунке 3.1.

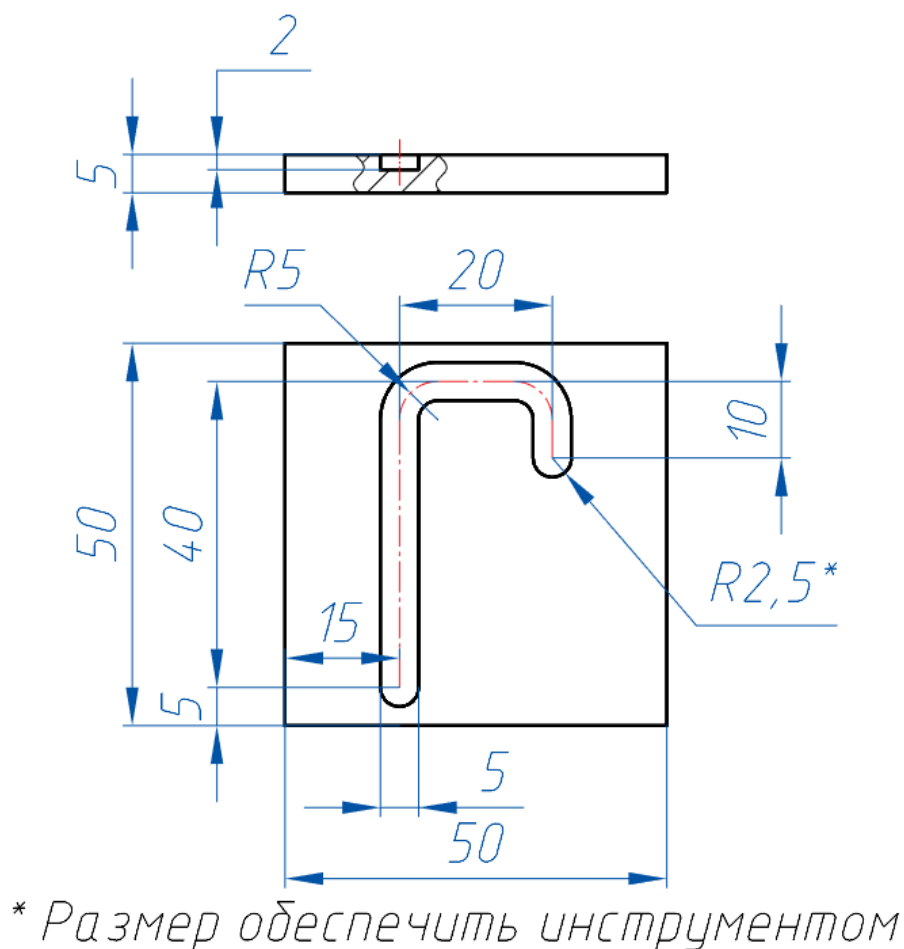


Рисунок 3.1 – Обрабатываемый паз

Траектория обработки паза имеет вид, представленный на рисунке 3.2. В качестве инструмента выбрана концевая цилиндрическая фреза диаметром 5 мм. Координаты опорных точек представлены в таблице 3.1.

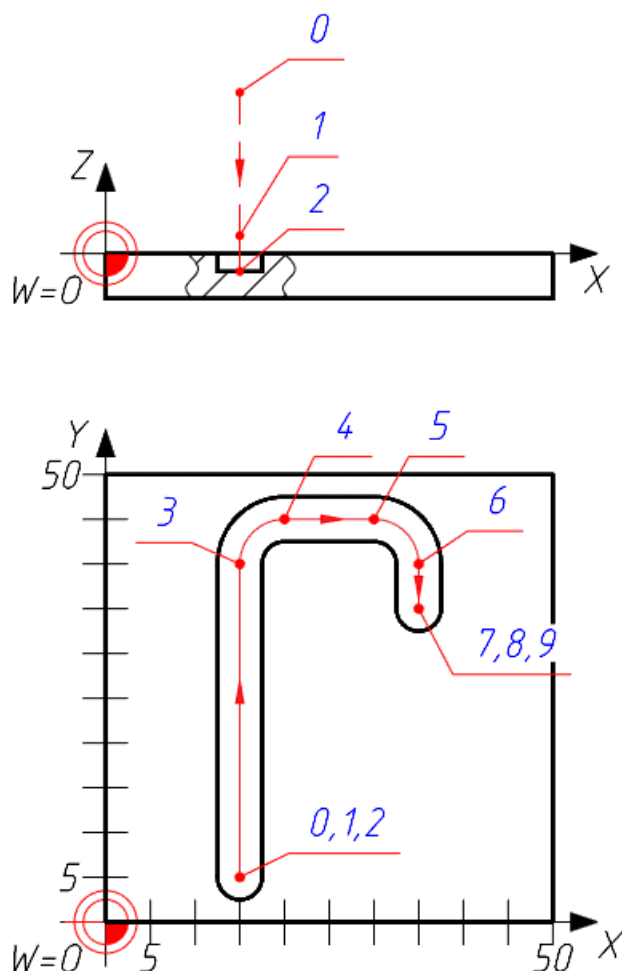


Рисунок 3.2 – Траектория обработки

Таблица 3.1 – Координаты траектории

№ опорной точки	Координата X	Координата Y	Координата Z
0	15	5	30
1	15	5	2
2	15	5	-2
3	15	40	-2
4	20	45	-2
5	30	45	-2
6	35	40	-2
7	35	35	-2
8	35	35	2
9	35	35	30

Управляющие программы на языке G- и M-кодов представляют собой упорядоченный набор команд и специальных символов, сгруппированных в строки. Строка управляющей команды называется кадром, которые в свою очередь состоят из команд. В каждом кадре должна находиться как минимум одна команда, называемая словом данных. Команда или слово данных состоит из адреса и числа. На рисунке 3.3 представлена структура и состав управляющей программы.

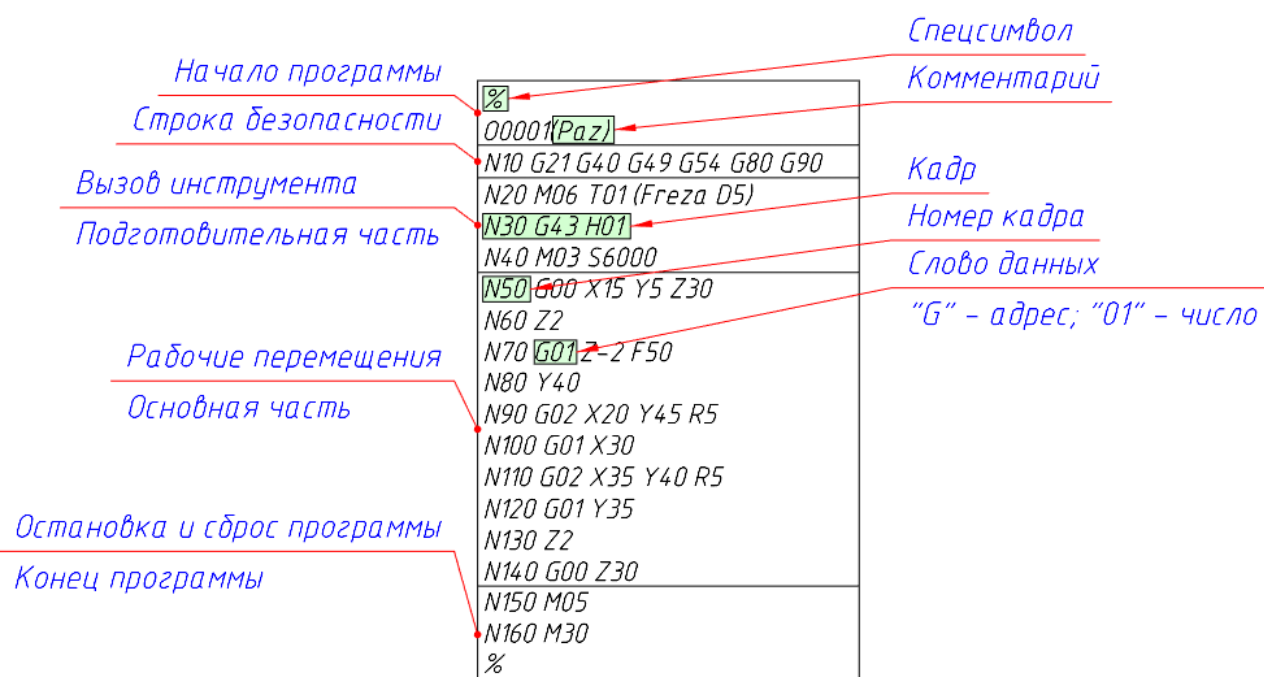


Рисунок 3.3 – Структура и состав управляющей программы

Каждая команда начинается с символа «%», на следующей строке записывается имя программы, начинающейся с латинской буквы «O» (все команды обозначаются латинскими буквами). После имени программы может быть дан комментарий, который заключается в «()» и не обрабатывается устройством ЧПУ. Для рассматриваемого примера начало программы примет вид:

%

O0001 (Paz)

Следом за именем программы следует кадр, называемый строкой безопасности, данный кадр производит настройку системы ЧПУ на параметры программы. Необходимость в данном кадре возникает в связи с тем, что часть ко-

манд является модельными и выполняются системой ЧПУ до тех пор, пока не будут отменены иными командами. Например, при обработке предыдущей детали в качестве единиц измерения использовались дюймы, заданные командой G20, в случае отсутствия строки безопасности, содержащей команду G21 в текущей программе, система ЧПУ продолжит исчисление в дюймах, что может привести к порче заготовки, поломке инструмента или же станка.

Как правило строка безопасности содержит следующие команды:

G21/G20 – указание единиц измерения при обработке;

G40 – отмена коррекции на радиус инструмента;

G49 – отмена коррекции на длину инструмента;

G54 – G59 – указание на использование конкретной рабочей системы координат;

G80 – отмена постоянного цикла;

G90/G91 – указание режима позиционирования в абсолютных или относительных координатах.

В рассматриваемом случае строка безопасности примет вид:

G21 G40 G49 G54 G80 G90

Следует отметить, что команды с адресом G группируются по функциональным признакам, пример чего представлен в таблице 3.2. Один кадр может содержать только одну команду группы, например, один кадр не может содержать команды G20 и G21 так как они противоречат друг другу.

Таблица 3.2 – Функциональные группы команд с адресом G

Функциональная группа	Команды группы
Перемещения	G00, G01, G02, G03
Тип позиционирования	G90, G91
Единицы измерения	G20, G21
Рабочие системы координат	G54, G55, G56, G57, G58, G89
Коррекция радиуса инструмента	G40, G41, G42
Коррекция длины инструмента	G43, G44, G49
Активная плоскость обработки	G17, G18, G19
Постоянные циклы	G80, G81, G82, G83, G84, G85, G86, G87
Вызов подпрограмм	G98, G99

Начиная со строки безопасности может быть введена нумерация N10, N20 и т.д., данные номера не являются обязательными, не обрабатываются УЧПУ и необходимы для удобства составления и контроля программы. Интервал между номерами кадров выбирается произвольно по аналогии с номерами технологических операций и задается на случай вставки дополнительных кадров.

За строкой безопасности вводится подготовительная часть, в рамках которой производится выбор инструмента, активация компенсации его длины, включение шпинделя с заданным числом оборотов.

В рамках рассматриваемого примера обработки кадр с выбором инструмента принимает вид:

M06 T01 (Freza D5),

в котором M06 - команда смены инструмента; T01 - указание на 1 инструмент в магазине. В случае необходимости выбора другого инструмента, например, №3, кадр примет вид: *M06 T03*. Коды с адресом G, называемые подготовительными, определяют настройку СЧПУ на определенный вид работы. Коды с адресом M называются вспомогательными и предназначены для управления режимами работы станка. В некоторых системах ЧПУ допускается только одна вспомогательная команда с адресом M.

Далее следует кадр, активирующий компенсацию длины инструмента, который имеет вид:

G43 H01,

в котором команда G43 активирует режим коррекции длины инструмента в положительном направлении, а команда H01 определяет преднастроенное значение компенсации длины первого инструмента.

Компенсация длины инструмента необходима в связи с тем, что фиксированная точка шпинделя в позиции инструмента, обозначаемая как N, как правило находится на пересечении торца шпинделя с его осью вращения, и задавая координату по оси Z программист определяет положение именно этой точки. Рассмотрим пример, в котором необходимо переместить инструмент в точку с координатой по оси Z равной 50 мм. Предположим, что длина инструменталь-

ного блока равна 70 мм. В случае отсутствия компенсации длины инструмента в точку с координатой $Z=50$ перемещена точка N, в результате чего произойдет столкновение инструмента с заготовкой, пример чего представлен на рисунке 3.4.

В случае активации компенсации длины инструментального блока при перемещении в точку с координатой $Z=50$ столкновения не произойдет, пример чего представлен на рисунке 3.5.

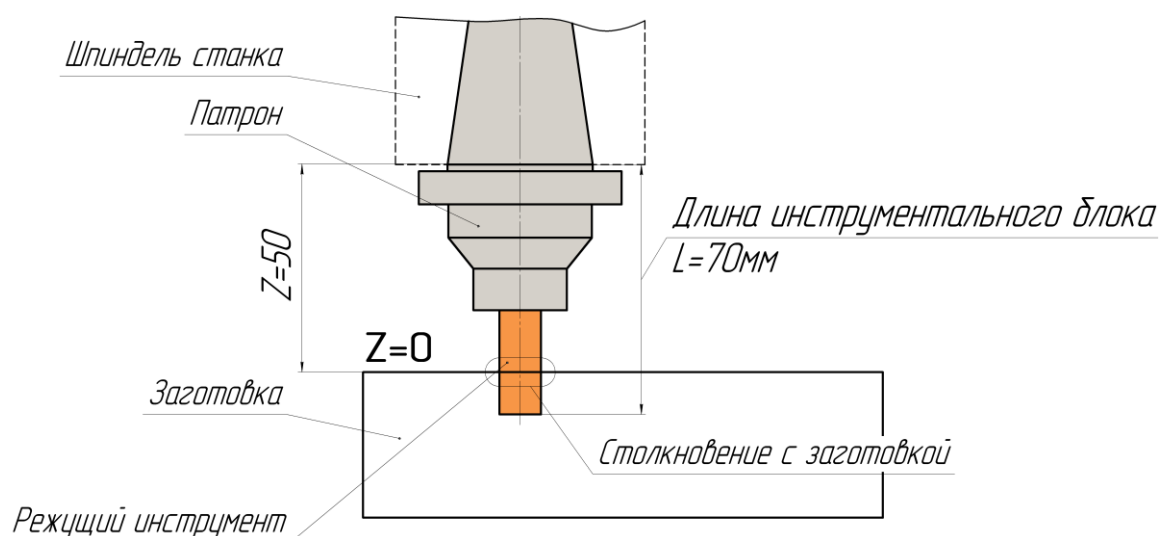


Рисунок 3.4 – Положение инструмента при отсутствии компенсации

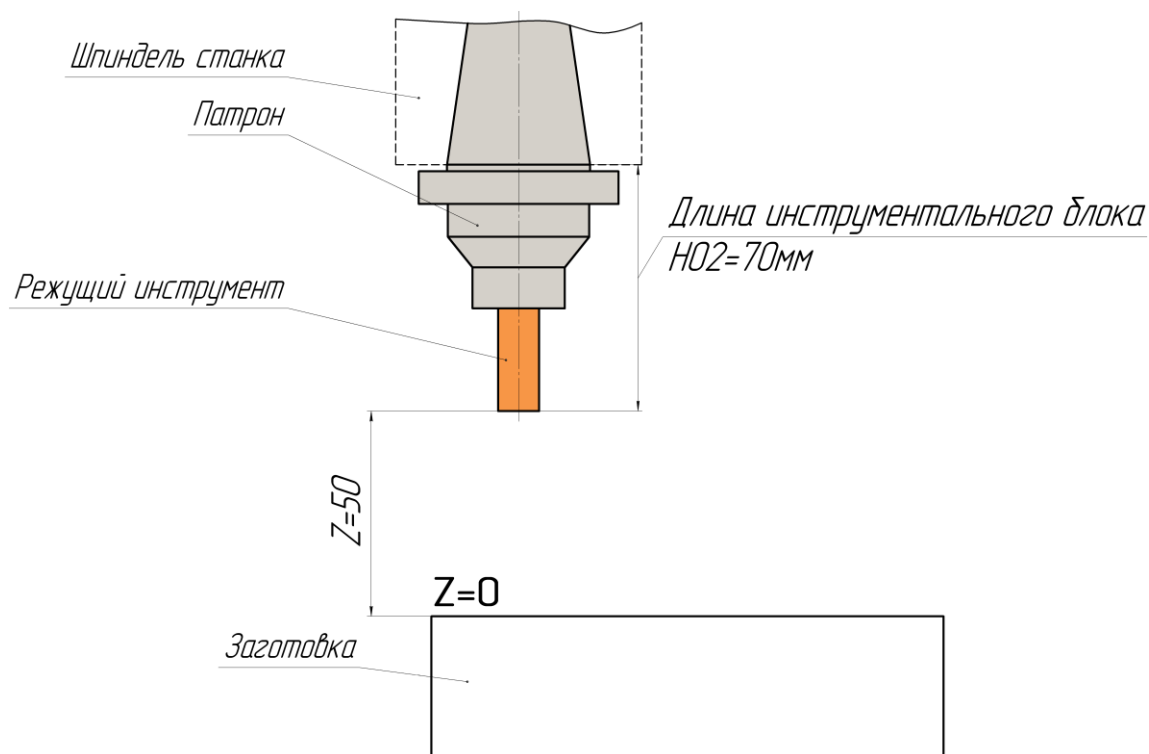


Рисунок 3.5 – Положение инструмента при активной компенсации

При составлении программы программист не вводит конкретное значение длины того или иного инструмента ограничиваясь соответствующей командой N01, N02 и т.д. Непосредственное указание значения компенсации производится оператором путем измерения перед обработкой. После измерения значений оператор присваивает их конкретным регистрам в самом УЧПУ.

Следующим кадром подготовительной части программы является включение шпинделя и определение числа его оборотов. Команда начала вращения шпинделя против часовой стрелки (в положительном направлении вращения вокруг оси) M03 (по часовой стрелке M04), команда определения скорости вращения шпинделя имеет адрес S, число после которой определяет количество оборотов в минуту. Для рассматриваемого паза кадр примет вид:

M03 S6000

В результате выполнения кадра начнется вращение шпинделя с числом оборотов 6000 в минуту.

Основная часть кода представляет собой описание движения инструмента от одной опорной точки к другой

В результате преобразования траектории в команды текст основной части управляющей программы примет вид, представленный в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Основная часть управляющей программы

Содержание кадра	Пояснение
<i>G00 X15 Y15 Z30</i>	Ускоренное перемещение из исходной точки станка в опорную точку 0 (15, 5, 30)
<i>Z2</i>	Ускоренное перемещение из опорной точки 0 (15, 5, 30) в опорную точку 1 (15, 5, 2)
<i>G01 Z-2 F50</i>	Рабочее перемещение (линейная интерполяция) со скоростью 50 мм/мин из опорной точки 1 (15, 5, 2) в опорную точку 2 (15, 5, -2) (врезание в деталь на глубину паза)
<i>Y40</i>	Рабочее перемещение (линейная интерполяция) со скоростью 50 мм/мин из опорной точки 2 (15, 5, -2) в опорную точку 3 (15, 40, -2)
<i>G02 X20 Y45 R5</i>	Рабочее перемещение (круговая интерполяция по часовой стрелке с радиусом 5 мм) со скоростью 50 мм/мин из опорной точки 3 (15, 40, -2) в опорную точку 4 (20, 45, -2)
<i>G01 X30</i>	Рабочее перемещение (линейная интерполяция) со скоростью 50 мм/мин из опорной точки 4 (20, 45, -2) в опорную точку 5 (30, 45, -2)

<i>G02 X35 Y40 R5</i>	Рабочее перемещение (круговая интерполяция по часовой стрелке с радиусом 5 мм) со скоростью 50 мм/мин из опорной точки 5 (30, 45, -2) в опорную точку 6 (35, 40, -2)
<i>G01 Y35</i>	Рабочее перемещение (линейная интерполяция) со скоростью 50 мм/мин из опорной точки 6 (35, 40, -2) в опорную точку 7 (35, 35, -2)
<i>Z2</i>	Рабочее перемещение (линейная интерполяция) со скоростью 50 мм/мин из опорной точки 7 (35, 35, -2) в опорную точку 8 (35, 35, 2) вывод инструмента из зоны резания
<i>G00 Z30</i>	Ускоренное перемещение из опорной точки 8 (35, 35, 2) в опорную точку 9 (35, 35, 30)

По завершению всех необходимых перемещений программа завершается. В завершающей части программы производится остановка шпинделя командой M05 и сброс программы из памяти УЧПУ командой M30, а также указывается специальный символ %, обозначающий конец программы.

Весь текст программы для обработки паза (Рисунок 3.1) по разработанной траектории (Рисунок 3.2) примет вид:

```
%
O0001(Paz)
N10 G21 G40 G49 G54 G80 G90
N20 M06 T01 (Freza D5)
N30 G43 H01
N40 M03 S6000
N50 G00 X15 Y5 Z30
N60 Z2
N70 G01 Z-2 F50
N80 Y40
N90 G02 X20 Y45 R5
N100 G01 X30
N110 G02 X35 Y40 R5
N120 G01 Y35
N130 Z2
N140 G00 Z30
N150 M05
N160 M30
%
```

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Компьютерный класс, оснащенный интерактивным мультимедийным оборудованием (Проекторы Epson EB-436Wi или Epson EB-536Wi),

вычислительной техникой с доступом к внутренней информационной сети; глобальной информационной сети; к технологии удаленных рабочих столов VDI.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Студенту при работе на ПК запрещается:

- прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- допускать попадание влаги на поверхность системного блока, монитора, иного оборудования, рабочую поверхность клавиатуры, дисководов, принтеров и других устройств;
- производить самостоятельное вскрытие и ремонт оборудования;
- работать на компьютере при снятых кожухах;
- отключать оборудование от электросети и выдергивать электровилку, держа за шнур.

ЗАДАНИЯ

Изучить представленную преподавателем управляющую программу. Выделить ее структуру и описать действия, выполняемые оборудованием в каждом кадре.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В качестве отчета по лабораторной работе студент предоставляет таблицу, аналогичную таблице 3.3, с комментарием к каждому кадру программы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные структурные элементы управляющей программы.
2. Укажите отличия модальных и немодальных команд.
3. Укажите назначение строки безопасности в управляющей программе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ : учебное пособие для студентов вузов / Ю. А. Бондаренко, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе, М. А. Федоренко. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2020. – 292 с. : ил. – Гриф: Доп. УМО. – ISBN 978-5-94178-141-6; 621.9_Т 38.
2. Ловыгин А.А., Теверовский Л.В. Современный станкок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.: ил. ISBN 978-5-94074-560-0.

4 *Лабораторная работа №4 Типы интерполяции перемещений исполнительного органа*

Цель работы: Изучение основных команд языка программирования ИСО (ISO) 7-бит и методики ручной подготовки управляющих программ.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
Знания типовых возможностей при построении траектории движения инструмента на языке программирования ИСО (ISO) 7-бит.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
Использование стандартного программного обеспечения для подготовки управляющих программ.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: владение навыками описания траектории движения инструмента на языке программирования ИСО (ISO) 7-бит.

Формируемые компетенции: ПК-1, ПК-2

Актуальность темы: обуславливается необходимостью получения практических навыков подготовки управляющих программ без использования специализированного программного обеспечения.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В основной части программы содержатся команды, определяющие рабочие перемещения. Управление перемещениями исполнительных органов станка осуществляется специальным устройством - интерполятором. Интерполяторы бывают двух видов: линейными (позволяют выполнять перемещение между соседними опорными точками по прямым линиям под любым углом) и линейно-круговыми (позволяют выполнять перемещение между соседними опорными точками как по прямой, так и дуге окружности). В настоящее время на боль-

шинстве станков с ЧПУ применяются линейно-круговые интерполяторы, позволяющие выполнять два вида интерполяции: линейную и круговую.

Линейной интерполяцией называется прямолинейное движение с заданной скоростью. Задается командой G01, а общий вид кадра такого движения можно представить в виде:

G01 Xn.n Yn.n Zn.n Fn.n

В данном кадре *Xn.n*, *Yn.n*, *Zn.n* - координаты конечной опорной точки по соответствующим осям; *Fn.n* скорость перемещения.

Предположим, что необходимо задать перемещение из точки A с координатами *X=20 Y=10 Z=20* в точку B с координатами *X=80 Y=50 Z=90* со скоростью 100 мм/мин (Рисунок 4.1). Тогда кадр примет вид:

G01 X80 Y50 Z90 F100

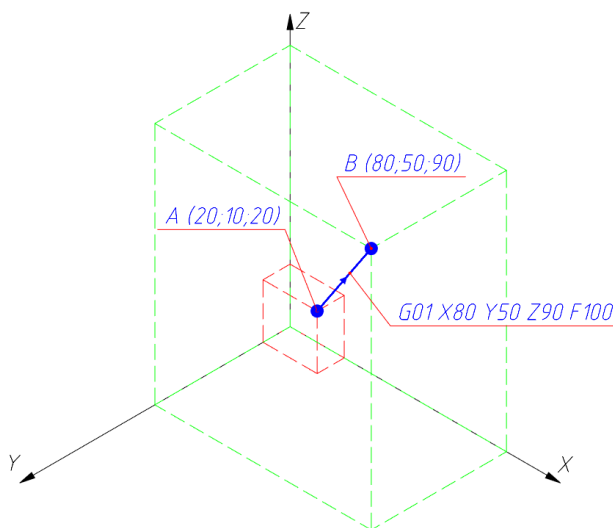


Рисунок 4.1 – Положение точек A и B

Круговой интерполяцией называется движение по дуге окружности с заданной скоростью. Задается круговая интерполяция двумя командами: G02 для движения по часовой стрелке; G03 против часовой стрелки (Рисунок 4.2).

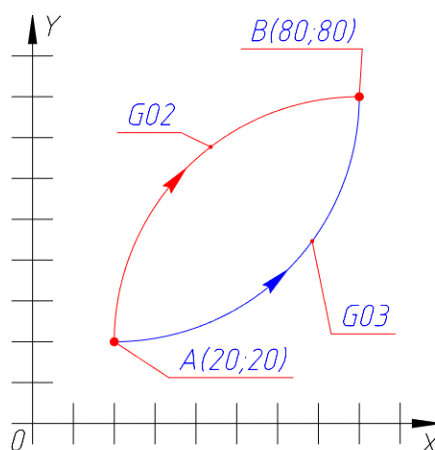


Рисунок 4.2 – Круговая интерполяция

Вне зависимости от направления существует два способа задания круговой интерполяции: при помощи указания координат конечной точки и координат центра дуги относительно начальной точки; при помощи координат конечной точки и радиуса.

Общий вид кадра с указанием центра дуги можно представить в виде:

G02 Xn.n Yn.n In.n Jn.n Fn.n

В данном кадре $X_{n.n}$, $Y_{n.n}$ - координаты конечной опорной точки по соответствующим осям; $I_{n.n}$ смещение до центра дуги по оси X относительно начальной точки; $J_{n.n}$ смещение до центра дуги по оси Y от начальной точки; $F_{n.n}$ скорость перемещения.

Предположим что необходимо задать перемещение по дуге радиусом 60 мм по часовой стрелке от точки A с координатами $X=20$ $Y=20$ в точку B с координатами $X=80$ $Y=80$ со скоростью 100 мм/мин (Рисунок 4.3). Тогда кадр примет вид:

G02 X80 Y80 I60 J0 F100

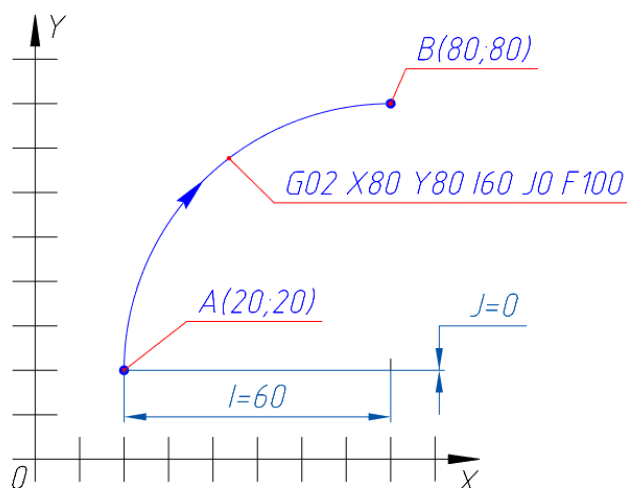


Рисунок 4.3 – Круговая интерполяция при помощи I и J

Следует отметить, что отсчет координат I и J осуществляется именно от начальной точки дуги а не от начала координат, как показано на рисунке 4.4, в рамках рассмотренного примера

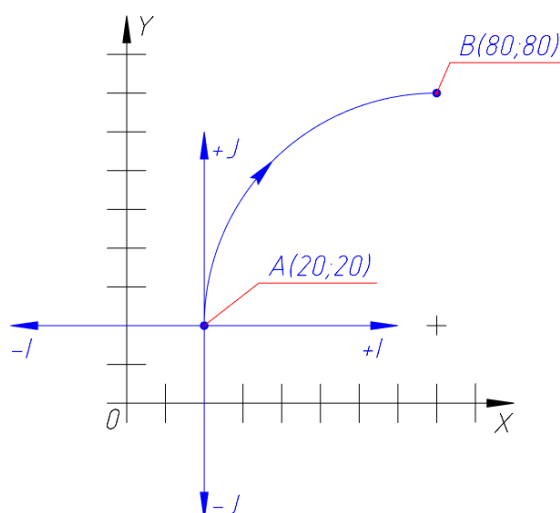


Рисунок 4.4 – Правила расчета координат I и J

Если добавить в кадр команды с координатами по оси Z и смещением центра по этой же оси K круговая интерполяция станет винтовой, однако не все УЧПУ поддерживают винтовую интерполяцию. Кадр винтовой интерполяции для аналогичного примера, но с приращением 10 мм по оси Z точки B относительно точки A примет вид:

G02 X80 Y80 Z10 I60 J0 K10 F100

Расчеты положения центра дуги в ряде случаев достаточно сложны, при этом современные УЧПУ поддерживают помимо представленного способа и

способ задания при помощи радиуса. В данном случае для рассмотренного примера кадр принимает вид (Рисунок 4.5):

G02 X80 Y80 R60 F100

В данном кадре R60 - указание на радиус дуги.

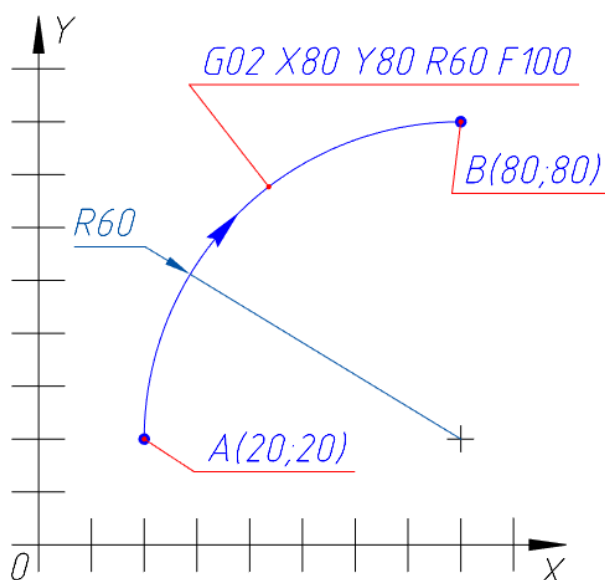


Рисунок 4.5 – Круговая интерполяция при радиусе R

В данном способе есть особенность. Если угол дуги меньше 180 градусов, а ее центр находится за пределами сегмента, образованного дугой и хордой, то указывается положительное значение радиуса; в обратном случае отрицательное, пример чего продемонстрирован на рисунке 4.6.

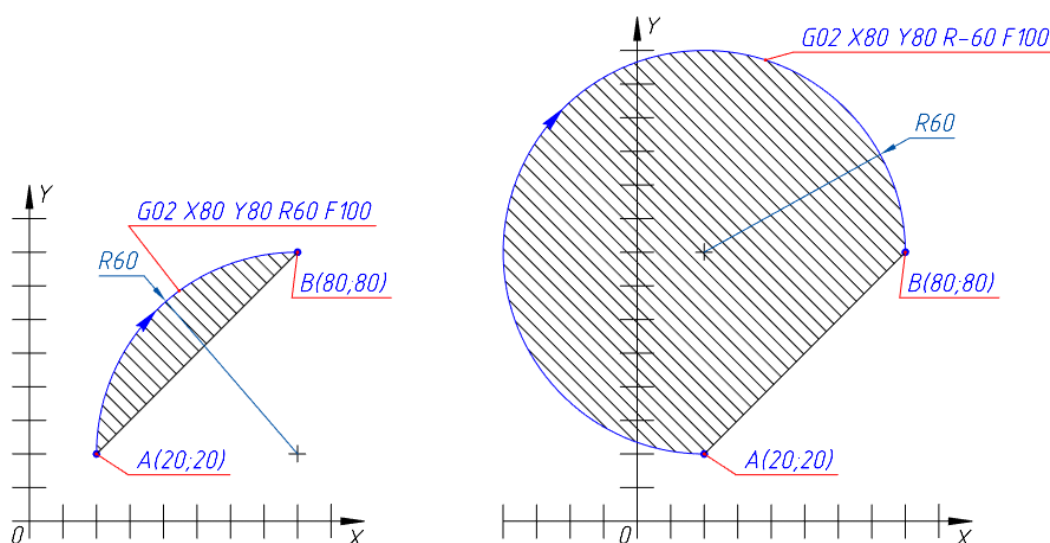


Рисунок 4.6 – Значение радиуса R

В случае необходимости выполнения винтовой интерполяции в кадр добавляется координата Z:

G02 X80 Y80 Z10 R60 F100

Также в основной части программы помимо рабочих перемещений исполнительных органов включают команды ускоренного перемещения или позиционирования. Данные перемещения необходимы для максимально быстрого подвода инструмента к зоне обработки и перехода от одного контура обработки к другому. Данный режим не используется для обработки в связи с высокими скоростями перемещения, их непостоянством и непостоянством траектории. Ускоренное перемещение активируется командой G00, после которой указывают координаты точки. Обобщённый кадр подвода инструмента имеет следующий вид:

G00 Xn.n Yn.n Zn.n

Скорость движения при использовании ускоренного перемещения не указывается, так как перемещения производятся на максимальной скорости.

В связи с непостоянством скорости по осям и траектории перемещения рекомендуется разбивать подвод инструмента на две части: сначала выполнять позиционирование по двум или трем осям в безопасной точке, после чего подводить к зоне обработки по одной оси, как правило по оси Z. Отвод инструмента из зоны резания рекомендуется осуществлять в обратном порядке.

На примере рассматриваемого паза подвод инструмента к зоне резания разбит на две части: сначала выполняется подвод инструмента из исходной точки станка (R) в точку 0 с координатами $X=15$ $Y=5$ $Z=30$; после чего выполняется подвод инструмента по оси Z к точке 1 с координатами $X=15$ $Y=5$ $Z=2$. Кадры программы в данном случае примут вид:

G00 X15 Y15 Z30

Z2

Во втором кадре режим движения и координата по осям X и Y не указываются, так как они неизменны, а команды, их определяющие - модальные.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Компьютерный класс, оснащенный интерактивным мультимедийным оборудованием (Проекторы Epson EB-436Wi или Epson EB-536Wi), вычислительной техникой с доступом к внутренней информационной сети; глобальной информационной сети; к технологии удаленных рабочих столов VDI.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Студенту при работе на ПК запрещается:

- прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- допускать попадание влаги на поверхность системного блока, монитора, иного оборудования, рабочую поверхность клавиатуры, дисководов, принтеров и других устройств;
- производить самостоятельное вскрытие и ремонт оборудования;
- работать на компьютере при снятых кожухах;
- отключать оборудование от электросети и выдергивать электровилку, держа за шнур.

ЗАДАНИЯ

Разработать управляющую программу для обработки детали, представленной в качестве задания согласно варианту.

Справка по основным командам языка G- и M-кодов представлена в приложении 3.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В качестве отчета по лабораторной работе студент предоставляет программу обработки в виде файла с расширением *.txt созданную с использованием любого текстового редактора.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите способы описания параметров круговой интерполяции.
2. Укажите способы описания винтовой интерполяции.

3. Укажите отличия между линейной интерполяцией и ускоренным перемещением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ : учебное пособие для студентов вузов / Ю. А. Бондаренко, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе, М. А. Федоренко. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2020. – 292 с. : ил. – Гриф: Доп. УМО. – ISBN 978-5-94178-141-6; 621.9_T 38.
2. Ловыгин А.А., Теверовский Л.В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.: ил. ISBN 978-5-94074-560-0.

5 *Лабораторная работа №5 Редакторы УП и проверка кода*

Работа проводится в интерактивной форме

Цель работы: Изучение специализированных редакторов и их возможностей по ускорению процесса ручного программирования, а также проверке программ.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
Знания основных возможностей специализированных редакторов и методов их применения для написания и проверки программ.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
Использование специализированных редакторов для ускорения процесса подготовки управляющих программ и визуализации траектории обработки.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: владение навыками подготовки управляющих программ в специализированных редакторах и методов проверки корректности построения траекторий.

Формируемые компетенции: ПК-1, ПК-2

Актуальность темы: обуславливается необходимостью получения практических навыков использования специального программного обеспечения для написания, корректировки и проверки управляющих программ.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

На сегодняшний день существует три способа создания управляющих программ для станков с числовым программным управлением: ручное программирование; написание программы при помощи стойки ЧПУ станка; написание программы при помощи САМ-системы.

Запись управляющей программы в ручном режиме может выполняться при помощи большинства текстовых редакторов, например, «Блокнот» в операци-

онной системе Windows. Помимо стандартных текстовых редакторов имеются специализированные редакторы, имеющие широкий набор дополнительных функций, обеспечивающих ускорения процесса написания и редактирования управляющих программ.

Примерами таких редакторов могут являться программы HSM Edit или Cimco Edit, которые позволяют автоматизировать нумерацию кадров, изменение форматирования кода программы, организовывать поиск по инструментам или строке, а кроме того, глобальное изменение кода, например, выполнять поворот всей траектории относительно одной из осей, вывод статистической информации о времени обработки и т.д.

Кроме редактирования данный класс программ, как правило, позволяет выполнять проверку корректности программы путем визуализации траектории движения инструмента. Визуализация с одной стороны позволяет проверить имеющиеся программы на наличие каких-либо ошибок, а с другой стороны позволяет выполнять построение траектории по мере написания программы.

Рассмотрим интерфейс редактора HSM Edit на примере программы обработки паза (Рисунок 3.1) по траектории, представленной в предыдущей работе (Рисунок 3.2). Внешний вид редактора представлен на рисунке 5.1.

Редактор имеет привычный «ленточный интерфейс с вкладками, панелями инструментов и командами. Так к основным вкладкам HSM Edit можно отнести следующие «Editor» (Редактор); «NC Function» (Функции УП); «Backplot» (Бэк-плот) и «File Compare» (Сравнение файлов). Под лентой расположена рабочая область, наполнение которой зависит от выполняемых действий. Так в представленном примере продемонстрирована рабочая область, содержащая код программы и визуализацию траектории.

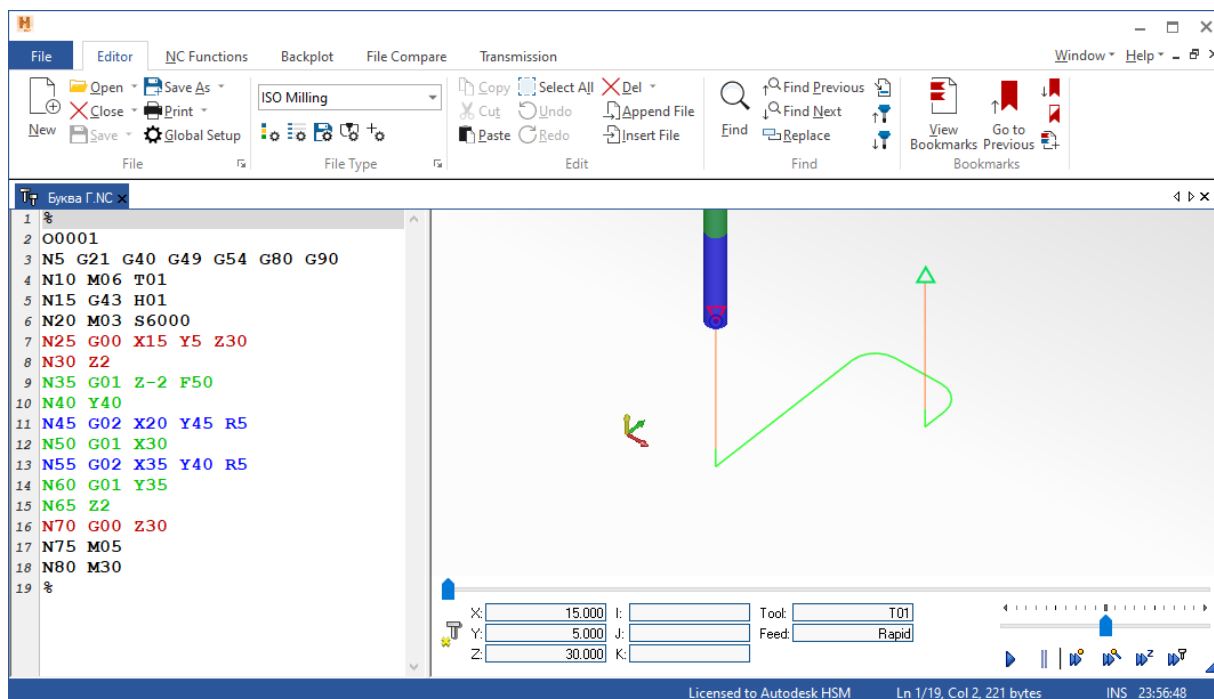


Рисунок 5.1 – HSM Edit

Вкладка «Editor» (Рисунок 5.2) позволяет производить типовые действия с программой, к которым относится создание, сохранение, печать и т.д., выполнять настройку редактора на определенный тип обработки, например, фрезерование (ISO Milling) или токарную обработку (ISO Turning), производить поиск в коде программы, в том числе и по специальным функциям, поиска инструмента, значения подачи и числа оборотов.

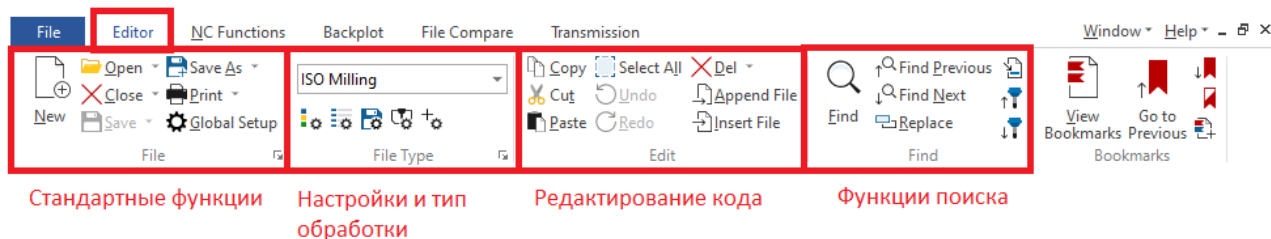


Рисунок 5.2 – Вкладка «Editor»

Вкладка «NC Function» (Рисунок 5.3) содержит специальные инструменты для работы с кодом, к которым относятся: настройка нумерации кадров; операции с кадрами, их форматом и представлением, функции редактирования и изменения кода, а также статистические данные о программе.

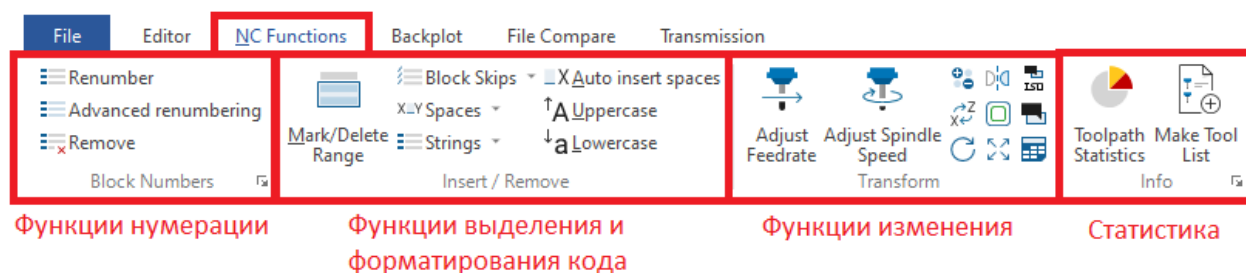


Рисунок 5.3 – Вкладка «NC Function»

Вкладка «Backplot» (Рисунок 5.4) содержит инструменты визуализации траектории движения инструмента в различных режимах и настройки визуализации.

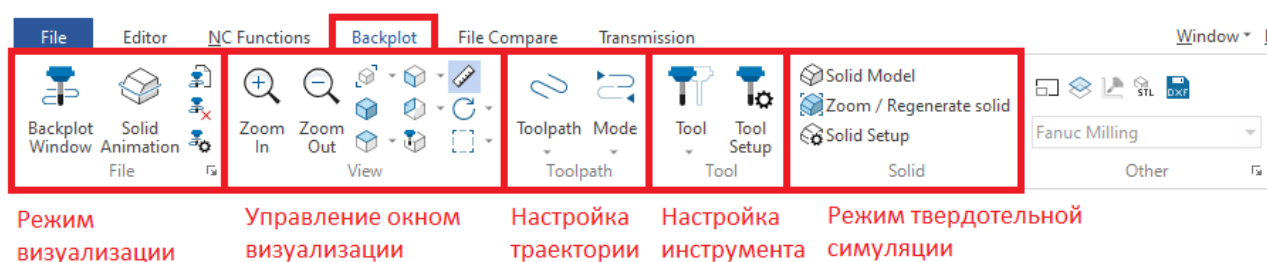


Рисунок 5.4 – Вкладка «Backplot»

Вкладка «File Compare» (Рисунок 5.5) позволяет выполнять сравнение различных программ с выделением отличий, навигацией между ними, а также синхронизацией.

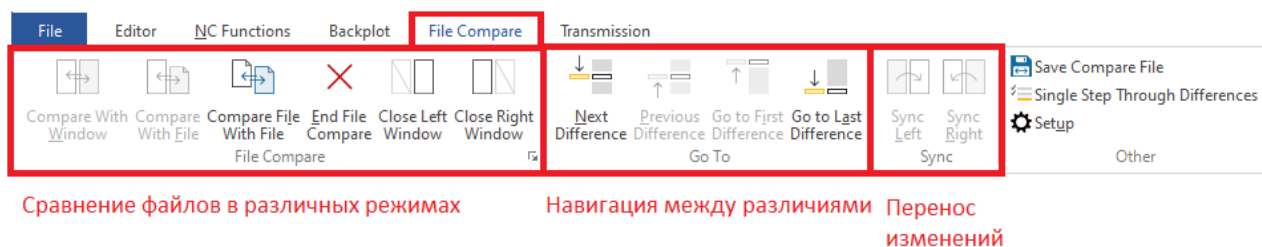


Рисунок 5.5 – Вкладка «File Compare»

В левой части рабочей области располагается код управляющей программы. Для удобства анализа элементы кода, относящиеся к перемещениям, имеют различные цвета, по умолчанию красный для быстрого перемещения G00; зеленый для линейной интерполяции G01 и синий - для круговой или винтовой интерполяции G02, G03, черным цветом обозначены вспомогательные и технологические команды, не задающие перемещения (Рисунок 5.6). Из рисунка 5.6 хо-

рошо видна модальность перемещений, примером чего могут служить кадры N35 и N40, в рамках которых выполняется линейная интерполяция.

```

%
O0001
N5 G21 G40 G49 G54 G80 G90
N10 M06 T01
N15 G43 H01
N20 M03 S6000
N25 G00 X15 Y5 Z30
N30 Z2
N35 G01 Z-2 F50
N40 Y40
N45 G02 X20 Y45 R5
N50 G01 X30
N55 G02 X35 Y40 R5
N60 G01 Y35
N65 Z2
N70 G00 Z30
N75 M05
N80 M30
%

```

Рисунок 5.6 – Цветовая схема управляющей программы

Наибольший интерес при написании программы и ее проверке представляет возможность визуализации траектории, включение которой осуществляется при помощи функции «Backplot Window» расположенной во вкладке «Backplot». После активации данной команды в правой части рабочей области открывается специальное окно, пример которого показан на рисунке 5.7.

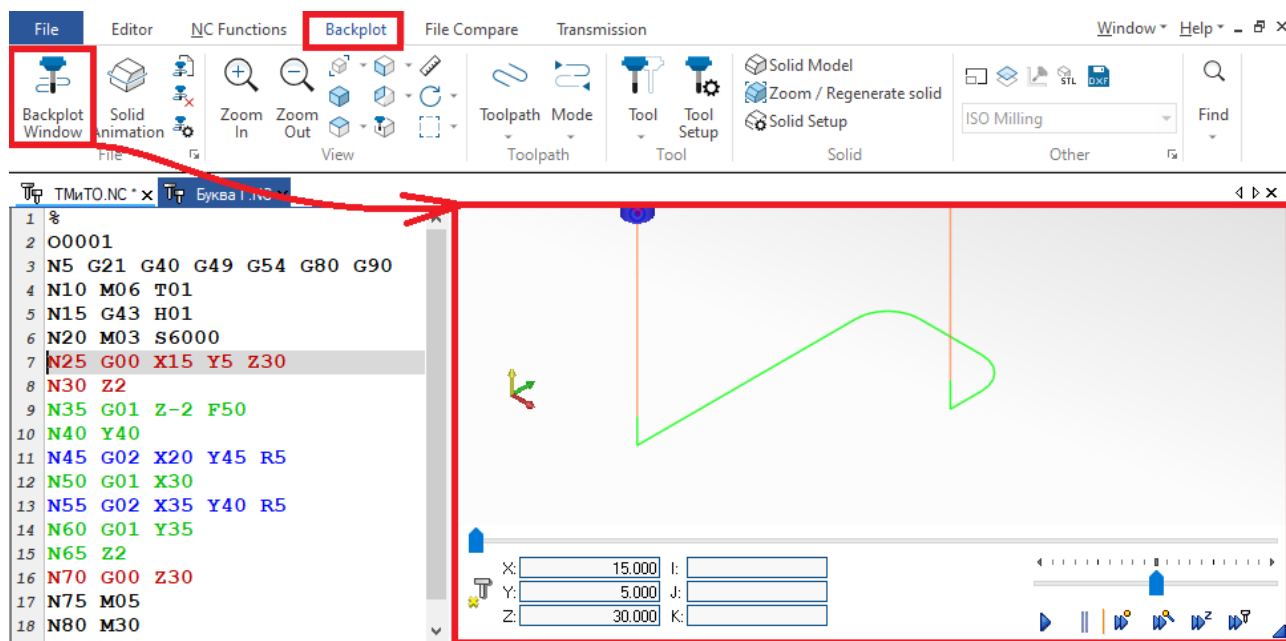


Рисунок 5.7 – Включение визуализации кода

Данный режим позволяет проверять правильность траектории как готовой программы, так и в процессе ее написания. В зависимости от активного кадра показывает положение инструмента и набор данных, к которым относятся: координаты точек; координаты центра дуги в случае круговой интерполяции, скорость движения инструмента и номер инструмента, пример чего представлен на рисунке 5.8.

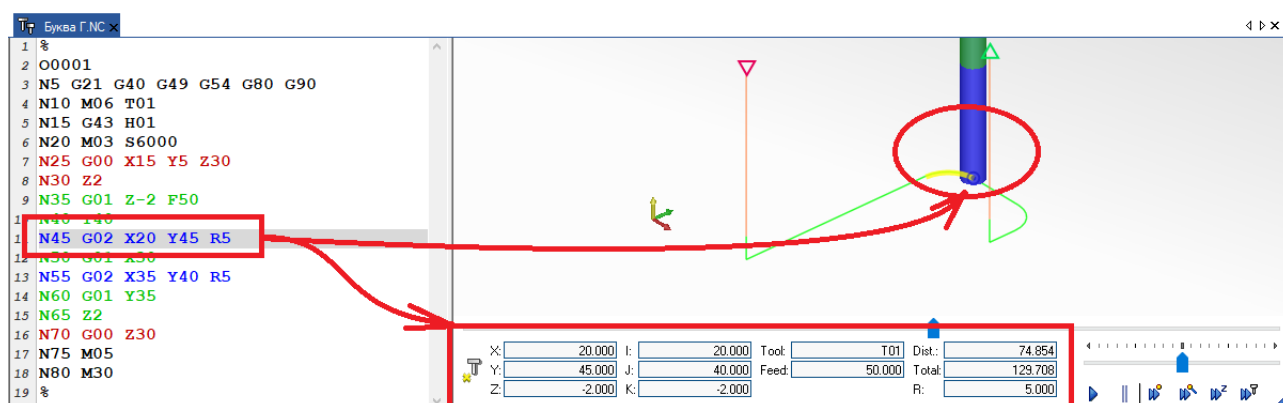


Рисунок 5.8 – Справочные параметры

Кроме визуализации траектории вкладка «Backplot» позволяет проводить твердотельную визуализацию. Для этого перед включением визуализации необходимо произвести настройку размеров твердого тела при помощи функции «Solid setup». Для рассматриваемого примера обработки паза параметры твердого тела представлены на рисунке 5.9.

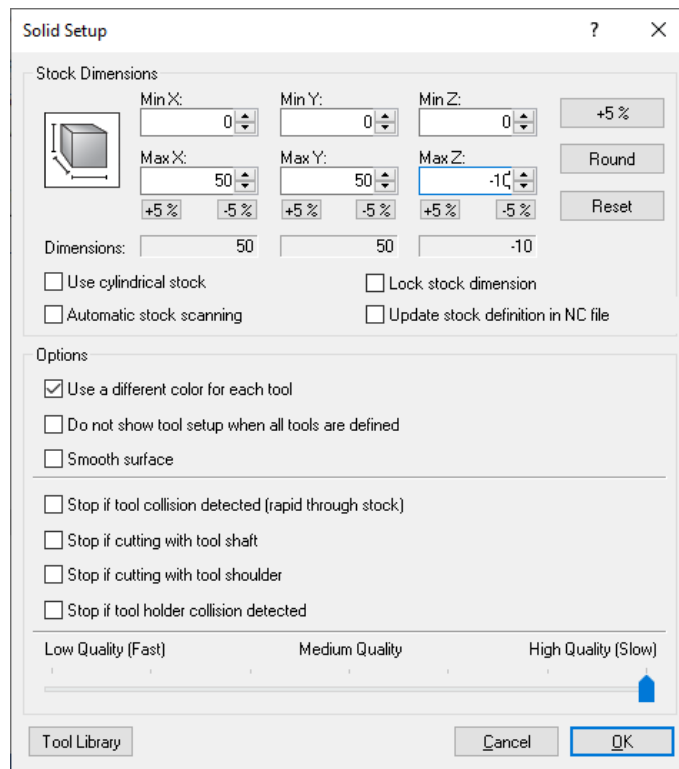


Рисунок 5.9 – Настройки размеров заготовки

Режим твердотельной симуляции включается при помощи функции «Solid Animation», а результат продемонстрирована на рисунке 5.10.

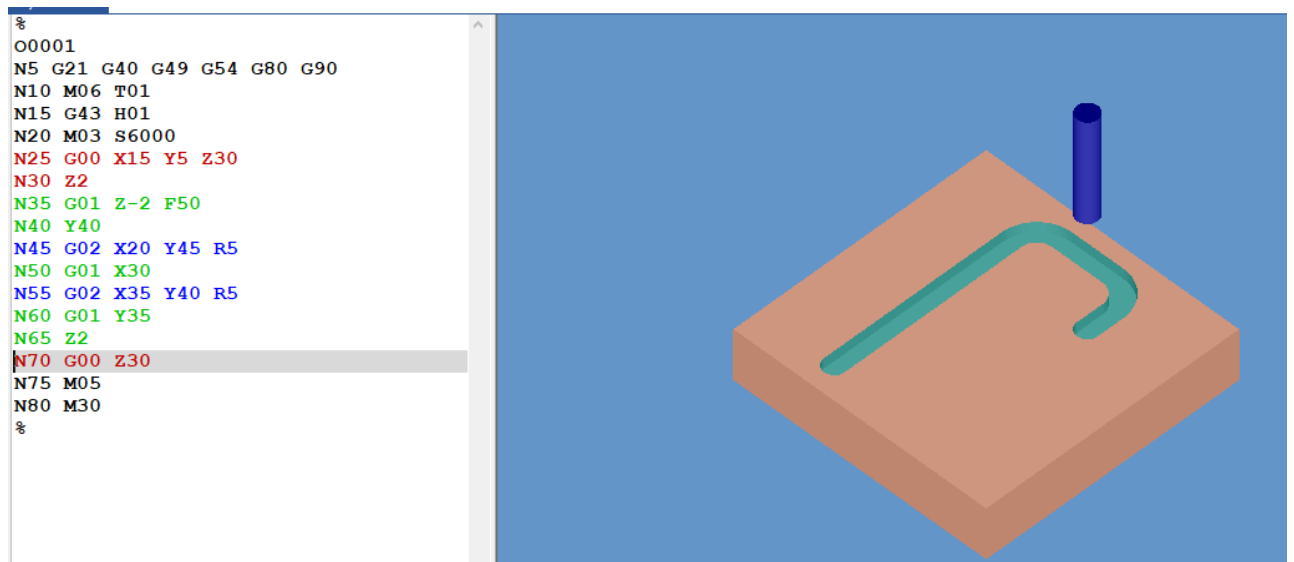


Рисунок 5.10 – Визуализация твердотельной обработки

В случае необходимости функционал редактора позволяет в некоторых пределах изменять код программы, например, поворачивать или отражать зеркально траекторию движения инструмента относительно какой-либо точки. Рассмотрим пример поворота траектории. Для выполнения данного действия

необходимо перейти ко вкладке «NC Function» и активировать команду «Rotate», после чего задать параметры поворота в появившемся окне. В рассматриваемом примере необходимо повернуть траекторию движения инструмента на 90 градусов относительно центра детали. До момента поворота рабочая система координат была выбрана таким образом, чтобы нулевая точка детали совпадала с левым нижним углом детали, пример чего представлен на рисунке 5.11.

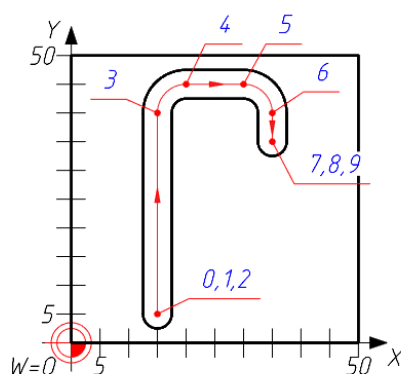


Рисунок 5.11 – Траектория обработки

Соответственно, чтобы выполнить поворот траектории обработки на 90 градусов относительно центра детали, в качестве координат точки поворота необходимо указать координаты $X=25$ и $Y=25$, как продемонстрировано на рисунке 5.12.

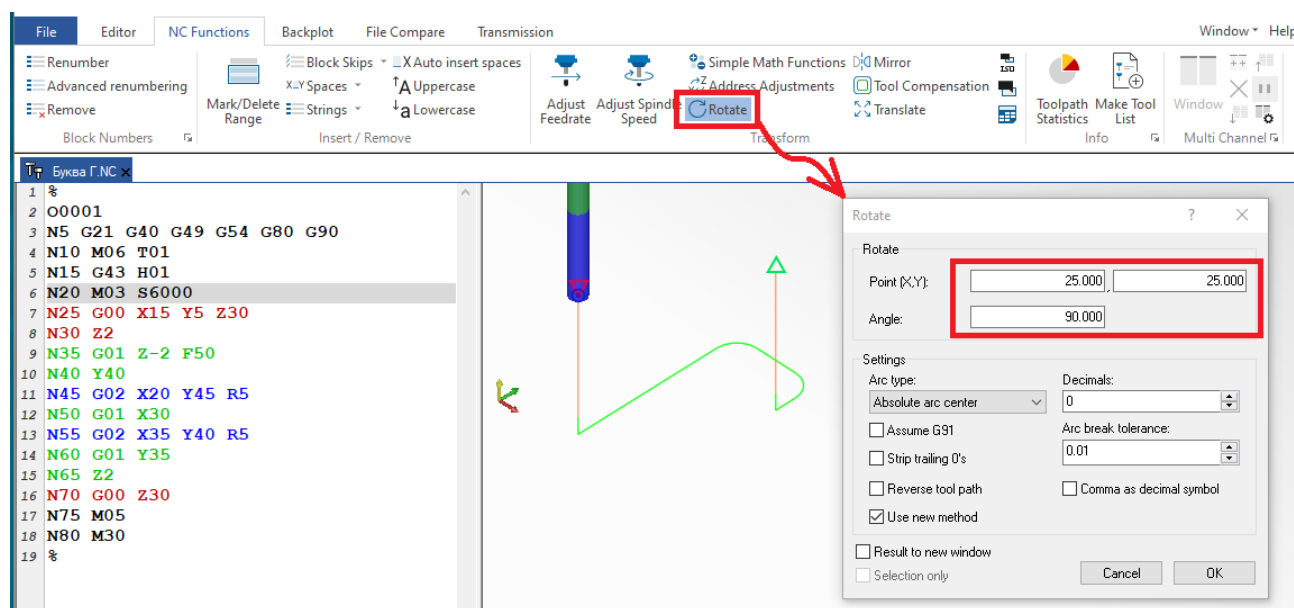


Рисунок 5.12 – Настройка операции поворота

В результате выполнения поворота траектория и код управляющей программы примут вид, показанный на рисунке 5.13.

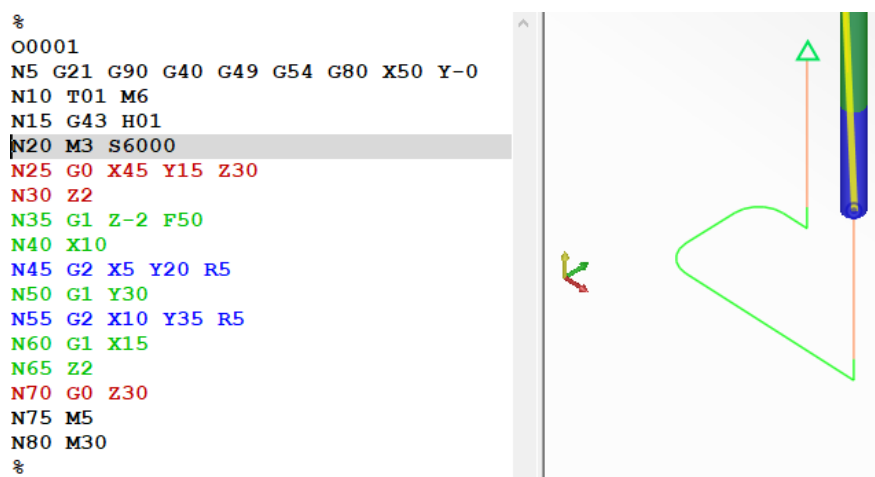


Рисунок 5.13 – Результат поворота траектории

Аналогичным образом выполняется и команда зеркального отражения, которая позволяет существенно ускорить процесс разработки управляющих программ для деталей, геометрия которых зеркально отражена, либо обработку которых требуется выполнить в зеркальном виде.

Между написанием программистом ЧПУ управляющей программы и ее выполнением непосредственно на станке в программу могут быть внесены изменения, например, оператор станка может изменить число оборотов или скорость движения инструмента. Отслеживание подобных изменений в управляющих программах с большим числом кадров является достаточно трудоемкой задачей, однако в специальных редакторах имеется функционал сравнения.

В рассматриваемом редакторе для сравнения файлов используется вкладка «File Compare». Перед проведением сравнения программ необходимо открыть соответствующие файлы, после чего перейти к вкладке «File Compare» и активировать функцию «Compare With Window» (Рисунок 5.14).

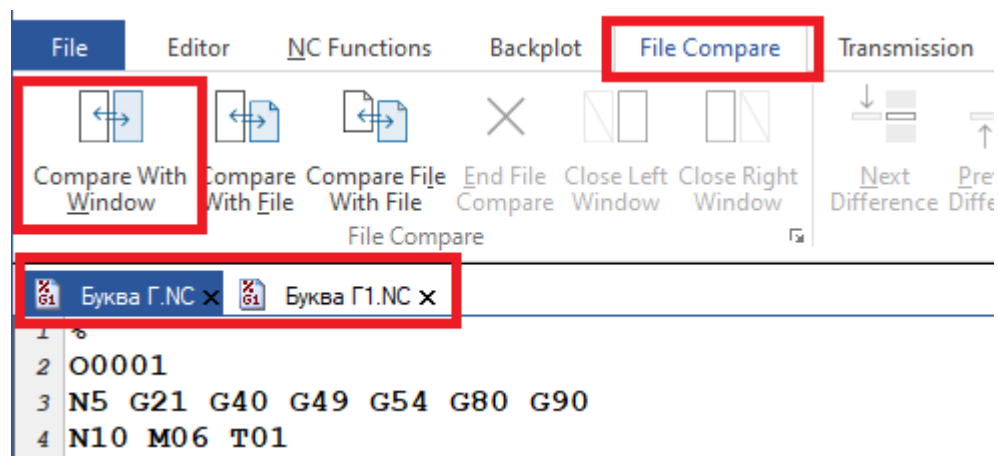


Рисунок 5.14 – Подготовка к сравнению

В результате окно редактора примет вид, представленный на рисунке 5.15.

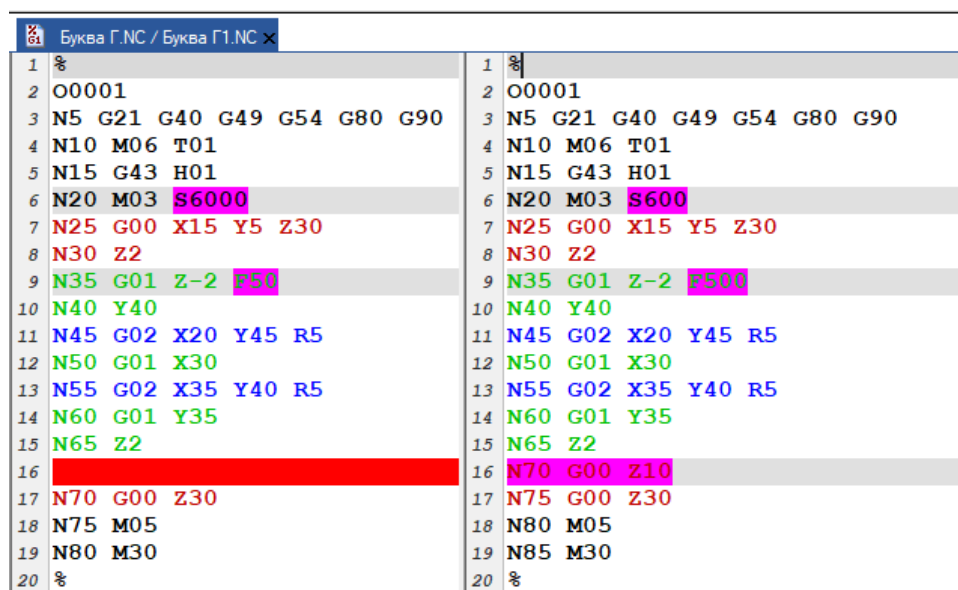


Рисунок 5.15 – Результат сравнения

Отличающиеся участки кода управляющих программ будут подсвечены фиолетовым цветом, а в случае, если в одной из программ нет совпадающих кадров, будет пропущена строка или несколько строк и выделены красным. В процессе проверки у пользователя имеется возможность навигации между отличиями, а также синхронизации кода между программами. Кроме того, пользователь может произвести экспорт отличий в текстовый файл.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Компьютерный класс, оснащенный интерактивным мультимедийным оборудованием (Проекторы Epson EB-436Wi или Epson EB-536Wi), вычислительной техникой с доступом к внутренней информационной сети;

глобальной информационной сети; к технологии удаленных рабочих столов VDI.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Студенту при работе на ПК запрещается:

- прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- допускать попадание влаги на поверхность системного блока, монитора, иного оборудования, рабочую поверхность клавиатуры, дисководов, принтеров и других устройств;
- производить самостоятельное вскрытие и ремонт оборудования;
- работать на компьютере при снятых кожухах;
- отключать оборудование от электросети и выдергивать электровилку, держа за шнур.

ЗАДАНИЯ

Разработать управляющую программу для вычерчивания траектории движения инструмента на станке СК Роутер 6040s.

В качестве траектории использовать собственные Имя и Фамилию, буквы которых выполнить в соответствии с представленным в приложении 5 шрифтом.

При создании координат опорных точек управляющей программы придерживаться следующих требований к траектории:

- в качестве нулевой точки детали принимается точка 0, отмеченная для первой буквы имени в приложении 5;
- траекторию выполнять в две строки: 1-ая имя; 2-ая фамилия
- расстояние между соседними буквами 5 мм;
- расстояние между нижней точкой первой строки и верхней точкой второй строки 10 мм;
- в случае необходимости отрыва инструмента от плоскости обработки высота подъема не менее 5 мм;

– глубина обработки при вычерчивании должна обеспечивать прижим инструмента к полотну, для чего все рабочие перемещения должны осуществляться с координатой -1 мм по оси Z. За 0 по оси Z принимать точку контакта инструмента с полотном;

– вычерчивание осуществляется с подачей 400 мм/мин без включения вращения шпинделя.

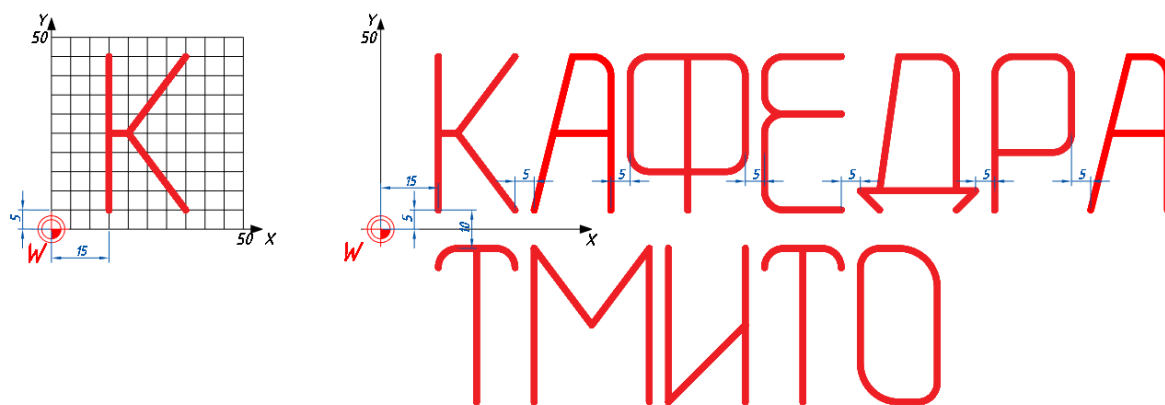


Рисунок 5.16 – Пример расположения элементов траектории

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В качестве отчета по лабораторной работе студент предоставляет программу обработки в виде файла с расширением *.txt или *.nc созданную с использованием любого специального редактора.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите назначение вкладки «NC Function» и перечислите основные команды.
2. Укажите назначение вкладки «Backplot» и перечислите основные команды.
3. Укажите назначение вкладки «File Compare» и перечислите основные команды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ : учебное пособие для студентов вузов / Ю. А. Бондаренко, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе,

М. А. Федоренко. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2020. – 292 с. : ил. – Гриф: Доп. УМО. – ISBN 978-5-94178-141-6; 621.9_Т 38.

2. Ловыгин А.А., Теверовский Л.В. Современный станкок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.: ил. ISBN 978-5-94074-560-0.

6 *Лабораторная работа №6 Подготовка и выполнение программы на станке с ЧПУ СК РОУТЕР 6040S*

Работа проводится в интерактивной форме

Цель работы: Изучение правил работы на станке с ЧПУ, программного обеспечения и методов загрузки программ.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
Знания правил подготовки и выполнения управляющих программ на конкретном оборудовании.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
Практическая подготовка фрезерного станка с ЧПУ к работе и выполнению управляющей программы.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: владение навыками выполнения обработки на фрезерном станке с ЧПУ.

Формируемые компетенции: ПК-1, ПК-2

Актуальность темы: обуславливается необходимостью получения практических навыков подготовки оборудования к работе и выполнения обработки.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Обработка на станке с ЧПУ требует ряда действий, заключающихся в наладке станка, передаче, проверке и выполнении управляющей программы. Рассмотрим процесс подготовки и выполнения управляющих программ на станке с ЧПУ СК Роутер 6040S.

Станок СК Роутер 6040S является трехкоординатным фрезерным станком с открытой, ПК-совместимой, системой управления, внешний вид станка представлен на рисунке 6.1.



Рисунок 6.1 – Внешний вид станка СК Роутер 6040S

Станок СК Роутер 6040S в базовой комплектации состоит из станка поз.1, шкафа управления поз.2, стола поз.3 на котором установлен станок и рабочего места в виде компьютера поз.4.

На корпусе станка находится кнопка включения и кнопка экстренной остановки (Рисунок 6.2), остальное же управление станком осуществляется при помощи системы Mach3 (Рисунок 6.3).



Рисунок 6.2 – Органы управления станком

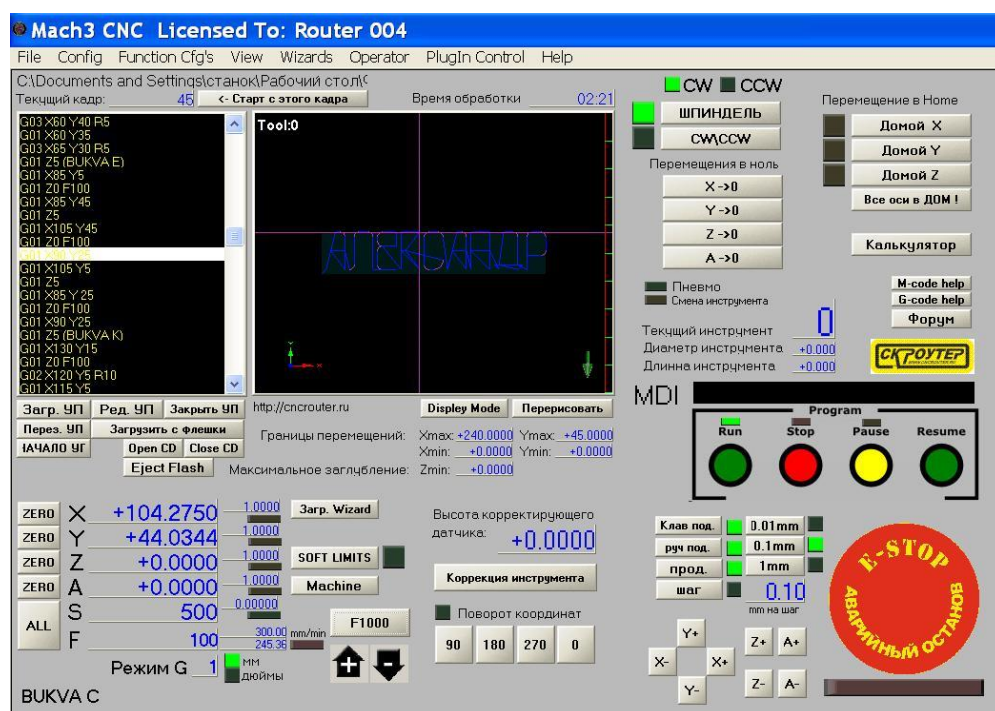


Рисунок 6.3 – Органы управления в системе Mach3

Рассмотрим панель управления станком в системе Mach3, представленной на рисунке 6.3. Функционально панель управления можно разделить на 8 основных зон (Рисунок 6.4):

1. Отображения и визуализации управляющей программы.
2. Управления состоянием шпинделя.
3. Возврата исполнительного органа в исходную точку станка (R).
4. Возврата исполнительного органа в начальную точку детали (W).
5. Кнопки управления ходом обработки.
6. Ручного управления положением исполнительного органа станка.
7. Отображения текущих координат исполнительного органа в машинной или локальной системах координат.
8. Кнопки экстренной остановки.

Зона отображения и визуализации управляющей программы позволяет выполнять загрузку и изменение управляющих программ в систему управления Mach3 при помощи соответствующих кнопок, отображает код программы, визуализацию траектории обработки и текущее положение исполнительного органа станка, а также выводит информацию о габаритах обработки в виде координат X и Y (Рисунок 6.5).

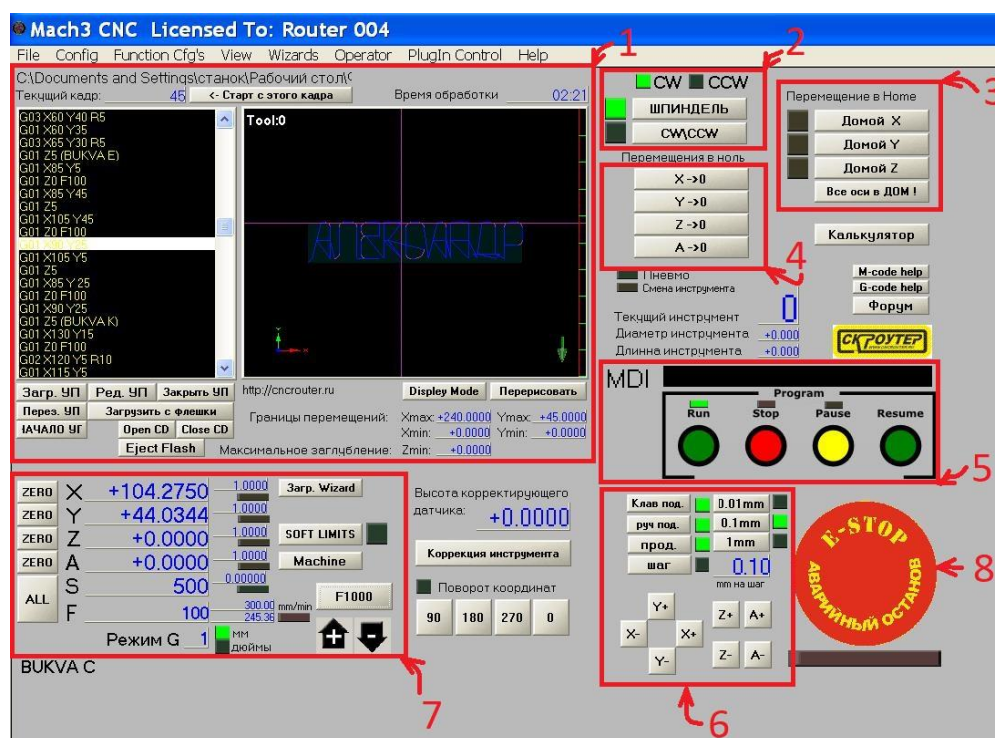


Рисунок 6.4 – Функциональные зоны панели управления Mach3

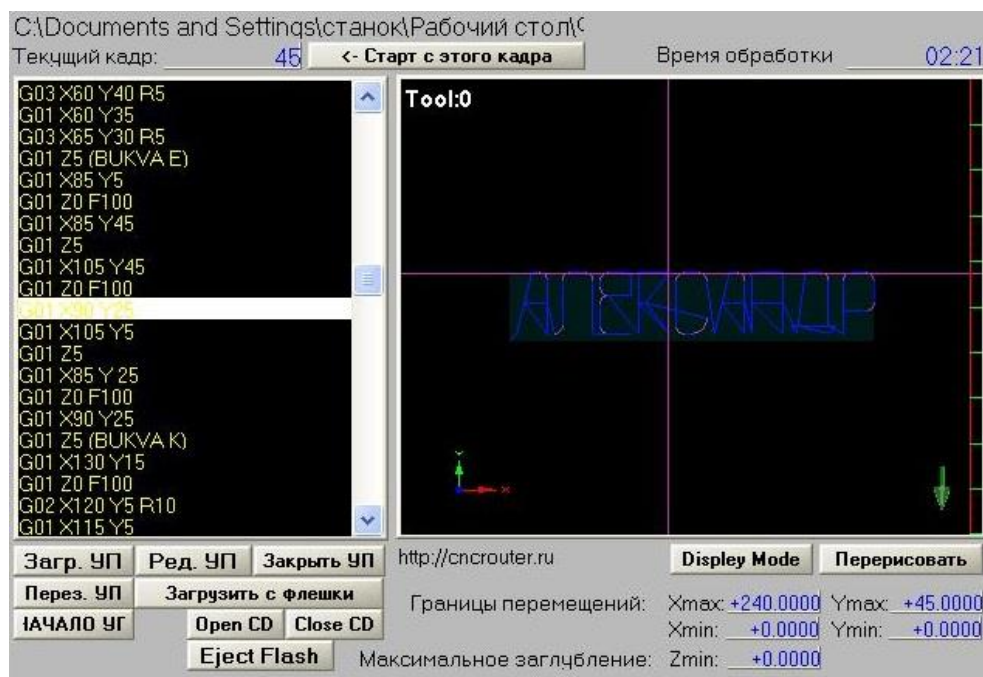


Рисунок 6.5 – Зона отображения и визуализации

Зона управления шпинделем позволяет включать и отключать вращение шпинделя при помощи функции «Шпиндель», а также задавать направление вращения по часовой или против часовой стрелки, при помощи функции «CW/CCW». Кроме того, при помощи индикаторов показывает текущее состояние шпинделя и направления его вращения.

Зона возврата исполнительного органа в исходную точку станка позволяет переместить шпиндель станка в точку R, положение которой определено концевыми выключателями. При этом перемещение возможно как для каждой оси в отдельности при помощи функции «Домой N», где N наименование соответствующей координаты, так и одновременно по всем осям.

Зона возврата исполнительного органа в начальную точку детали позволяет переместить шпиндель в программную точку, заданную в процессе наладки станка по каждой из доступных координат.

Зона управления ходом обработки позволяет производить запуск, приостановку и остановку выполнения управляющей программы.

Зона ручного управления положением исполнительного органа станка позволяет выполнять перемещение шпинделя по каждой из доступных координат с определенным режимом (Рисунок 6.6).



Рисунок 6.6 – Зона ручного управления

Кнопки N- и N+ – обозначают положительные и отрицательные смещения исполнительного органа по N-ной координатной оси. Режим «прод.» включает непрерывное перемещение, выполняемое при зажатии соответствующей кнопки, а режим «шаг» – дискретное перемещение с заданным шагом, размер которого может выбираться или задаваться оператором, и выполняется до выполнения перемещения на заданное расстояние при однократном, кратковременном нажатии кнопки по соответствующей оси.

Ручное управление используется для позиционирования шпинделя и выбора начальной точки детали в процессе наладки станка, а также в случае подвода или отвода инструмента.

Зона отображения текущих координат выводит координаты шпинделя относительно машинного (нулевой точки станка) и программного (нулевой точки детали) нуля, а также частоту вращения шпинделя и подачу (Рисунок 6.7).



Рисунок 6.7 – Зона отображения координат

Помимо отображения координат шпинделя, данная зона служит для установки начальной точки детали, для этого производится ручное позиционирование шпинделя, а далее при помощи кнопок «Zero» устанавливаются координаты нуля по каждой координате. Переключение между машинными и локальными координатами производится при помощи кнопки «Machine».

Общий алгоритм подготовки станка к обработке можно представить в следующем виде:

1. Включение станка.
2. Установка и закрепление приспособление на столе станка и инструмента в шпинделе.
3. Установка и закрепление заготовки в приспособлении.
4. Позиционирование инструмента.
5. Отвод инструмента в исходную точку станка.
6. Загрузка управляющей программы.
7. Обработка.
8. Отвод инструмента в исходную точку станка.

9. Снятие заготовки.
10. Отключение станка

Порядок включения станка СК Роутер 6040S:

1. Включить компьютер.
2. Включить систему управления станком Mach3.

Для этого открыть с рабочего стола приложение Mach3CNC. В появившемся окне выбора профиля активировать профиль 6040S, после чего нажать кнопку «ОК» (Рисунок 6.8). Результатом будет являться открытие системы управления, показанной на рисунке 6.3.

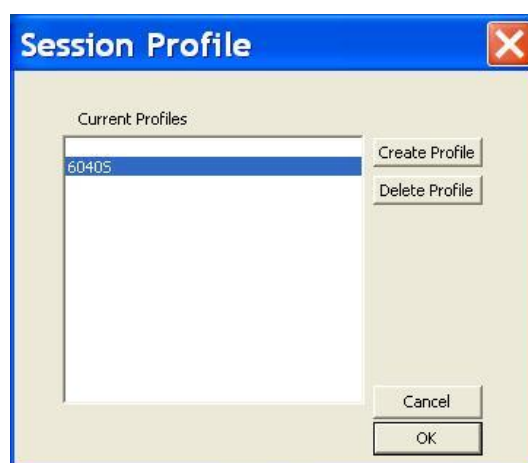


Рисунок 6.8 – Выбор профиля

3. Включить станок СК Роутер 6040S.

Включение станка в иной последовательности может привести к несчастному случаю, так как при выключенной системе управления Mach3 при включении станка автоматически включается и вращение шпинделя.

После включения станка производится установка и закрепление приспособления на столе станка. Для удобства при закреплении приспособления шпиндель отводится в положение исходной точки станка по координатам X и Z при помощи функций «Домой X» и «Домой Z» системы Mach3, а стол станка выдвигается в режиме ручного управления при помощи функции «Y-».

После перемещения элементов станка в удобное для установки приспособления места производится сбор крепежных комплектов, размещение и закрепление приспособления.

В рассматриваемом случае крепежный комплект представляет собой гайку и сухарь, накрученные на шпильку (Рисунок 6.9). Приспособление в виде стола разметочного укладывается на стол станка таким образом, чтобы пазы в приспособлении совпадали с пазами стола станка, после чего в пазы стола вставляются крепежные комплекты и происходит фиксация стола (Рисунок 6.10).



Рисунок 6.9 – Крепежный комплект

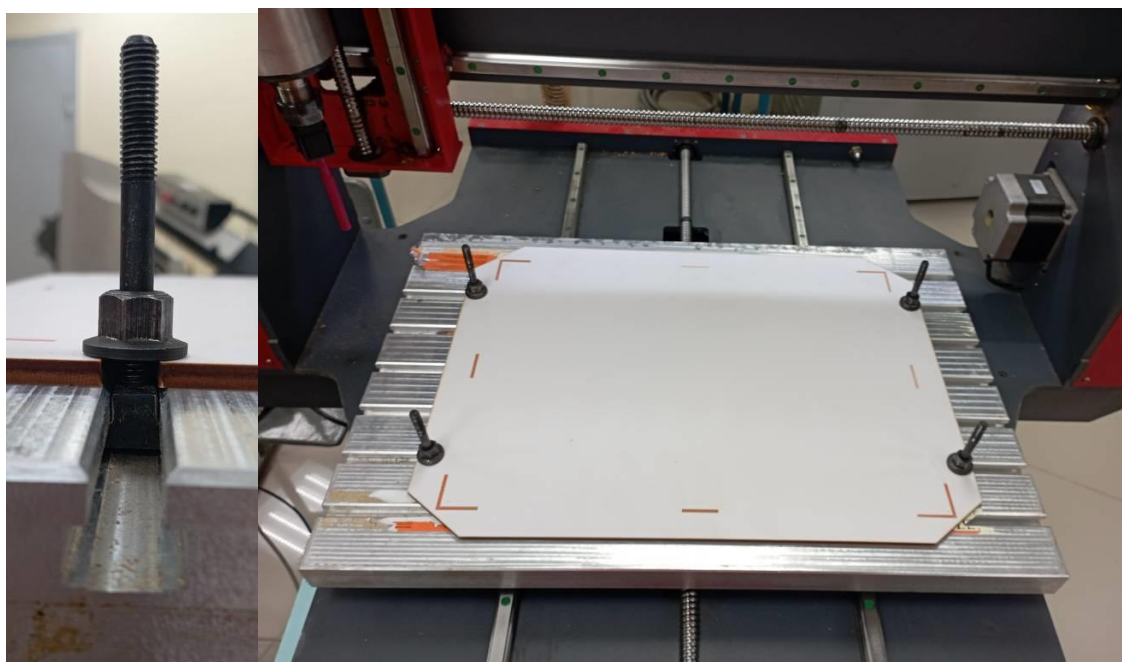


Рисунок 6.10 – Установка приспособления на столе станка

Установка инструмента в шпиндель осуществляется следующим образом: при помощи гаечных ключей на 26 мм и специального со шпинделя снимается гайка, в которую устанавливается цанга ER16 на 12 мм. Далее гайка с цангой накручивается на шпиндель на 2-3 оборота, после чего в отверстие цанги до упора вставляется оправка с установленным в нее маркером и производится окончательное закручивание гайки. Окончательная затяжка гайки производится при помощи гаечных ключей.

Следующим этапом является установка заготовки, которая в данной работе представляет собой лист бумаги формата А3, закрепление заготовки осуществляется при помощи канцелярских кнопок (Рисунок 6.11).

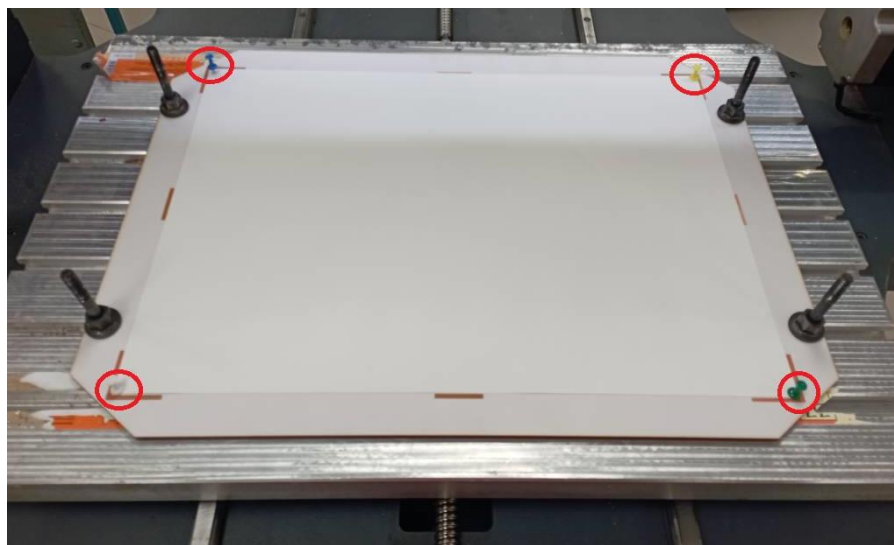


Рисунок 6.11 – Установка заготовки

Позиционирование инструмента относительно заготовки может осуществляться в режиме ручного управления или при помощи специальных датчиков, в рамках лабораторной работы рассмотрен режим ручного позиционирования. Для этого при помощи функций зоны управления положением исполнительного органа станка (Рисунок 6.6) осуществляется подвод маркера к точке начала обработки, сначала по координатам X и Y , после чего по координате Z , пример чего показан на рисунке 6.12.

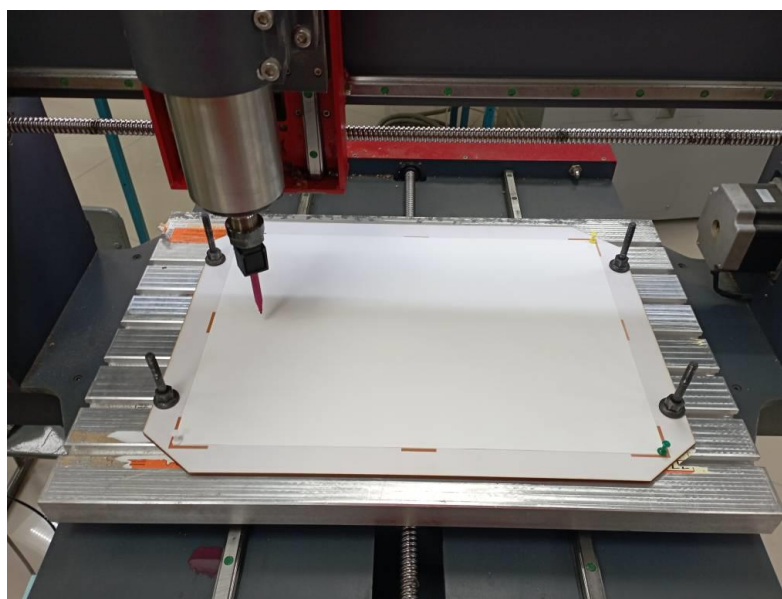


Рисунок 6.12 – Позиционирование инструмента

Позиционирование по оси Z лучше осуществлять в два этапа: непрерывный ручной подвод с сохранением небольшого расстояния между заготовкой и инструментом, после чего переключить управление в режим дискретного перемещение по шагам и довести инструмент до касания. Переключение в дискретный режим осуществляется при помощи кнопки «Шаг» и указания значения шагов, например, 0,1 мм в системе управления Mach3.

По завершению окончательного позиционирования инструмента сбрасываются значения текущих координат при помощи функций «Zero» по каждой из осей. Данное действие позволяет определить нулевую точку детали в рабочей системе координат, после задания которой производится отвод инструмента на безопасное расстояние в ручном режиме.

Для загрузки программы в систему управления необходимо загрузить на компьютер файл с управляющей программой в одном из доступных форматов (txt, nc или tap), после чего при помощи функции «Загр.УП» передать ее в систему управления. Результатом загрузки будет являться появление кода программы и ее визуального изображения, пример чего показан на рисунке 6.5.

Следующим этапом является непосредственно обработка и выполнение программы в систему управления, запуск производится при помощи кнопки «Run».

Для снятия заготовки после обработки необходимо отвести инструмент к исходной точке станка по осям X и Z.

Выключение станка после завершения работы осуществляется в порядке, обратном включению.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Компьютерный класс, оснащенный интерактивным мультимедийным оборудованием (Проекторы Epson EB-436Wi или Epson EB-536Wi), вычислительной техникой с доступом к внутренней информационной сети; глобальной информационной сети; к технологии удаленных рабочих столов VDI.

Лаборатория станков с числовым программным управлением, оснащенная станком СК Роутер 6040S.

Комплект технологической оснастки для лабораторной работы в составе:

1. Стол разметочный специальный – 1 шт.
2. Оправка специальная – 1 шт.
3. Комплект крепежа к столу разметочному (Гайка М6 – 4 шт.; Шпилька М8х75 – 4 шт.; Сухарь М8 – 4 шт.) – 1 шт.
4. Ключ рожковый на 14 мм – 1 шт.
5. Ключ рожковый на 26 мм – 1 шт.
6. Ключ рожковый специальный – 1 шт.
7. Цанга ER16 11-12 мм – 1 шт.

Набор расходных материалов для выполнения работы в составе:

1. Маркер – 1 шт.
2. Кнопки канцелярские – 4 шт.
3. Лист формата А3 – 1 шт.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Студенту при работе на ПК запрещается:

- прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- допускать попадание влаги на поверхность системного блока, монитора, иного оборудования, рабочую поверхность клавиатуры, дисководов, принтеров и других устройств;
- производить самостоятельное вскрытие и ремонт оборудования;
- работать на компьютере при снятых кожухах;
- отключать оборудование от электросети и выдергивать электровилку, держась за шнур.

Студенту при работе с оборудованием запрещается:

- осуществлять эксплуатацию станка, не ознакомившись с документацией станка и СЧПУ;
- эксплуатировать станок без индивидуальных средств защиты;
- прикасаться к электрическим компонентам станка;
- эксплуатировать станок в случае присутствия при работе станка сильного тепла, шума, дыма или вибрации;
- открывать защитные дверцы или кожуха, пока какое-либо из устройств станка находится в движении;
- эксплуатировать оборудование с превышением номинальной мощности.

ЗАДАНИЯ

Произвести наладку станка для выполнения обработки программы, разработанной на лабораторной работе №4.

Произвести обработку в соответствии с программой.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В качестве отчета по лабораторной работе студент предоставляет программу обработки в виде файла с расширением *.txt, а также фото листа с результатом выполнения программы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные функциональные зоны и их назначение в системе управления Mach3.
2. Опишите последовательность включения станка СК Роутер 6040S.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ : учебное пособие для студентов вузов / Ю. А. Бондаренко, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе, М. А. Федоренко. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2020. – 292 с. : ил. – Гриф: Доп. УМО. – ISBN 978-5-94178-141-6; 621.9_Т 38.

2. Ловыгин А.А., Теверовский Л.В. Современный станкок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.: ил. ISBN 978-5-94074-560-0.

7 Лабораторная работа №7 Создание траекторий движения в среде САМ-системы

Цель работы: Изучение методики подготовки управляющих программ для фрезерной обработки в среде САМ-систем.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
Знания алгоритма работы в среде САМ-системы.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
Практического использования специализированного программного обеспечения для автоматизированной подготовки управляющих программ.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: владение практическими навыками использования САМ-систем для подготовки управляющих программ.

Формируемые компетенции: ПК-1, ПК-2

Актуальность темы: обуславливается необходимостью получения практических использования современных специализированных программных продуктов для автоматизации процесса подготовки управляющих программ.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Программирование при помощи САМ-систем является процессом наиболее высокого уровня, за счет возможности автоматизации трудоемких математических расчетов опорных точек траектории, преобразования траекторий движения инструмента в код программы для различных станков с ЧПУ, наличие ассоциативной связи между геометрией детали, созданной в САД-системах, и траекторией движения инструмента, позволяющей при незначительных изменениях геометрии, не затрагивающих топологию 3D-модели, модифицировать управляющую программу.

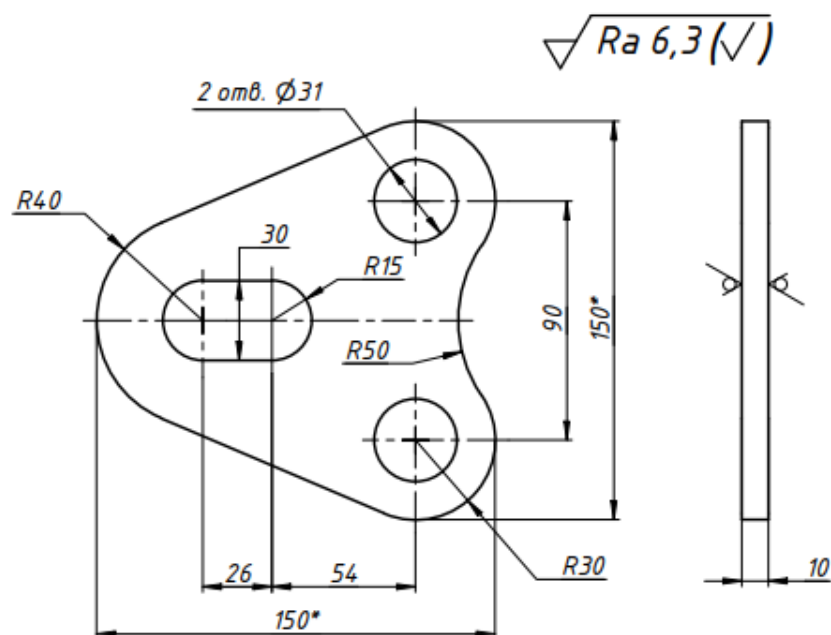
В рамках работы будет рассмотрен алгоритм создания управляющей программы обработки детали в среде InventorCAM на трехосевом фрезерном станке с ЧПУ СК Роутер 6040s.

InventorCAM является САМ-системой, устанавливаемой в виде отдельного модуля к САД-системе Inventor. Она позволяет создавать управляющие программы для фрезерования (2,5; 3 и 5 осевого); токарной обработки; резки деталей из листовых материалов (лазерная, плазменная или гидроабразивная).

Алгоритм создания управляющей программы в данной системе практически идентичен аналогичным системам других разработчиков и сводится к следующим этапам:

1. Подготовка исходных данных.
2. Технологическая проработка.
3. Создание «Настройки» (операции или установа) в САМ-системе.
4. Наполнение установа (операции) стратегиями (переходами).
5. Оценки корректности построения траекторий движения инструмента.
6. Преобразование траекторий движения инструмента в код управляющей программы.

Рассмотрим процесс создания управляющей программы обработки детали «Петля», конструкция и размеры которой показаны на рисунке 7.1.



1. * Размеры для справок.
2. h14; H14; $\pm IT14/2$.

Рисунок 7.1 – Эскиз детали «Петля»

В качестве исходных данных могут выступать различные виды моделей, а также двухмерных чертежей. На сегодняшний день, как правило, на первом этапе создается поверхностная или твердотельная 3D-модель детали. В рассматриваемом случае 3D-модель подготавливается в CAD-системе, внешний вид модели детали «Петля» представлен на рисунке 7.2.



Рисунок 7.2 – Модель детали «Петля»

На следующем этапе производится технологическая проработка обработки, в рамках которой определяется тип заготовки, схема базирования и положение

ние рабочей системы координат, способ закрепления детали на столе станка, маршрут обработки и т.д.

В рассматриваемом случае деталь «Петля» представляет собой плоскую деталь, в которой обработке подлежат 2 отверстия диаметром 31 мм, паз шириной 30 мм и длиной 26 мм, внешние контуры детали. Обработка плоскостей чертежом не предусмотрена. В связи с этим в качестве заготовки может быть принята плита толщиной 10 мм, с превышением размеров контура по 15 мм с каждой стороны. Установка детали на станке будет осуществляться в универсальных тисках, как показано на рисунке 7.3.

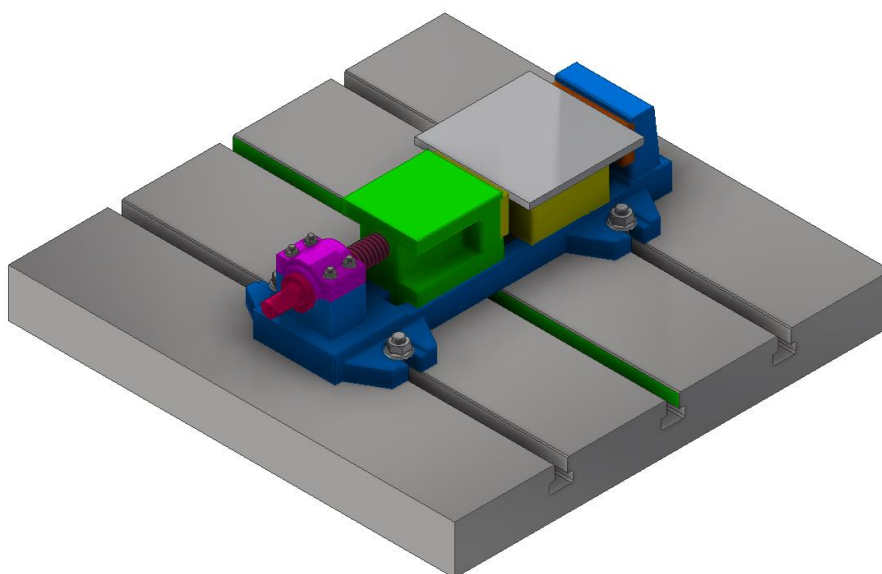


Рисунок 7.3 – Установка заготовки на столе станка

После технологической проработки начинается работа с САМ-системой при помощи одноименной вкладки «САМ» ленты и вкладки «САМ» дерева построения модели (Рисунок 7.4).

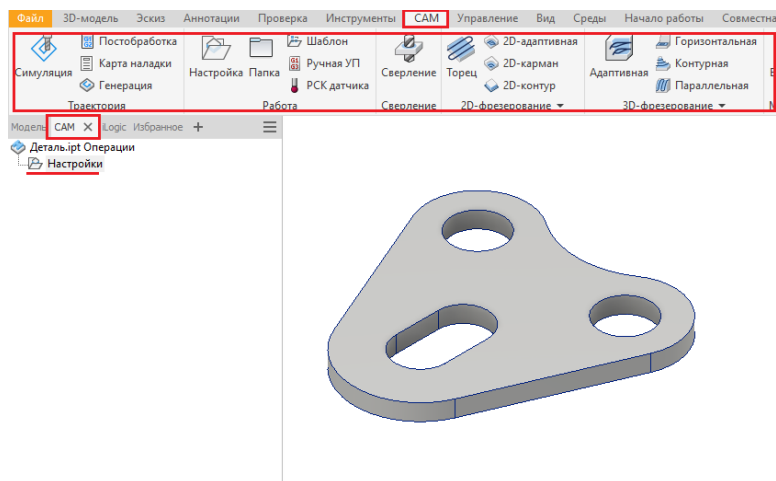


Рисунок 7.4 – Рабочая область модуля САМ-системы

Начальным действием при подготовке управляющей программы является создание «Настройки», которая в зависимости от маршрута обработки детали может представлять собой переход или же операцию. Для создания новой настройки необходимо активировать функцию «Настройка» и произвести определение всех параметров в открывшемся диалоговом окне (Рисунок 7.5).

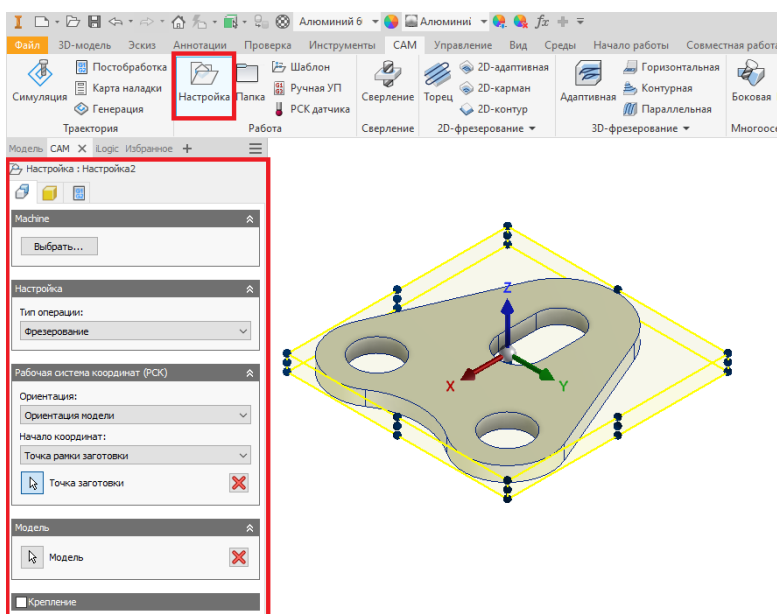


Рисунок 7.5 – Диалоговое окно «Настройка»

Диалоговые окна САМ-системы раскрываются в дереве построения модели и состоят из вкладок, сгруппированных по функциональному признаку. Переключение между вкладками осуществляется в верхней части диалогового окна (Рисунок 7.6).

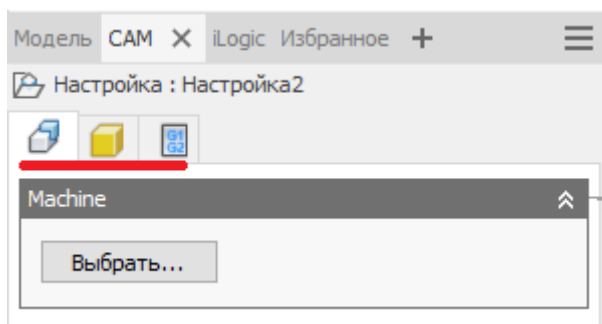


Рисунок 7.6 – Вкладки диалоговых окон

Так окно «Настройка» содержит три вкладки «Настройка»; «Заготовка»; «Постобработка».

Во вкладке «Настройка» задается тип обработки, станок (в случае необходимости); определяется положение рабочей системы координат, выполняется определение обрабатываемой модели (если используется многотельная деталь или сборочная модель), и определяются элементы крепления (те элементы, которые инструмент не должен затрагивать при обработке).

Для рассматриваемой детали необходимость в выборе станка отсутствует, так как имеющегося станка нет в базе, а учет его возможностей и конструкции будет осуществлен при постобработке. Тип обработки – фрезерование. Рабочая система координат (РСК) определена следующим образом: выбран вариант ориентации РСК «Выбор оси Z/Плоскости или оси X». В качестве направления оси Z выбрана плоская грань детали (Рисунок 7.7), при выборе граней детали или рабочих плоскостей ось будет направлена перпендикулярно ей, а положительное направление оси будет совпадать с положительным направлением нормали грани, то есть от тела детали. Для определения направления оси X использована боковая грань паза (Рисунок 7.8).

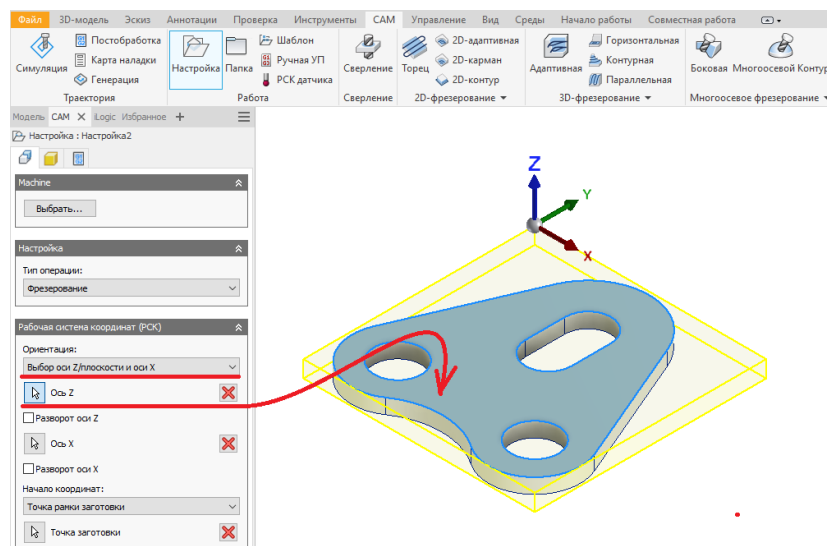


Рисунок 7.7 – Определение направления оси Z

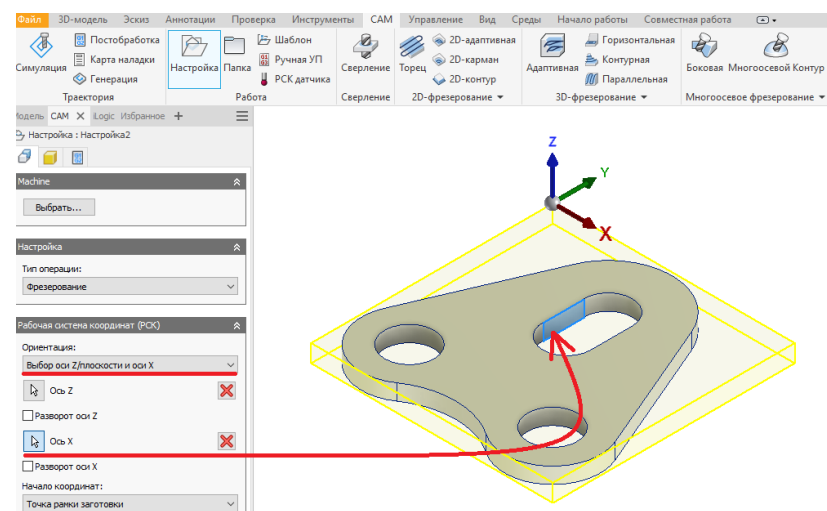


Рисунок 7.8 – Определение направления оси X

В случае невозможности или отсутствия плоских граней в геометрии детали, можно воспользоваться ребрами детали, эскизами и вспомогательной рабочей геометрией, кроме того имеется возможность создания пользовательских систем координат и их использование, что позволяет достаточно гибко реализовать любую рабочую систему координат и определить направления осей в соответствии с схемой базирования детали.

Следующим шагом является настройка положения начальной точки рабочей системы координат. В рассматриваемом случае для ее определения использован вариант «Точка рамки заготовки» и указан угол заготовки на стороне, которая будет соприкасаться с неподвижной губкой тисков (Рисунок 7.9).

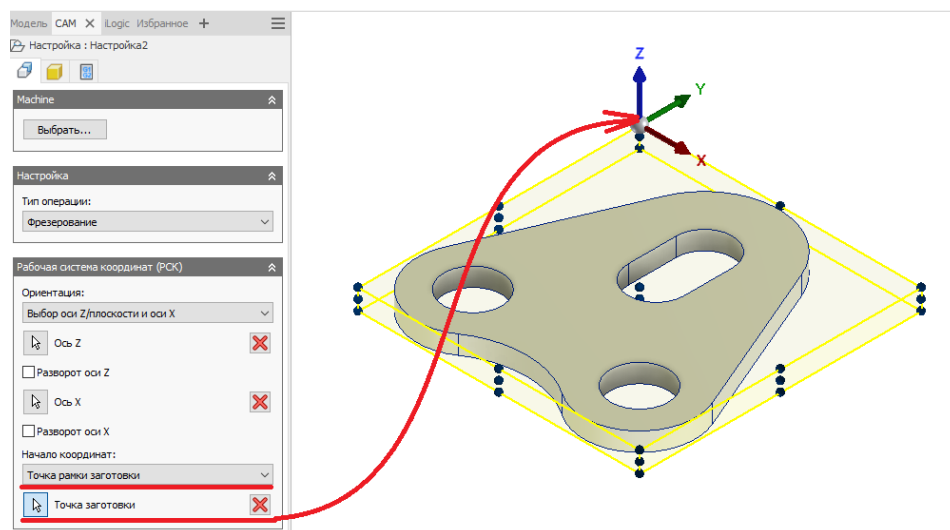


Рисунок 7.9 – Определение положения начала координат

В других случаях в качестве точки начала координат могут использоваться геометрические элементы модели обрабатываемой детали или заготовки, вершины или же характерные точки геометрии, например, центр окружности, точки их рамок или начало координат моделей. Использование элементов геометрии моделей характерно в случае использования в качестве заготовок отливок или штамповок, в случаях, когда точки рамок не совпадают с геометрией.

Определение модели детали и крепления в данном случае не производится, так как обрабатываемая деталь представляет собой модель детали, а не сборочной единицы, а ее геометрия достаточно проста.

Следующим шагом является определение формы и размеров заготовки в одноименной вкладке диалогового окна. САМ-система позволяет задавать 4 типа заготовок, 3 из которых являются стандартными и 1 специальным. К стандартным относятся варианты «Короб», «Цилиндр» и «Труба», к специальным вариант «Из тела» (Рисунок 7.10).

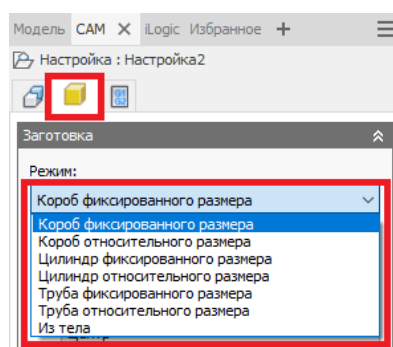


Рисунок 7.10 – Виды заготовок

Стандартные варианты заготовок могут задаваться в абсолютных и относительных размерах и применяются в случае применения в качестве заготовок каких-либо стандартных прокатов (круглый прокат, плиты, листы и т.д.), а также в случае отсутствия необходимости наличия отдельной модели заготовки. Специальный вариант заготовки устанавливается в случае использования в качестве заготовки отливок или штамповок, а их моделирование осуществляется отдельно.

В рассматриваемом случае использован вариант заготовки «Короб с фиксированным размером» в качестве которых заданы размеры по осям XY равные 180 мм, а по оси Z 10 мм. Параметры позиционирования заготовки относительно модели оставлены без изменений (Рисунок 7.11).

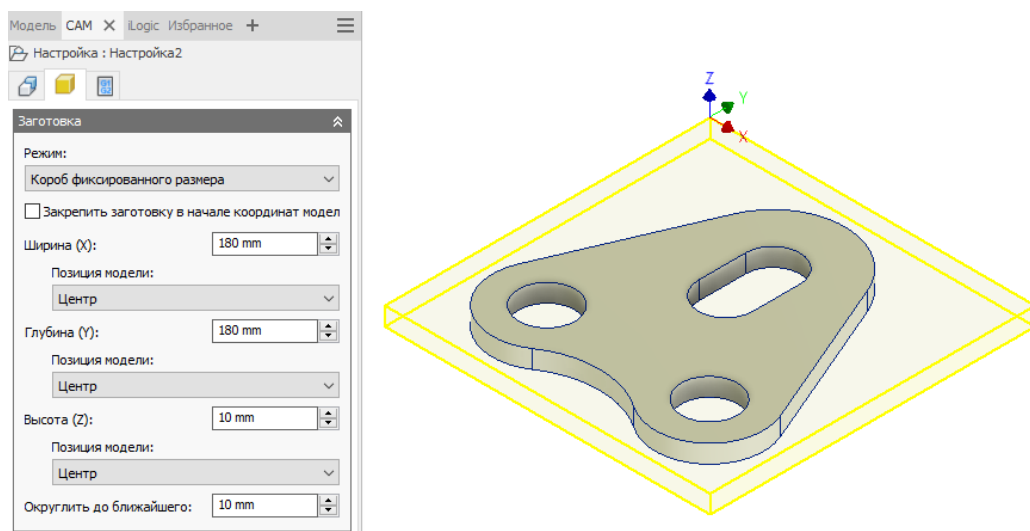


Рисунок 7.11 – Настройка заготовки

Вкладка «Постобработка» позволяет определить номер программы и задать комментарии к ней. В рассматриваемом случае оставлена без изменений.

Создание новой «Настройки» после указанных действий можно считать завершенной. Для прекращения работы в ней и принятия результатов необходимо нажать кнопку «Ок» в нижней части диалогового окна. Результатом создания настройки будет являться появление соответствующего элемента во вкладке «САМ» дерева построения модели (Рисунок 7.11).

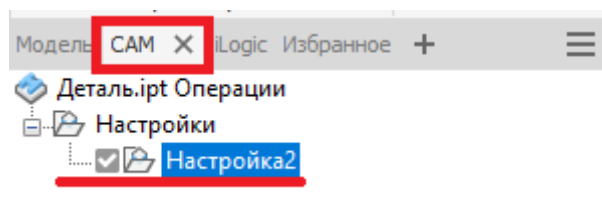


Рисунок 7.12 – Результат создания настройки

Обработка детали может содержать несколько различных настроек, определенных по количеству установов детали в рамках одной или нескольких технологических операций.

На следующем этапе производится наполнение настроек (установов) стратегиями обработки (переходами). Все стратегии обработки собраны в панели «инструменты» вкладки «CAM», по типам обработки, например 2D-фрезерование, 3D-фрезерование, токарная обработки и т.д. (Рисунок 7.13).

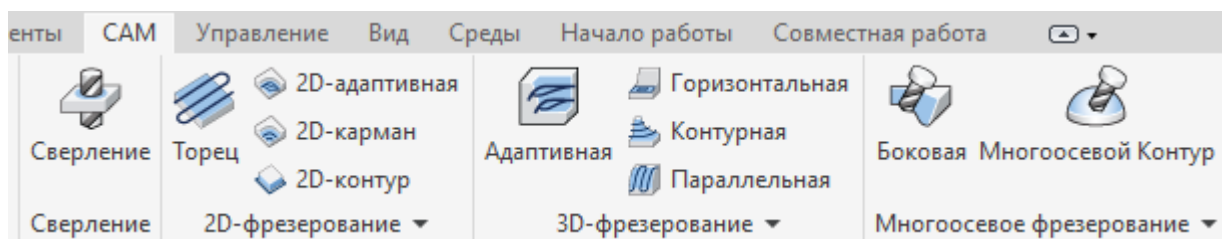


Рисунок 7.13 – Панели инструментов со стратегиями обработки

Добавление стратегии обработки производится активацией соответствующей функции и ее настройкой в диалоговом окне. Определение параметров всех стратегий обработки происходит по одному алгоритму.

Для обработки рассматриваемой детали принята следующая последовательность обработки: обработки паза, обработка отверстий и обработка внешнего контура детали.

Рассмотрим процесс фрезерования паза шириной 30 мм и длиной 26 мм. Для его обработки подойдет стратегия обработки «2D-карман», в результате активации которой перед пользователем откроется окно настройки параметров стратегии (Рисунок 7.14).

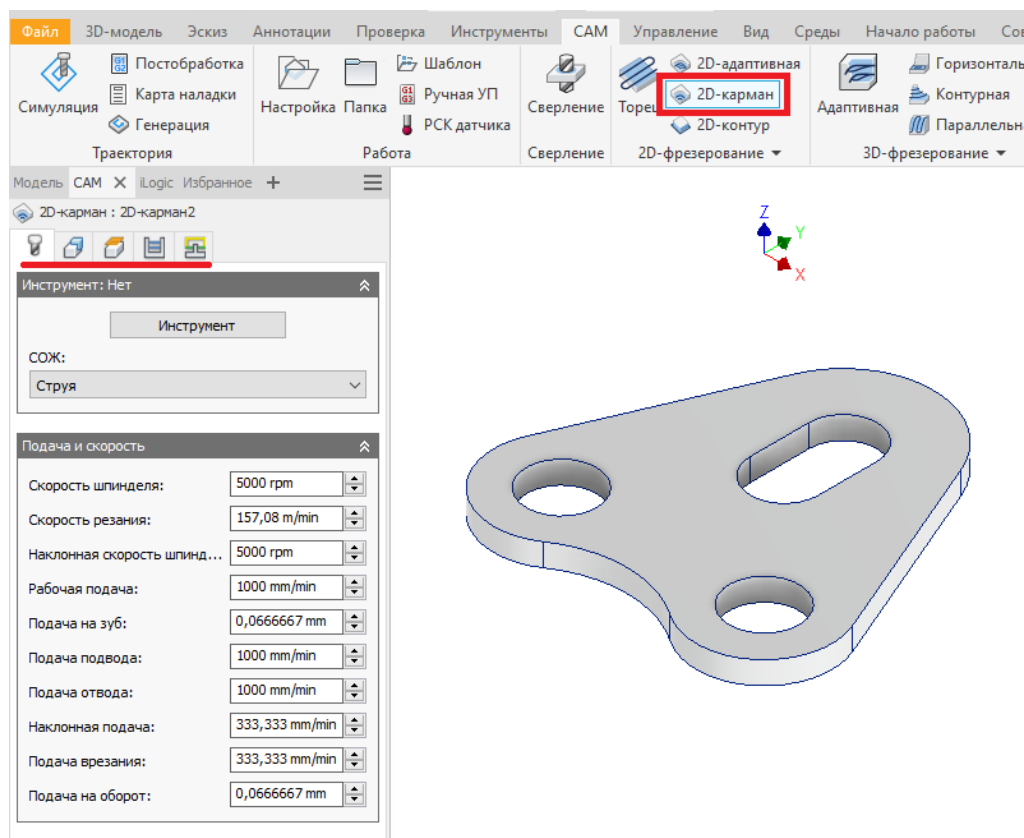


Рисунок 7.14 – Диалоговое окно настройки параметров стратегии

Каждое окно настройки параметров каждой стратегии содержит пять вкладок: «Инструмент», «Геометрия», «Высоты», «Проходы» и «Связки».

Вкладка «Инструмент» позволяет производить выбор режущего инструмента, режима подачи смазочно-охлаждающей жидкости и задавать параметры резания.

Для выбора инструмента необходимо активировать соответствующую функцию и в появившемся окне выбрать требуемый инструмент из библиотеки (Рисунок 7.15). В рассматриваемом случае в качестве режущего инструмента используется концевая фреза с плоским торцом диаметром 8 мм. Для завершения выбора инструмента необходимо нажать кнопку «Выбор» в библиотеке инструментов.

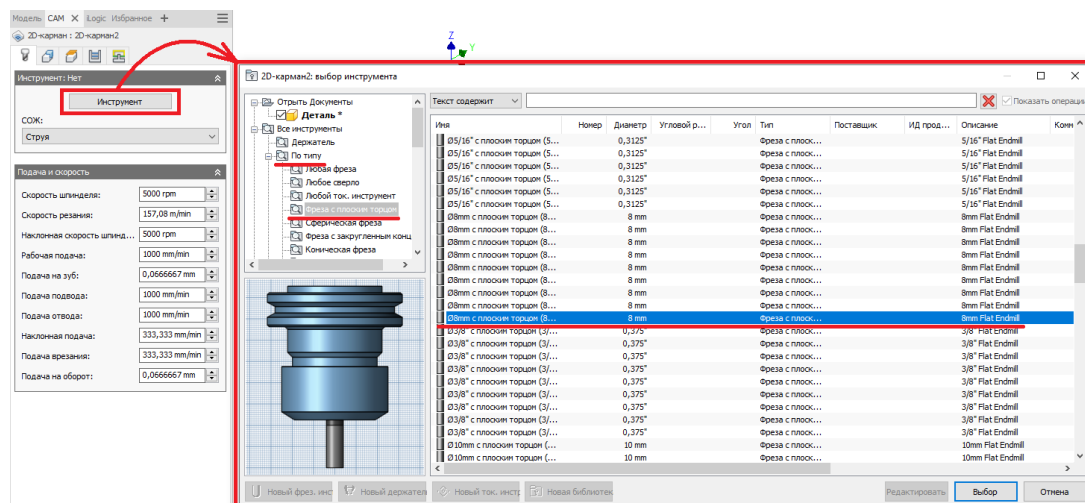


Рисунок 7.15 – Выбор режущего инструмента

Помимо выбора представленных в библиотеке инструментов в системе имеется возможность создания собственных.

Для каждого инструмента библиотеки определены типовые режимы обработки, принимающиеся вместе с инструментом. Режим может быть изменен после выбора инструмента в той же вкладке. Режимы обработки паза и состояние подачи СОЖ при обработке паза представлены на рисунке 7.16.

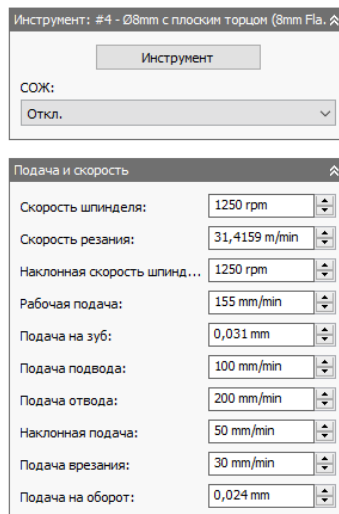


Рисунок 7.16 – Режимы обработки паза

Отсутствие СОЖ связано с отсутствием такой возможности на станке СК Роутер 6040s.

Вкладка «Геометрия» позволяет указать элементы модели, подлежащие обработке при помощи выбранной стратегии, а также определить дополнительные параметры, характерные для каждой отдельной стратегии.

В качестве геометрии могут выбираться не только элементы существующей геометрии модели, такие как ребра или цепочки ребер, грани, но и элементы эскизной геометрии. Так для обработки паза при помощи стратегии «2D-карман» необходимо выбрать одно из ребер контура паза (Рисунок 7.17).

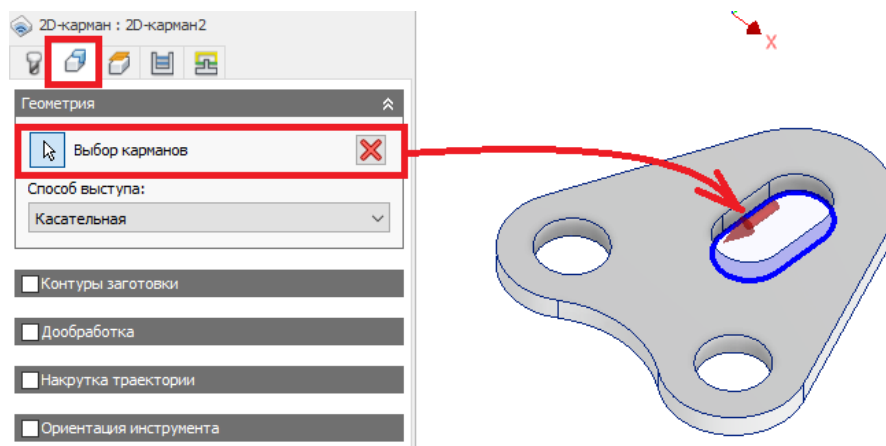


Рисунок 7.17 – Выбор контуров паза

На рисунке 7.17 стрелка рядом с контуром показывает положение и направление движения фрезы относительно выбранной геометрии.

Следующим шагом является определение высот обработки. Под высотами в данной системе понимаются плоскости, в которых происходят определенные действия. При фрезеровании необходимо определить положение 5 плоскостей: «Высота снизу»; «Высота сверху»; «Высота подачи»; «Высота отвода»; «Высота зазора» (Рисунок 7.18).

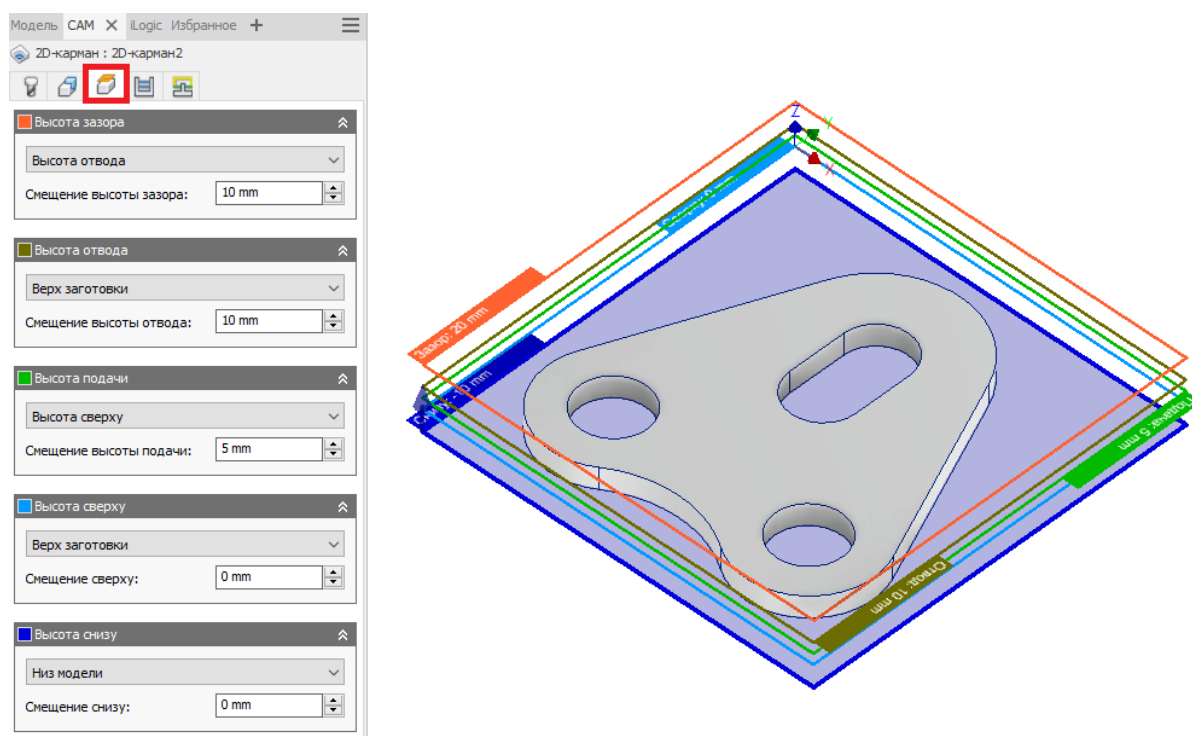
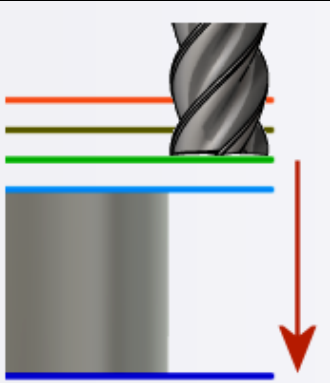
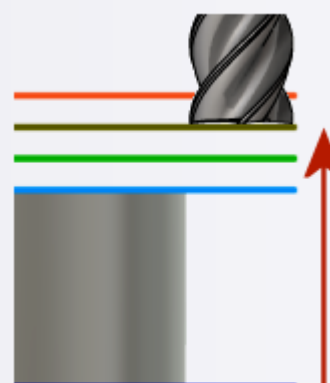
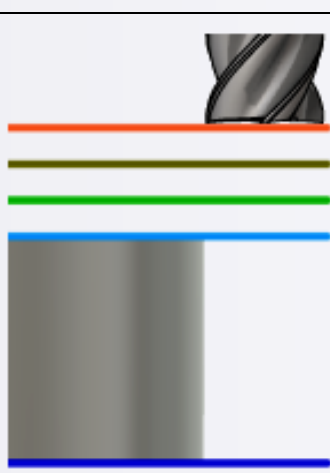


Рисунок 7.18 – Определение высот обработки

Определение плоскостей и иллюстрации положения инструмента представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Определение положения плоскостей

Наименование	Определение	Условие	Иллюстрация
Высота снизу	плоскость, определяющая положение торцевой кромки фрезы по оси Z при завершении обработки	Отсутствует	
Высота сверху	плоскость, определяющая положение торцевой кромки фрезы по оси Z в момент начала обработки.	Должна находиться выше плоскости «Высота снизу».	

Высота подачи	плоскость, определяющая положение торцевой кромки фрезы при переходе с ускоренного перемещения инструмента на рабочую подачу или подачу врезания	Должна находиться выше плоскости «Высота сверху» или на одном уровне с ней.	
Высота отвода	плоскость, определяющая положение торцевой кромки фрезы при подъеме инструмента между проходами	Должна находиться выше плоскости «Высота подачи» или на одном уровне с ней.	
Высота зазора	плоскость, определяющая положение торцевой кромки фрезы перед началом выполнения стратегии обработки	Должна находиться выше плоскости «Высота отвода» или на одном уровне с ней.	

Положение каждой из плоскостей определяется двумя параметрами: привязкой и смещением. Привязка определяет объект, от которого производится отчет смещения, в качестве привязок могут использоваться элементы обрабатываемой детали или заготовки, другие плоскости, выбранная геометрия модели. Смещение определяет расстояние от настраиваемой плоскости до элемента привязки (Рисунок 7.19). Положительное направление смещения совпадает с положительным направлением оси Z рабочей системы координат.



Рисунок 7.19 – Элементы управления высотой

Настройка плоскостей для рассматриваемой стратегии «2D-карман» представлена на рисунке 7.20.

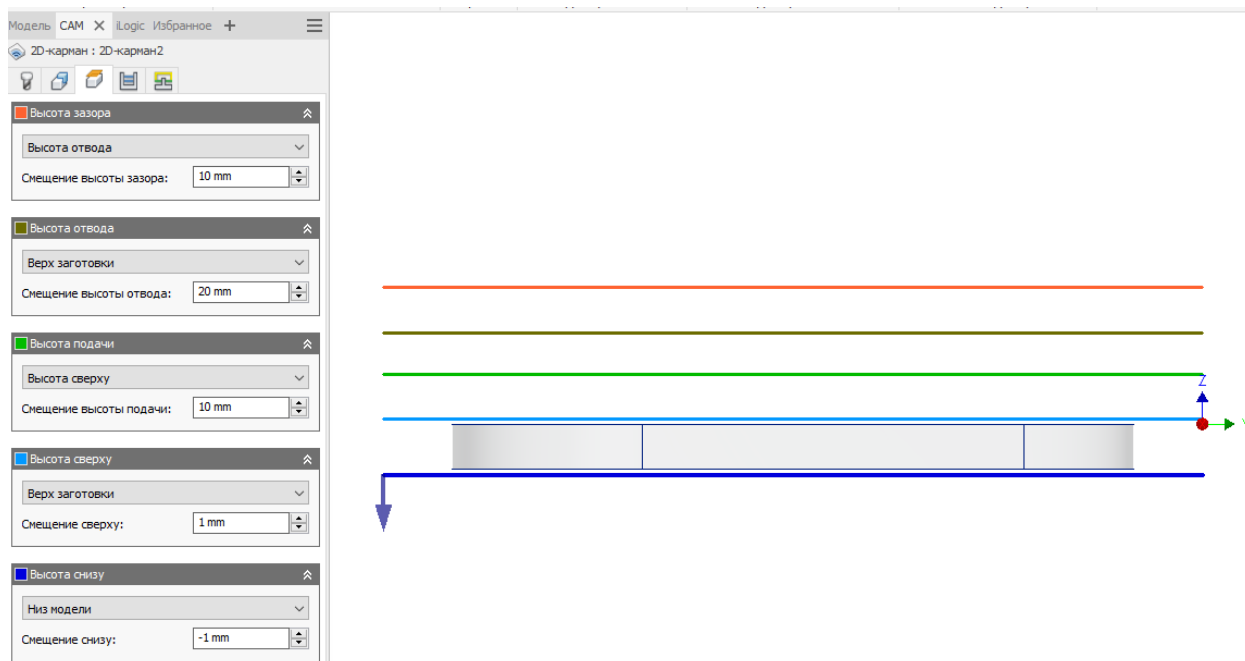


Рисунок 7.20 – Настройка высот для стратегии «2D-карман»

Далее настраиваются параметры обработки, определяющие траекторию движения инструмента в области обработки: к ним относятся: тип фрезерования (встречное или попутное), ширина и глубина фрезерования, наличие или отсутствие припуска для последующих стратегий обработки, и многое другое. Конкретный набор параметров зависит от типа обработки и принятой стратегии.

Так в рассматриваемом случае принято попутное фрезерование в несколько проходов, глубина фрезерования равна 4 мм, а ширина фрезерования 3 мм. С учетом высот плоскостей, представленных на рисунке 7.20, понадобится 4 прохода. Настройка вкладки «Проходы» представлена на рисунке 7.21

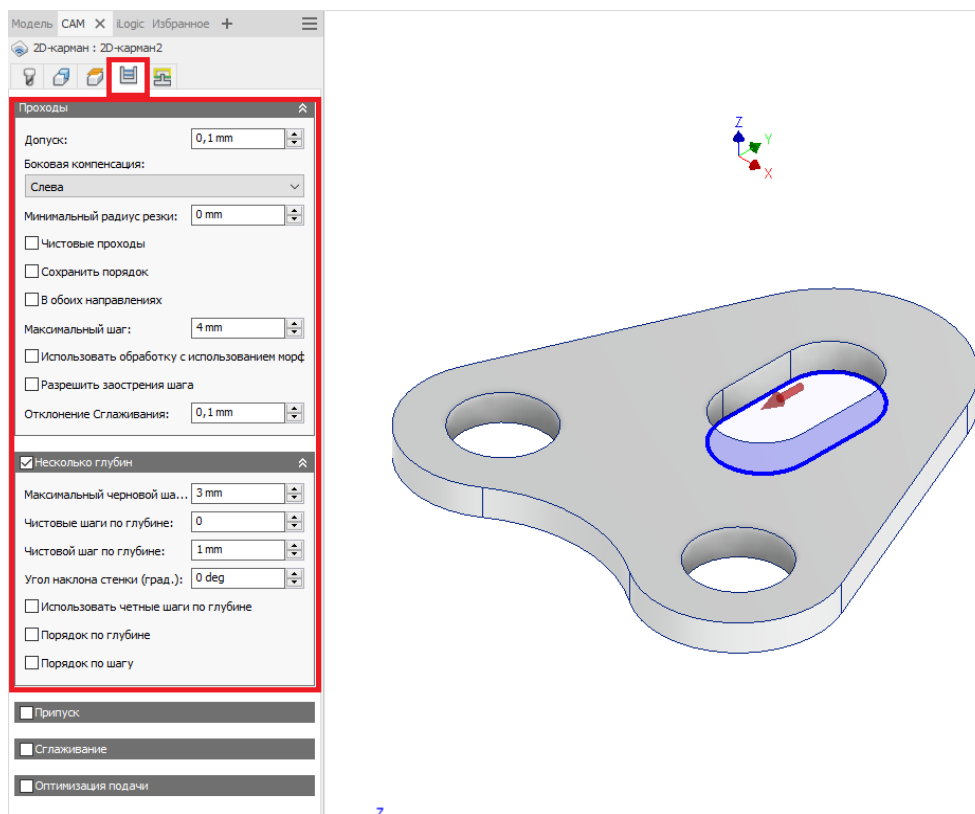


Рисунок 7.21 – Настройка параметров траектории

В последней вкладке стратегии «Связки» производится настройка траектории подвода и отвода инструмента, его движения между проходами, положения и метода врезания. Настройка параметров вкладки для рассматриваемого случая показана на рисунке 7.22.

Завершение настройки параметров стратегии осуществляется нажатием кнопки «Ок» (Рисунок 7.22).

В результате определения параметров стратегии обработки производится генерация траектории перемещения инструмента в рабочей области системы и добавление в дерево построения иконки стратегии и ее составляющих, пример чего представлен на рисунке 7.23.

Добавление и настройка остальных стратегий осуществляется аналогичным образом.

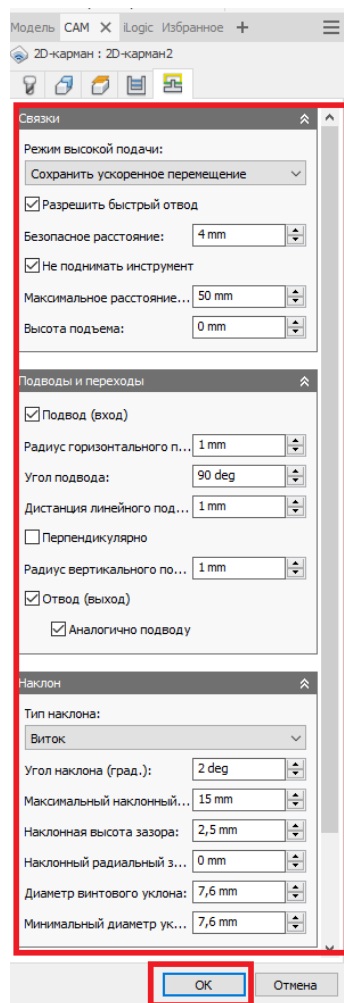


Рисунок 7.22 – Настройка параметров подвода и отвода инструмента

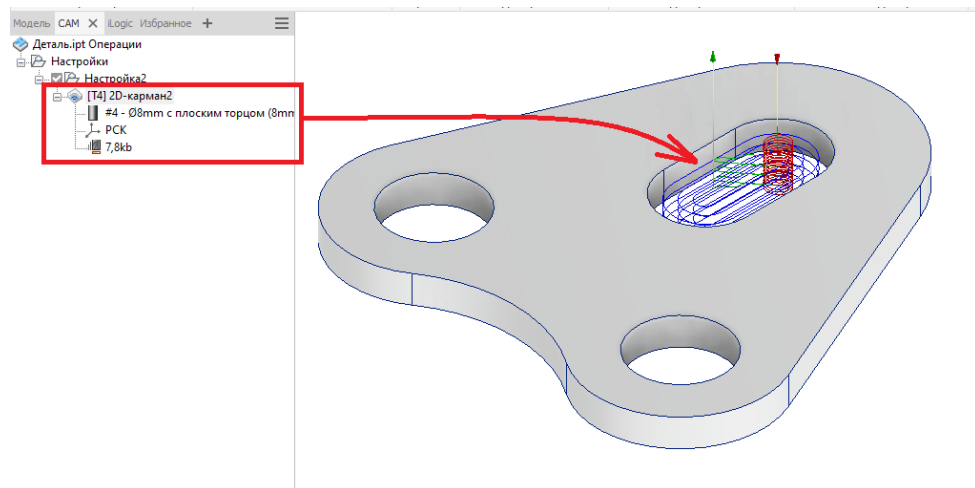


Рисунок 7.23 – Состояние модели после добавления стратегии обработки

В случае, если обрабатываемые элементы детали не имеют принципиальных отличий, возможен вариант создания стратегии обработки методом копирования существующей стратегии с последующей корректировкой обрабатываемых элементов и высот обработки.

Так для обработки 2-х отверстий диаметром 31 мм может подойти имеющаяся стратегия обработки паза, в этом случае будет достаточно изменить обрабатываемые элементы модели.

Для создания дубликата стратегии в рамках имеющейся настройки необходимо выделить ее в дереве построения, вызвать контекстное меню, в котором выбрать пункт «Дублировать» (Рисунок 7.24).

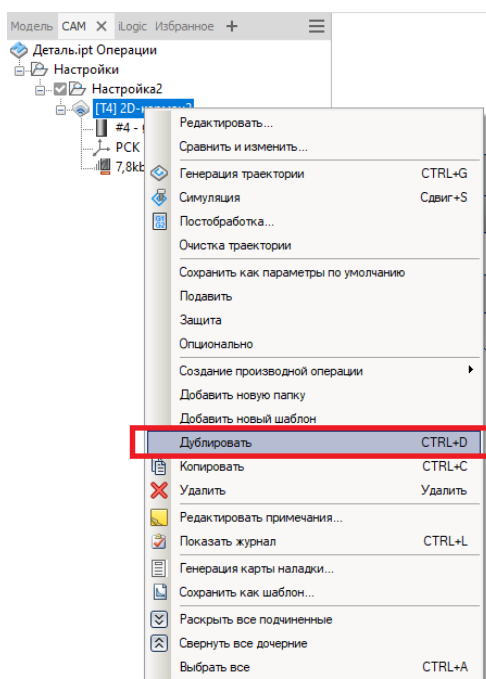


Рисунок 7.24 – Дублирование стратегии обработки

В результате в дереве построения модели появится новая стратегия, содержащая все настройки исходной (Рисунок 7.25).

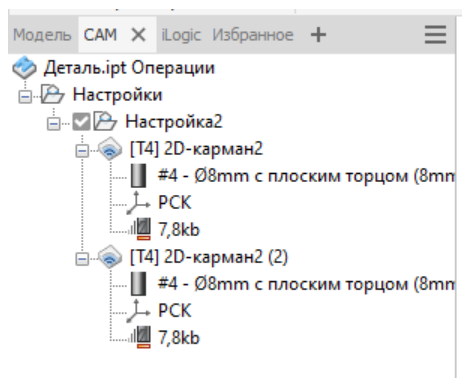


Рисунок 7.25 – Результат дублирования

Открытие и изменение стратегии осуществляется двойным щелчком на ее названии в дереве построения. Так в рассматриваемом случае необходимо, открыв редактирование стратегии обработки, перейти ко вкладке геометрия и

удалить контур обработки при помощи иконки очистки выбора (Рисунок 7.26), после чего выбрать новые элементы (Рисунок 7.27) и завершить редактирования стратегии.

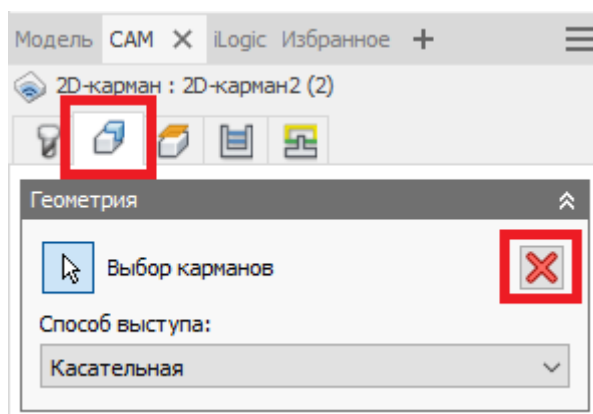


Рисунок 7.26 – Удаление контуров обработки

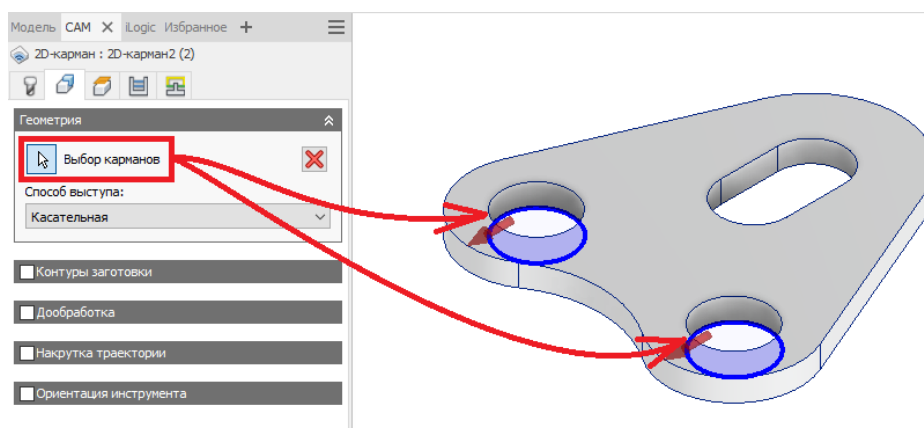


Рисунок 7.27 – Выбор новых элементов

Результатом изменения стратегии будет являться генерация новой траектории движения инструмента в соответствии с выделенными участками, как показано на рисунке 7.28.

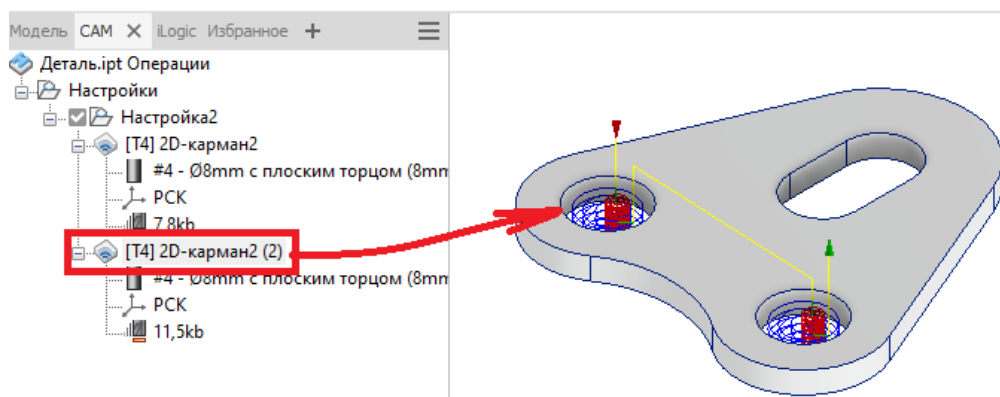


Рисунок 7.28 – Результат изменения траектории

После обработки паза и отверстий выполняется обработка внешнего контура детали, для этого используется стратегия обработки «2D-контур». Инструмент и режимы обработки такие же, что и в предыдущих стратегиях, в качестве геометрии выбран внешний контур детали, а с учетом того, что заготовка зажата в тисках, при определении геометрии добавлены перемычки между остатком материала заготовки и готовой деталью. Пример настройки вкладки «Геометрия» показан на рисунке 7.29.

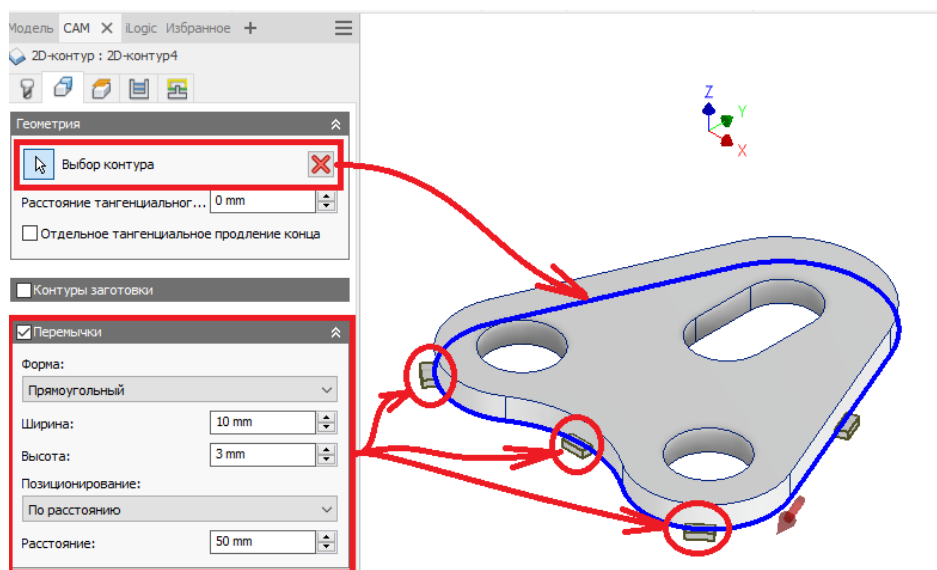


Рисунок 7.29 – Настройка геометрии стратегии «2D-контур»

Настройка плоскостей для рассматриваемой стратегии аналогична стратегии «2D-карман» и представлена на рисунке 7.20. Количество проходов также настроено аналогично предыдущим стратегиям. Настройка вкладки «Связки» для данной стратегии показана на рисунке 7.30.

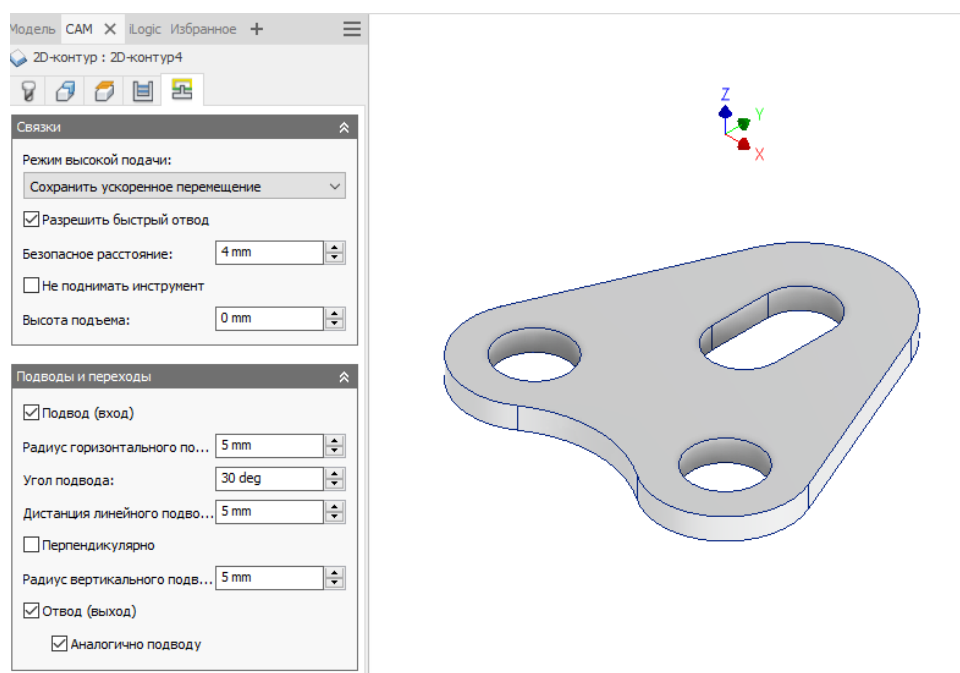


Рисунок 7.30 – Настройка вкладки «Связки» для стратегии 2D-контур

Более подробное описание возможностей системы и настроек всех элементов можно получить, обратившись к справке, в том числе к всплывающим подсказкам.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Компьютерный класс, оснащенный интерактивным мультимедийным оборудованием (Проекторы Epson EB-436Wi или Epson EB-536Wi), вычислительной техникой с доступом к внутренней информационной сети; глобальной информационной сети; к технологии удаленных рабочих столов VDI.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Студенту при работе на ПК запрещается:

- прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- допускать попадание влаги на поверхность системного блока, монитора, иного оборудования, рабочую поверхность клавиатуры, дисководов, принтеров и других устройств;
- производить самостоятельное вскрытие и ремонт оборудования;
- работать на компьютере при снятых кожухах;

- отключать оборудование от электросети и выдергивать электровилку, держа за шнур.

ЗАДАНИЯ

Используя одну из доступных CAD-систем выполнить модель детали в соответствии с вариантом.

Используя САМ-систему выполнить построение управляющей программы. При создании программы использовать в качестве заготовки стандартный прокат в виде листа. Постобработку выполнить для станка с ЧПУ СК Роутер 6040s (Постпроцессор Mach3Mill) или Roland MDX-540 (Постпроцессор RolandISO).

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В качестве отчета по лабораторной работе студент предоставляет файл 3D-модели, содержащий траектории движения инструмента.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите типовой алгоритм создания управляющей программы в среде САМ-системы.
2. Укажите виды заготовок доступных в САМ-системах.
3. Укажите, в каких случаях целесообразно копирование имеющихся переходов, а в каких - создание новых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ : учебное пособие для студентов вузов / Ю. А. Бондаренко, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе, М. А. Федоренко. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2020. – 292 с. : ил. – Гриф: Доп. УМО. – ISBN 978-5-94178-141-6; 621.9_Т 38.
2. Ловыгин А.А., Теверовский Л.В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.: ил. ISBN 978-5-94074-560-0.

8 Лабораторная работа №8 Проверка и подготовка УП 2.5D фрезерной обработки в среде САМ-системы

Цель работы: Изучение методики проверки и подготовки управляющих программ для фрезерной обработки в среде САМ-систем.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
Знания методов проверки и автоматизации получения кода управляющей программы.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
Практического использования специализированного программного обеспечения для автоматизированной подготовки управляющих программ.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: владение практическими навыками использования САМ-систем для подготовки управляющих программ.

Формируемые компетенции: ПК-1, ПК-2

Актуальность темы: обуславливается необходимостью получения практических использования современных специализированных программных продуктов для автоматизации процесса подготовки управляющих программ.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В процессе наполнения «Настройки» стратегиями обработки или после завершения наполнения необходимо провести проверку генерации траекторий на их корректность, а также качество и полноту обработки. Для этого в системе САМ-системах как правило предусмотрено несколько инструментов. Во-первых, визуальное отображение траектории при выделении соответствующей стратегии обработки в дереве построения модели (Рисунок 8.1). Во-вторых, симуляцию обработки детали в твердотельном режиме.

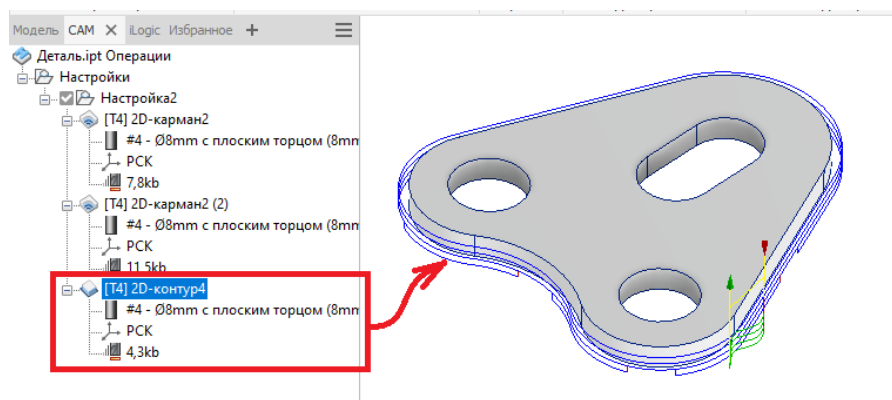


Рисунок 8.1 – Визуальная оценка траектории

Наиболее информативной проверкой является твердотельная симуляция обработки, так как позволяет помимо визуального контроля заготовки проверить отсутствие столкновений инструмента с заготовкой, проконтролировать обработку всех элементов и оставшийся припуск, изучить информацию о времени обработки.

Система позволяет выполнять симуляцию обработки как для отдельных стратегий или настроек, так и для всей детали в целом. Рассмотрим симуляцию обработки всей детали «Петля». Для этого необходимо на начальном этапе выбрать в дереве построения элемент, к которому применяется симуляция, так как вся обработка детали осуществляется за одну «Настройку», то необходимо выбрать либо ее, либо настройку верхнего уровня, как показано на рисунке 8.2.

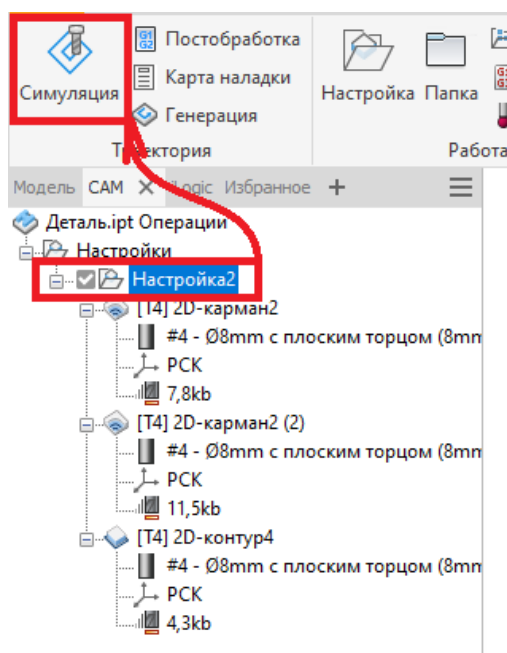


Рисунок 8.2 – Выбор элемента для симуляции

После выбора активируется функция «Симуляция», в результате чего дерево построения и рабочая область модели примет вид, продемонстрированный на рисунке 8.3. В дереве построения детали будет открыто окно с настройками симуляции и возможностью получения справочной информации. В нижней части рабочей области появятся элементы управления симуляцией, под которыми показана шкала прогресса симуляции, разделенная на стратегии. На этой же шкале отображаются столкновения инструмента с заготовкой или приспособлением в случае их возникновения.

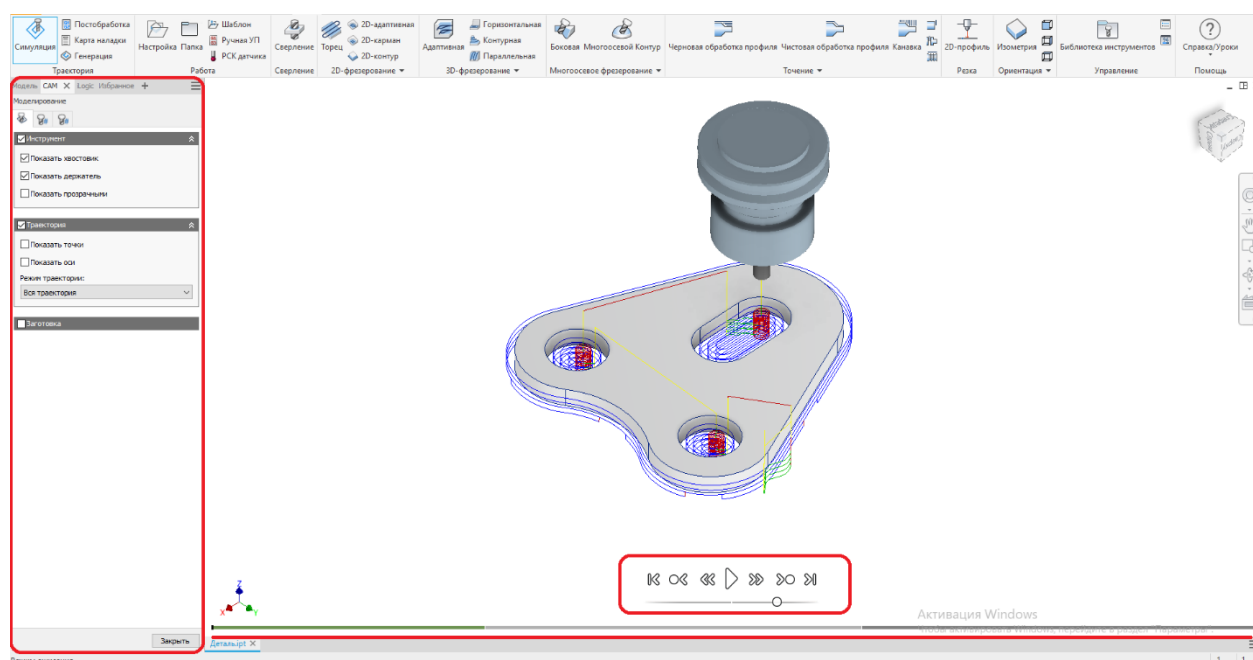


Рисунок 8.3 – Вид программы в процессе симуляции

Для большей информативности при симуляции следует активировать демонстрацию заготовки без дополнительных настроек (Рисунок 8.4).

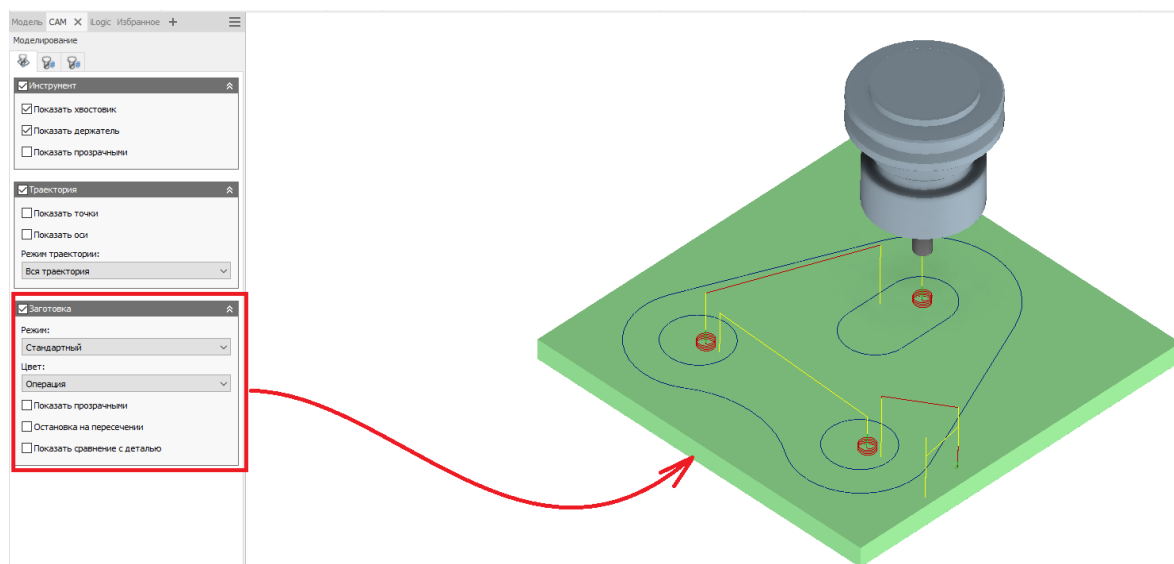


Рисунок 8.4 – Включение демонстрации заготовки

Включение демонстрации заготовки позволит наблюдать процесс снятия материала. Далее при помощи элементов управления производится непосредственный запуск симуляции. Инструменты управления позволяют регулировать скорость симуляции и осуществлять быстрые переходы между стратегиями обработки или узловыми точками траектории.

Кроме наглядного представления процесса обработки функционал системы позволяет произвести сравнение геометрии детали с результатами обработки. Следует заметить, что выполнение данной проверки лучше всего выполнять по завершению симуляции в ее конечной точке, так как операция достаточно требовательна к вычислительным ресурсам. Для проведения анализа необходимо активировать функцию «Показать сравнение с деталью» и настроить ее точность (Рисунок 8.5).

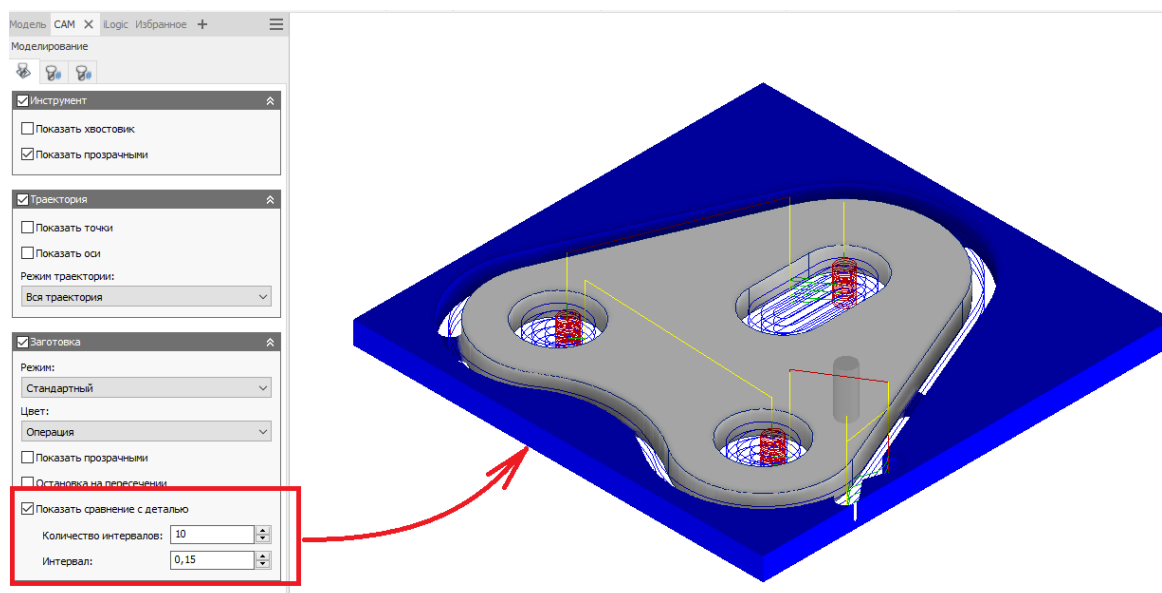


Рисунок 8.5 – Режим сравнения результатов обработки с моделью

Синим цветом обозначен избыточный материал, его насыщенность определяет количество материала. Так анализ обработки детали «Петля» показывает наличие участков не удаленного материала в местах расположения перемычек, как и было определено при настройке стратегии «2D-контур».

В случае удовлетворительных результатов, полученных при симуляции обработки, процесс создания траекторий движения инструмента, можно считать завершенным. Однако данный результат еще не является полноценной управляющей программой, так как не содержит в себе кода программы, информация же о самих траекториях, подаче и скорости вращения инструмента содержится непосредственно в файле 3D-модели.

Преобразование данных, полученных в САМ-системе в управляющий код осуществляется при помощи процедуры постобработки, выполняющей конвертирование траектории под конкретный станок или систему управления.

Процесс постобработки подобно симуляции может проводится для всей «Настройки» (установа) или же отдельных стратегий обработки. Фактическая реализация выбирается пользователем в зависимости от возможностей конкретного станка и его системы управления. Например, в случае отсутствия в станке механизма автоматической смены инструмента следует преобразовывать отдельные стратегии.

В рассматриваемой детали на протяжении всей обработки используется один инструмент, в связи с чем постобработка может быть выполнена для всей настройки.

Для выполнения постобработки необходимо выбрать в дереве построения требуемый элемент, после чего активировать одноименную функцию и выполнить настройку в появившемся окне, пример которого показан на рисунке 8.6. В данном окне в зоне «Конфигурация постпроцессора» производится выбор конкретного постпроцессора, для чего предусмотрены различные фильтры и инструменты поиска, после чего настраиваются доступные в постпроцессоре параметры конвертирования.

Используемый в работе станок СК Роутер 6040s оснащен системой числового программного управления Mach3Mil, в соответствии с чем выбирается одноименный постпроцессор, после выбора постпроцессора определяется папка сохранения файла программы, а также формат файла программы (если опция доступна). Задается имя программы и, если необходимо, комментарии к ней.

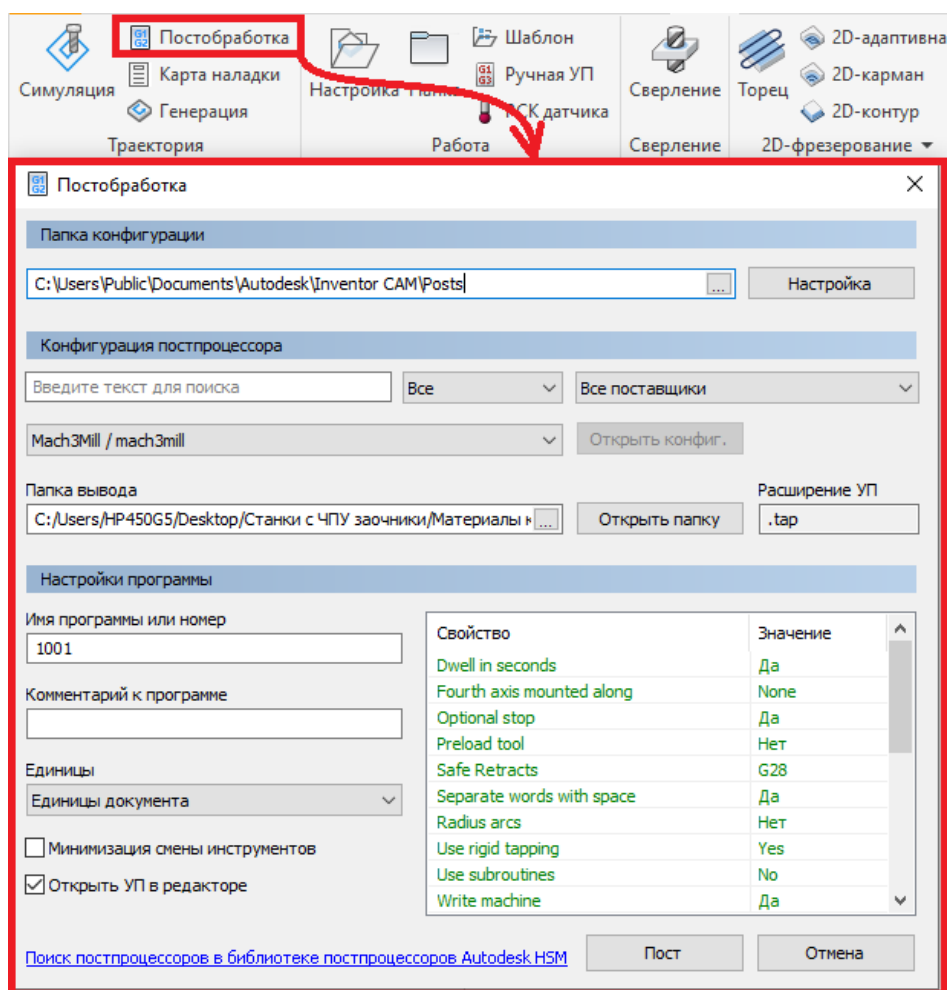


Рисунок 8.6 – Окно «Постобработка»

Непосредственное конвертирование осуществляется при помощи кнопки «Пост», в результате нажатия которой перед пользователем появляется окно сохранения файлы программы, а после него открывается специализированный редактор HSMEditor.

В случае отсутствия необходимого постпроцессора в списке доступных необходимо активировать гиперссылку, расположенную в нижней части окна, и проверить наличие нужного постпроцессора в онлайн библиотеке Autodesk HSM.

В рамках редактора производится оценка качества преобразования и визуальный контроль траекторий перемещения, представленных в виде g-кода.

Так для анализа качества преобразования в редакторе предусмотрена возможность отрисовки траектории движения инструмента. Для вывода этой информации на экран необходимо в редакторе открыть вкладку «Backplot» и

активировать функцию «Backplot Window». Результатом этого будет являться состояние редактора, показанное на рисунке 8.7.

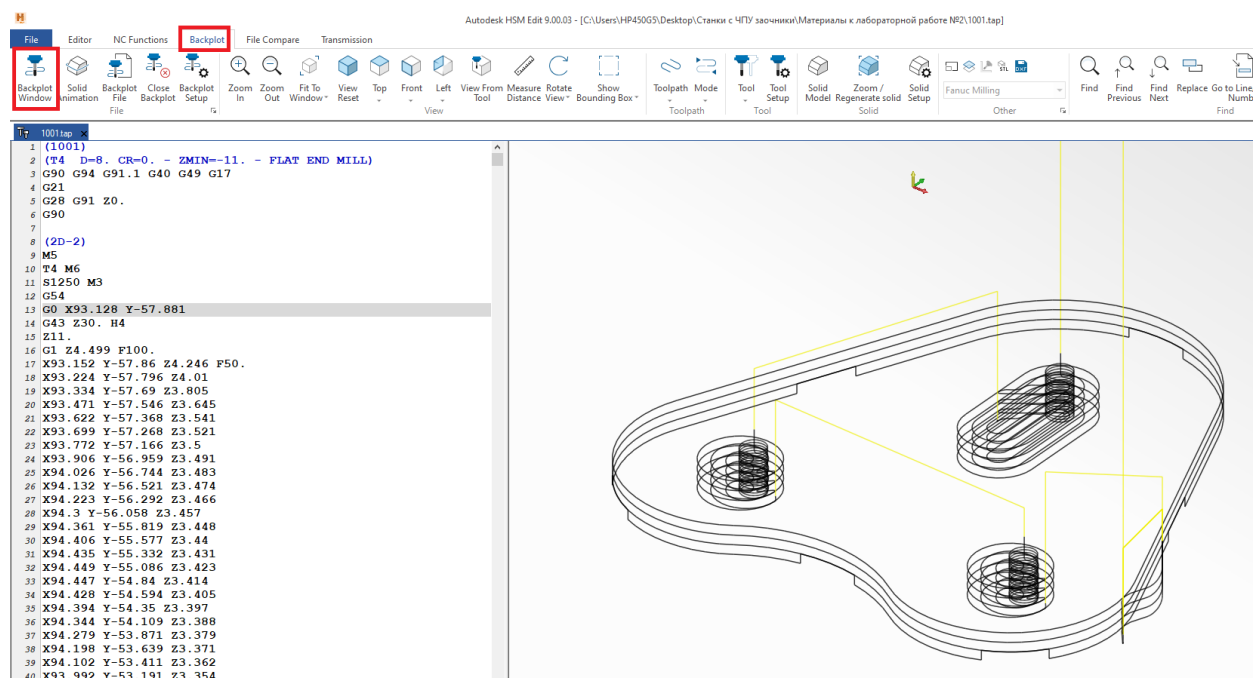


Рисунок 8.7 – Проведение проверки траектории в редакторе

В случае корректного построения траекторий в g-коде процесс создания управляющей программы можно считать завершенным и передавать файл программы для исполнения на станке с ЧПУ.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Компьютерный класс, оснащенный интерактивным мультимедийным оборудованием (Проекторы Epson EB-436Wi или Epson EB-536Wi), вычислительной техникой с доступом к внутренней информационной сети; глобальной информационной сети; к технологии удаленных рабочих столов VDI.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Студенту при работе на ПК запрещается:

- прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- допускать попадание влаги на поверхность системного блока, монитора, иного оборудования, рабочую поверхность клавиатуры, дисководов, принтеров и других устройств;

- производить самостоятельное вскрытие и ремонт оборудования;
- работать на компьютере при снятых кожухах;
- отключать оборудование от электросети и выдергивать электровилку, держа за шнур.

ЗАДАНИЯ

Используя САМ-систему выполнить построение управляющей программы. При создании программы использовать в качестве заготовки стандартный прокат в виде листа. Постобработку выполнить для станка с ЧПУ СК Роутер 6040s (Постпроцессор Mach3Mill) или Roland MDX-540 (Постпроцессор RolandISO).

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В качестве отчета по лабораторной работе студент предоставляет файл или файлы управляющих программ для исполнения на станке с ЧПУ.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для каких целей используется процедура твердотельной симуляции обработки.
2. Какими возможностями должны обладать САМ-системы при симуляции обработки детали.
3. Что такое постпроцессор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ : учебное пособие для студентов вузов / Ю. А. Бондаренко, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе, М. А. Федоренко. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2020. – 292 с. : ил. – Гриф: Доп. УМО. – ISBN 978-5-94178-141-6; 621.9_Т 38.
2. Ловыгин А.А., Теверовский Л.В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.: ил. ISBN 978-5-94074-560-0.

9 Лабораторная работа №9 Создание 3D-модели заготовки детали

Цель работы: Изучение методики построения ассоциативных заготовок деталей для использования в среде САМ-системы.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: Знания алгоритма подготовки геометрической информации при использовании литых и штампованных заготовок деталей в процессе подготовки управляющих программ.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: Умение применять алгоритмы прямого моделирования при построении 3D-моделей заготовок.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: владение практическими навыками использования 3D-моделей заготовок при создании управляющих программ.

Формируемые компетенции: ПК-1, ПК-2

Актуальность темы: обуславливается необходимостью получения практических навыков построения и дальнейшего использования 3D-моделей заготовок в процессе подготовки управляющих программ в среде САМ-систем.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время в машиностроении основными видами заготовок для деталей являются отливки и штамповки из черных и цветных металлов и сплавов, а также различные профили проката.

Основным показателем, характеризующим экономическую целесообразность использования того или иного метода получения заготовок, является коэффициент использования материала (КИМ), выражающий отношение массы

детали к массе заготовки. Коэффициент использования материала в единичном производстве не должен быть ниже 0.6, а при серийном и массовом типах производства должен составлять не менее 0.7 – 0.8.

Обработка на станках с числовым программным управлением не является исключением и требует построения технологического процесса с учетом необходимости использования рациональных типов заготовок.

При этом на современном этапе развития информационных технологий написание управляющих программ, как правило, осуществляется при помощи САМ-систем, использующих в качестве исходных данных геометрию 3D-модели деталей. Однако несмотря на использование геометрии 3D-модели деталей необходимо использовать еще и 3D-модели заготовок, которые позволяют проверить написанную программу на предмет коллизий, точно рассчитать коэффициент использования материала, время обработки, ее экономическую эффективность и многие другие параметры.

Анализ будет производиться на примере детали «Кронштейн», модель которой представлена на рисунке 9.1, а чертеж на рисунке 9.2.

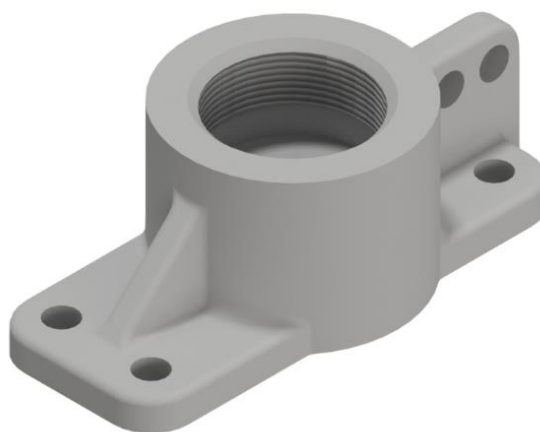


Рисунок 9.1 – Модель детали «Кронштейн»

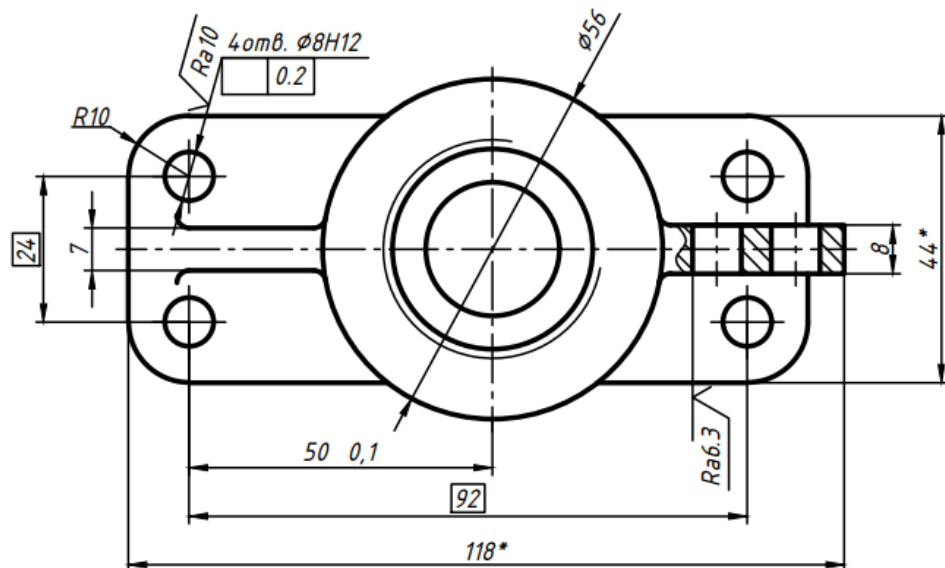
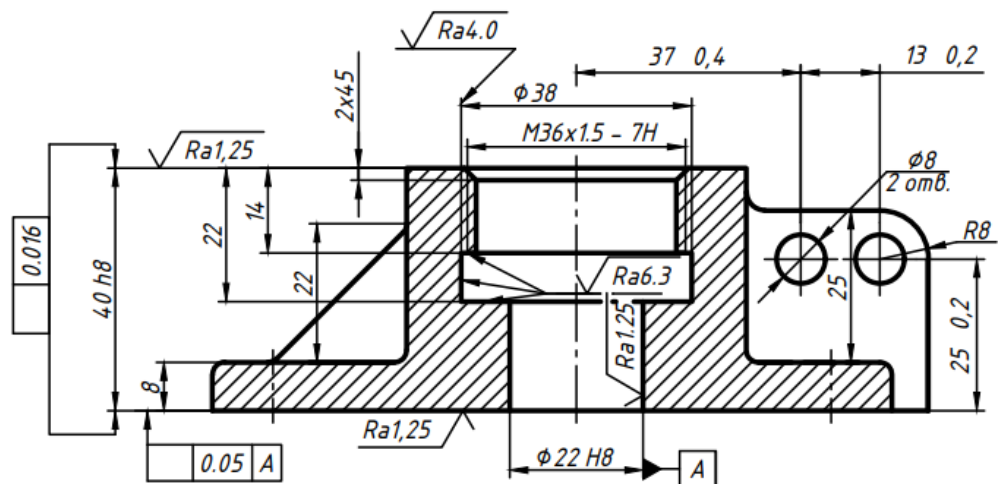


Рисунок 9.2 – Чертеж детали «Кронштейн»

Выбор заготовки производится на начальном этапе создания управляющей программы при создании новой настройки (операции, установка) с помощью команды «Настройка» (Рисунок 9.3), что характерно для большинства САМ-систем.

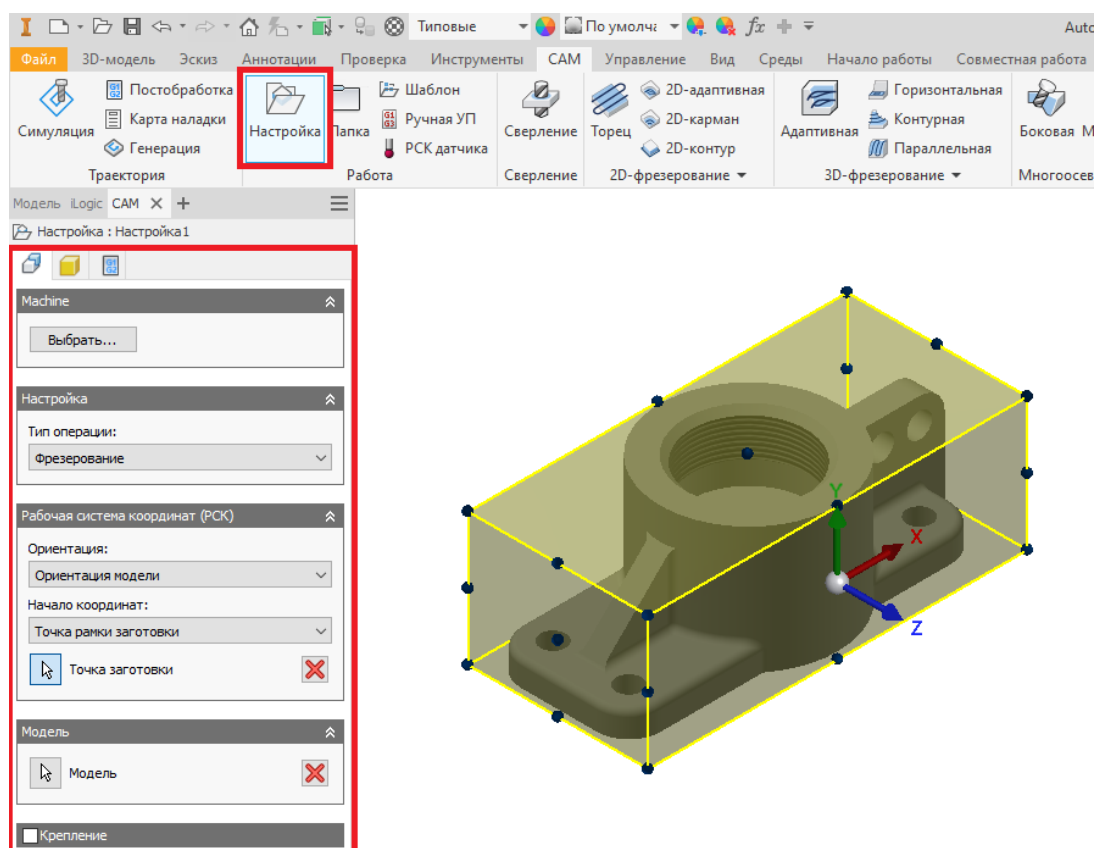


Рисунок 9.3 – Создание новой настройки (установки) детали

Под настройкой (установкой) в системе понимается определение ряда параметров обработки в различных вкладках диалогового окна.

В качестве заготовки для обрабатываемой детали САМ-система позволяет использовать один из четырех режимов, пример переключения режимов показан на рисунке 9.4.

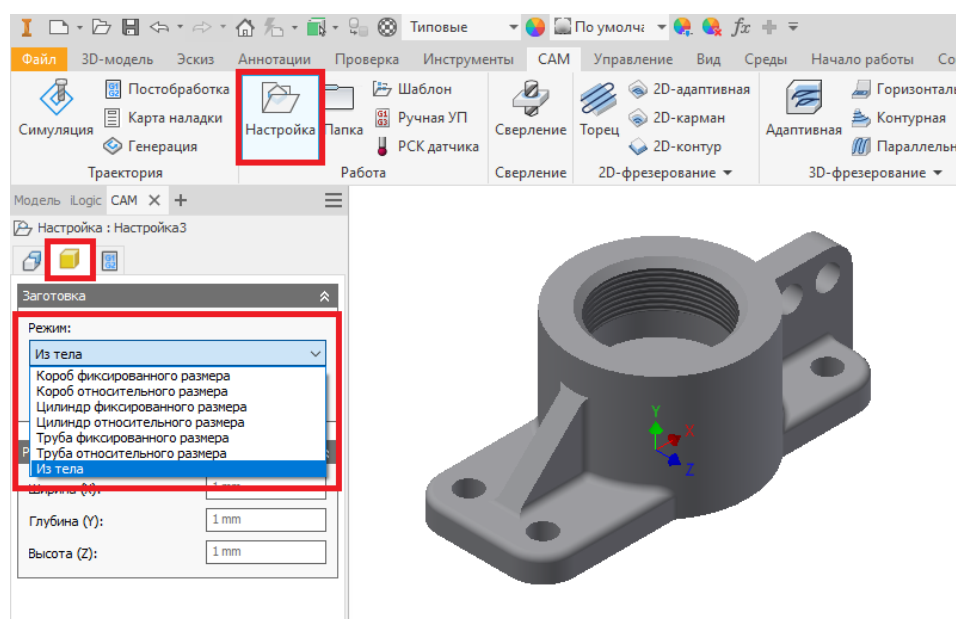


Рисунок 9.4 – Переключение режима заготовки

Три режима позволяют использовать в качестве заготовок элементарные геометрические тела в виде прямоугольного параллелепипеда, цилиндра и трубы, каждое из указанных геометрических тел может быть задано при помощи абсолютных или относительных размеров, и сориентировано определенным образом относительно модели.

Применение описанных режимов эффективно в случае единичного типа производства при незначительной программе выпуска, а также в случае использования круглого и квадратного проката в качестве заготовок при серийном и массовом производстве.

Последним режимом является вариант «Из тела», который позволяет указывать в качестве заготовки либо одно из тел многотельной детали, либо отдельная деталь в сборочной единице. Данный режим представляет наибольший интерес, так как наиболее распространенными видами заготовок в машиностроении являются отливки и поковки, а также фасонный прокат. Однако, использование данного режима выбора заготовки создает некоторые трудности, заключающиеся в необходимости дополнительного моделирования заготовки и ее позиционирования при помощи стандартных инструментов системы Inventor. При этом заготовка должна быть ассоциативно связана с исходной моделью, с целью учета возможных изменений геометрии, вызванных итерационным характером процесса проектирования.

Как уже указывалось выше, для использования режима создания заготовки «Из тела» необходимо ее построить либо в рамках модели обрабатываемой детали, либо в виде отдельной детали, после чего выполнить создание сборочной модели с позиционированием заготовки относительно обрабатываемой детали.

Одним из возможных решений указанной задачи является моделирование заготовки в виде отдельной детали, что позволит достичь ряда преимуществ: возможности одновременного существования актуальных чертежей обрабатываемой детали и заготовки за счет использования в качестве источника данных различных моделей; упрощения процесса создания чертежей заготовок за счет

создания использования в качестве источника данных сборочной модели, в которой будет совмещена модель детали и модель заготовки.

Реализация модели заготовки может быть осуществлена при помощи технологии производных компонентов, которая позволяет использовать в качестве исходных данных геометрию обрабатываемой детали и производить ее копирование в модель заготовки с организацией ассоциативной связи.

В общем случае построение моделей заготовок при помощи технологии производных компонентов сводится к выполнению следующей последовательности действий:

1. Создание модели детали на основе одного из шаблонов.
2. Создание ссылки в созданной модели на обрабатываемую деталь с указанием конкретного твердого тела, подлежащего переработке.
3. Определение вырождаемых конструктивных элементов обрабатываемой детали, подлежащих удалению в рамках заготовки.
4. Расчет припусков на обработку по одной из известных методик.
5. Моделирование участков с припусками на ссылочной геометрии.

Создание модели заготовки осуществляется при помощи стандартных инструментов на основе одного из используемых шаблонов. Затем в созданную модель вставляется ссылочная геометрия.

Для вставки по вкладке «Управление» активируется функция «Производный компонент», в появившемся окне указывается файл модели, из которой производится заимствование геометрии. После определения файла производится открытие окна с настройками производной детали, пример которого показан на рисунке 9.5.

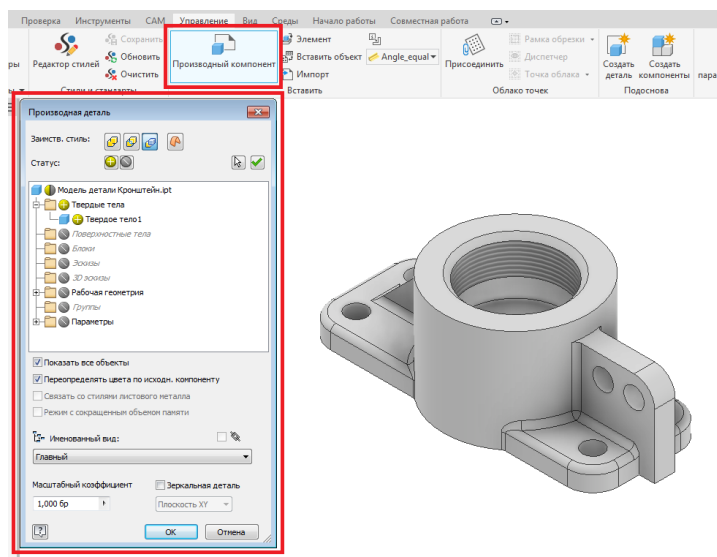


Рисунок 9.5 – Окно настроек производной детали

Заимствование геометрии может производиться как с отдельной детали, так и со сборочной модели, в связи с чем у пользователя имеется возможность определить стиль заимствования в виде создания ссылок на каждое тело или деталь в отдельности, либо только на внешний контур без учета внутренней структуры.

Кроме того, при настройке ссылочной геометрии пользователь может определять заимствуемые объекты в виде твердых тел, поверхностной геометрии, блоков, эскизов всех видов, а также подключать отдельные параметры исходной модели.

После завершения настройки выбранная геометрия исходной детали создается в модели заготовки, о чем свидетельствует появление соответствующего элемента в дереве построения (Рисунок 9.6).

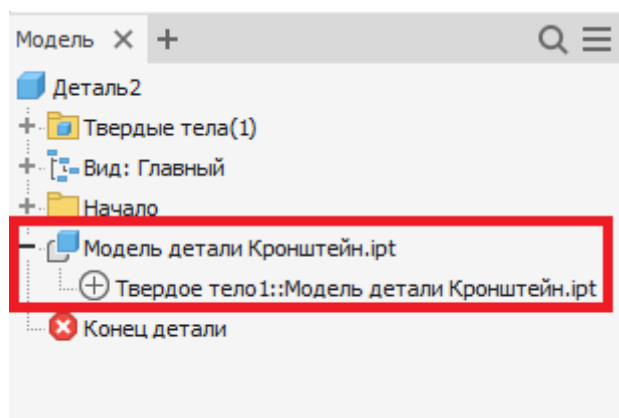


Рисунок 9.6 – Отображение элемента ссылочной геометрии

Данная геометрия ассоциативно связана с моделью исходной детали и изменение исходной детали приведет к изменениям ссылочной геометрии, однако данная связь может быть подавлена на время или разорвана в случае возникновения необходимости.

Следующим этапом является определение в соответствии с технологией обработки детали тех элементов, реализация которых не требуется на этапе создания заготовки, и удаление соответствующих конструктивных элементов. Так для рассматриваемой детали вырождаемыми в заготовке элементами являются 4 отверстия диаметром 8 мм в основании детали, 2 отверстия диаметром 8 мм на ребре жесткости, а также ступенчатое отверстие с наименьшим диаметром 22 мм (Рисунок 9.7).

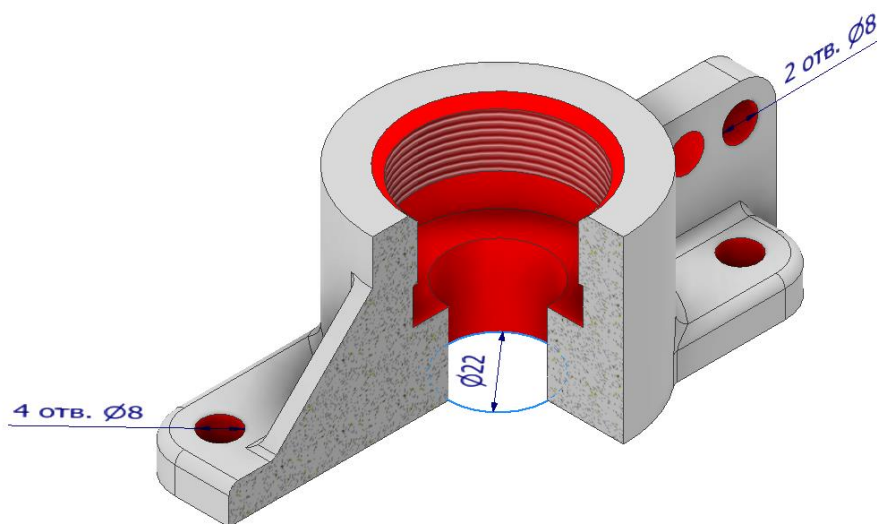


Рисунок 9.7 – Удаляемые конструктивные элементы

Удаление данных элементов возможно при помощи стандартных функций формообразования (выдавливания, вращения и т.д.), а также при помощи функций прямого редактирования геометрии.

Наиболее удобным инструментом является прямое редактирование геометрии, так как оно не требует создания эскиза и позволяет за одну операцию изменять несколько элементов.

Функции прямого редактирования позволяют перемещать элементы твердого тела и тела в целом, изменять их размер граней, менять масштаб тел, про-

изводить поворот граней, а также их удаление.

Так наиболее подходящими инструментами для удаления конструктивных элементов являются «Размер», позволяющий изменять размеры конструктивных элементов, и «Удалить», позволяющий удалять отдельные грани твердых тел. В общем случае наиболее удобным является именно инструмент удаления граней, так как в отличие от изменения размера позволяет работать с гранями и элементами, созданными большинством операций в то время, как существенным недостатком, ограничивающим изменения размера, является невозможность изменения некоторых специализированных функций. Например, в случае необходимости изменения размеров отверстия, выполненного при помощи одноименной функции, инструмент прямого редактирования «Размер» применен быть не может.

При использовании функций удаления также имеются особенности, в меньшей степени влияющие на ее применимость. Так удаление сложных конструктивных элементов необходимо удалять поэтапно.

В рассматриваемом примере необходимо последовательно удалить группы граней, например, в следующей последовательности: 4 отверстия диаметром 8 мм в основании; 2 отверстия диаметром 8 мм в ребре жесткости; фаску в резьбовом отверстии, канавку в резьбовом отверстии; ступень в резьбовом отверстии, для приведения его к обычному гладкому отверстию и само отверстие. Для этого необходимо активировать команду «Преобразование», на панели инструментов «Изменить» (Рисунок 9.8).

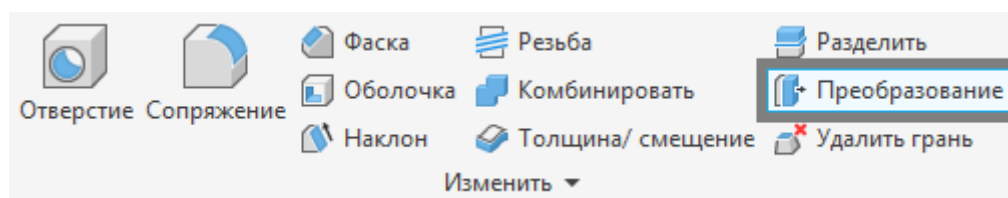


Рисунок 9.8 – Команда «Преобразование»

В результате активации команды в рабочей области будет открыта панель с возможностью выбора варианта изменения, набора граней, а также тип изменяемой величины (Рисунок 9.9).

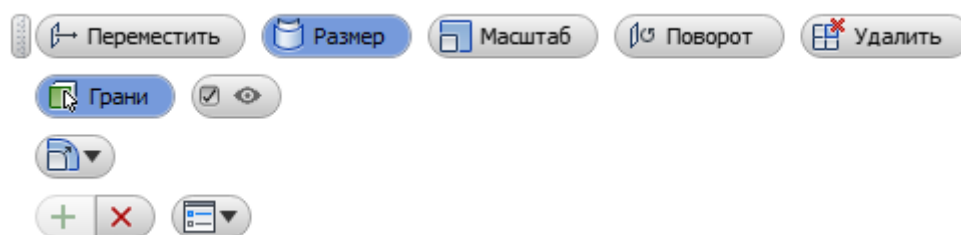


Рисунок 9.9 – Элементы управления преобразованием

При появлении панели необходимо выбрать вариант изменения «Удалить», затем указать цилиндрические грани удаляемых отверстий. После выбора объектов перед пользователем виден предварительный результат работы команды, который необходимо подтвердить применением операции. Пример указанной последовательности действий показан на рисунке 9.10.

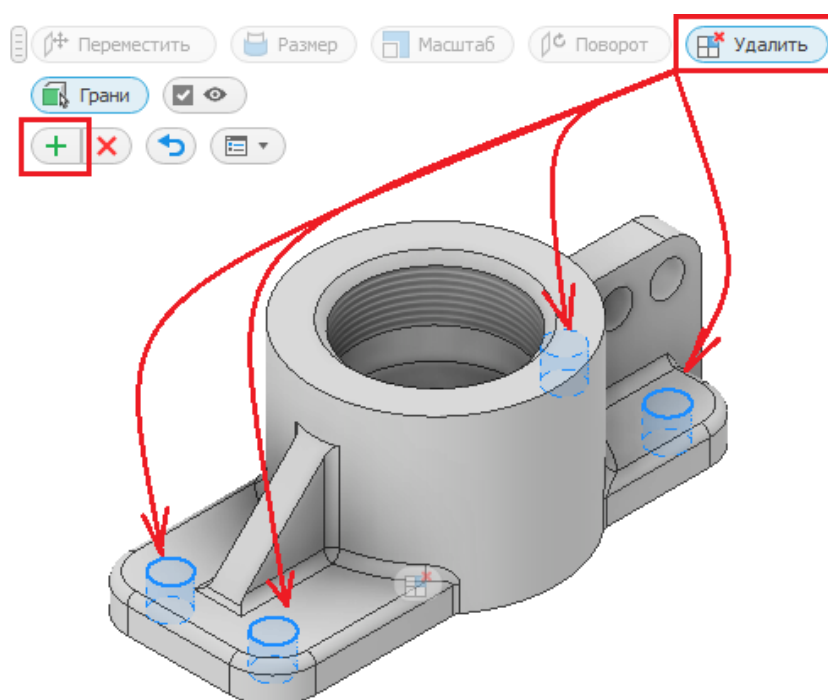


Рисунок 9.10 – Пример параметров преобразования

В результате применения операции прямого редактирования деталь примет вид, показанный на рисунке 9.11.

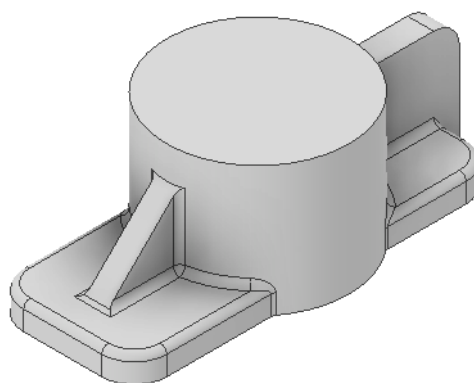


Рисунок 9.11 – Деталь после удаления граней

Вслед за удалением всех элементов, реализация которых не требуется в рамках заготовки, необходимо назначить припуски на обрабатываемые поверхности. Поверхностями, на которые назначается припуски в данном случае, являются: плоскость основания; торец цилиндрической бобышки. Значения припусков рассчитываются на основе нормативных документов или каких-либо методик. В данном случае припуск на каждую поверхность составляет по 3 мм.

Размер элементов увеличивается при помощи инструмента «Размер» прямого редактирования (Рисунок 9.12).

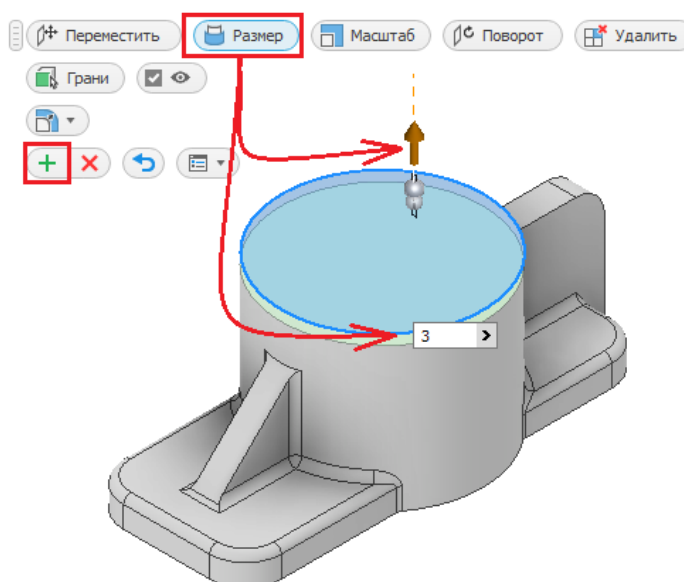


Рисунок 9.12 – Изменение размера конструктивного элемента

После выполнения редактирования наносятся необходимые скругления и заготовка принимает законченный вид, как показано на рисунке 9.13.

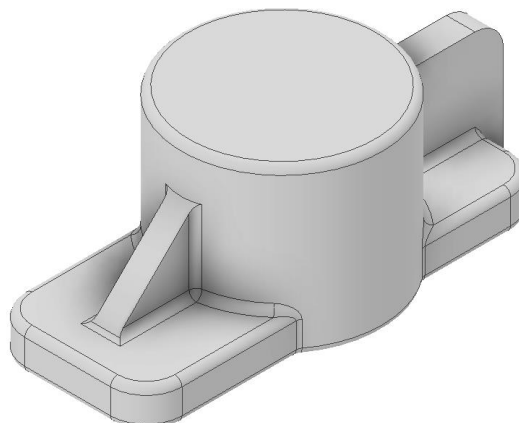


Рисунок 9.13 – Модель заготовки

На финальной стадии работы с заготовкой производится назначение материала и иных необходимых свойств, после чего модель заготовки сохраняется и начинается этап по созданию сборочной модели, в рамках которой совмещается модель заготовки и обрабатываемой детали.

Одним из достоинств создания моделей заготовок на основе инструмента производных компонентов является простота и скорость последующего позиционирования заготовки относительно обрабатываемой детали в среде сборочной модели. Вызвано данное обстоятельство тем, что при создании производного компонента геометрия исходной модели переносится в среду новой модели с привязкой к базовой системе координат. Соответственно, положение системы координат не меняется в процессе редактирования.

В связи с этим позиционирование деталей друг относительно друга, а также относительно базовой системы координат сборочной модели, может быть произведено при помощи специальной функции при непосредственной вставке детали и заготовки в среду сборки или же добавления тела заготовки в модель детали.

Так после создания сборочной модели активируется функция вставки одной из деталей, после чего, до момента указания конкретного места установки модели, производится вызов контекстного меню, в котором производится вы-

бор функции «Совместить системы координат» (Рисунок 9.14)

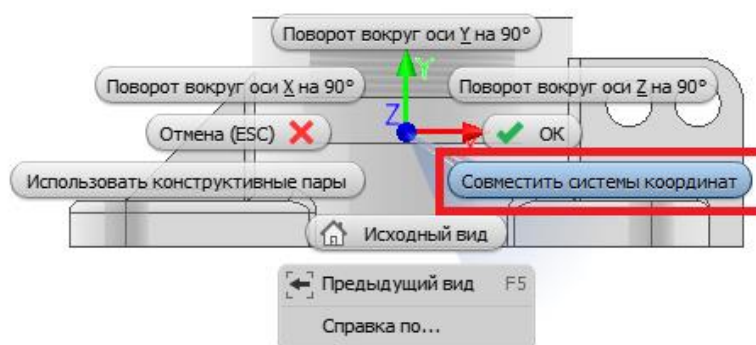


Рисунок 9.14 – Совмещение систем координат

Аналогичное действие производится при последующей вставке второй модели. В результате совмещения 3-х систем координат (сборочной модели, модели обрабатываемой детали и модели заготовки) сборочная модель приобретает вид показанный на рисунке 9.15.

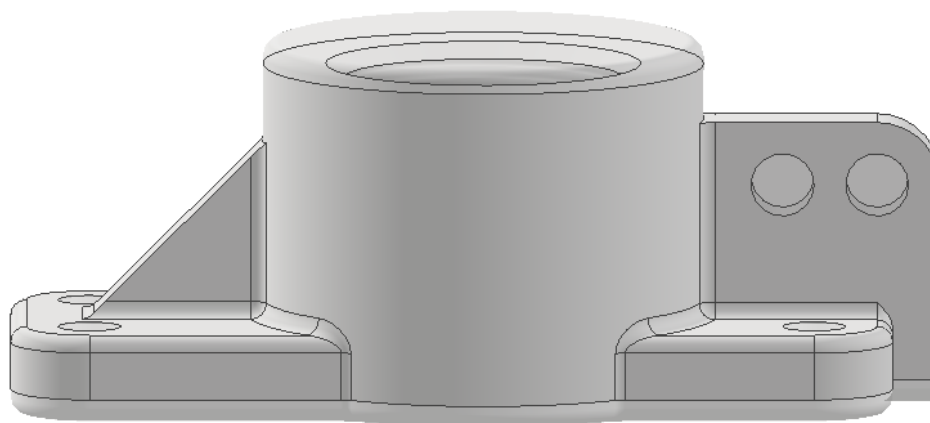


Рисунок 9.15 – Состояние сборочной модели по завершение позиционирования

Важно отменить тот факт, что из-за использования сборочной модели возникает необходимость отдельного указания модели обрабатываемой детали и заготовки при создании нового установка в среде САМ-системы, пример чего продемонстрирован на рисунке 9.16.

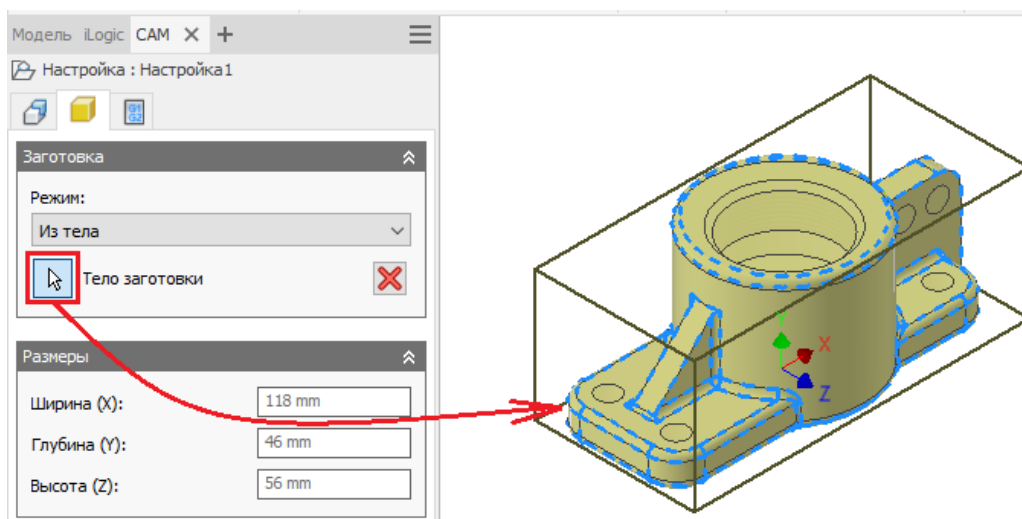


Рисунок 9.16 – Определение заготовки при создании настройки

Алгоритм создания модели заготовки на основе инструментария производных компонентов, помимо возможности создания гибких настроек обработки, позволяет также существенно упростить процесс создания рабочего чертежа заготовки в части требований по нанесению контуров детали тонкими линиями, пример чего показан на рисунке 9.17.

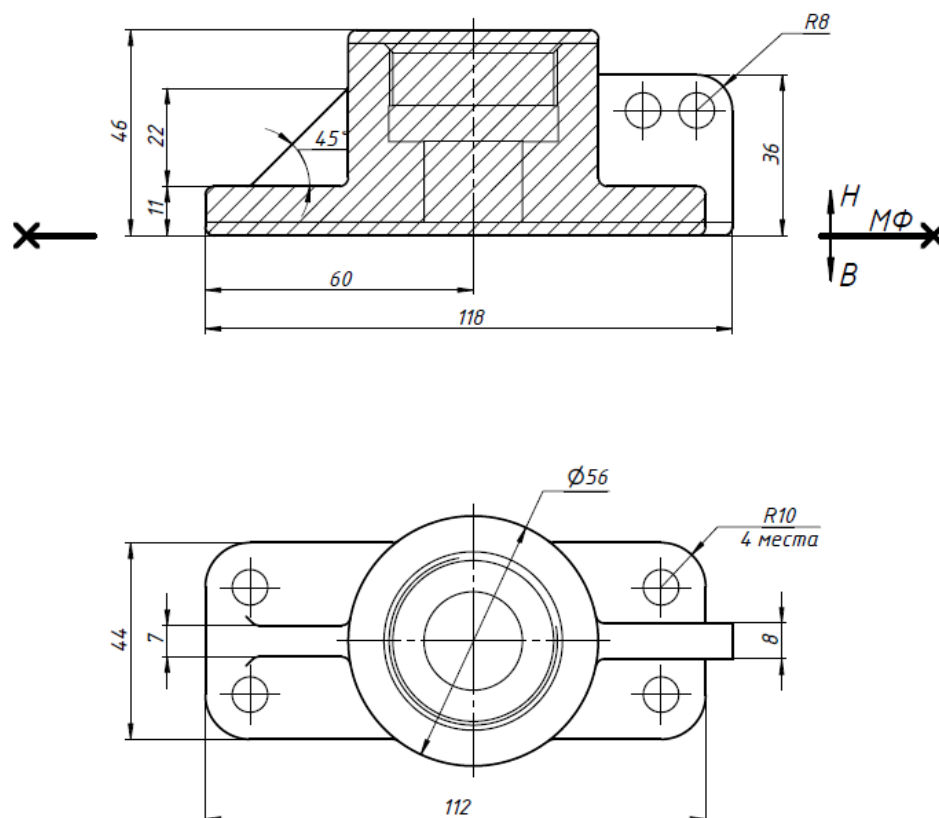


Рисунок 9.17 – Чертеж заготовки на основе совмещенной модели

Следует заметить, что представленный алгоритм применим в большинстве САПР, позволяющих выполнять прямое редактирование геометрии и использовать ассоциативные связи между файлами отдельных моделей.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Компьютерный класс, оснащенный интерактивным мультимедийным оборудованием (Проекторы Epson EB-436Wi или Epson EB-536Wi), вычислительной техникой с доступом к внутренней информационной сети; глобальной информационной сети; к технологии удаленных рабочих столов VDI.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Студенту при работе на ПК запрещается:

- прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- допускать попадание влаги на поверхность системного блока, монитора, иного оборудования, рабочую поверхность клавиатуры, дисководов, принтеров и других устройств;
- производить самостоятельное вскрытие и ремонт оборудования;
- работать на компьютере при снятых кожухах;
- отключать оборудование от электросети и выдергивать электровилку, держа за шнур.

ЗАДАНИЯ

Используя одну из доступных CAD-систем выполнить модели детали и заготовки в соответствии с вариантом.

Используя САМ-систему выполнить создание настройки с указанием заготовки в виде тела.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В качестве отчета по лабораторной работе студент предоставляет комплект файлов 3D-моделей: детали, заготовки, сборочной модели.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие инструменты позволяют создавать ассоциативные связи между файлом 3D-модели детали и заготовки.
2. Опишите возможности инструментов прямого редактирования.
3. Опишите алгоритм создания настройки при использовании в качестве заготовки отдельного тела.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ : учебное пособие для студентов вузов / Ю. А. Бондаренко, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе, М. А. Федоренко. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2020. – 292 с. : ил. – Гриф: Доп. УМО. – ISBN 978-5-94178-141-6; 621.9_Т 38.
2. Ловыгин А.А., Теверовский Л.В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.: ил. ISBN 978-5-94074-560-0.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по организации самостоятельной работы обучающихся
по дисциплине «ПРОГРАММИРОВАНИЕ СТАНКОВ С ЧПУ»
для студентов направления подготовки
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь
2026

В методических указаниях к организации самостоятельной работы, составленных в соответствии с требованиями ФГОС ВО, основное внимание уделено изучению систем автоматизированного проектирования и автоматизации проектной деятельности с их использованием.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (направленность (профиль) «Технология машиностроения»), квалификация выпускника – бакалавр.

Составитель:

доцент департамента ФМиИК Герасимов Р.В.

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент М.А. Шпак
начальник отдела опытно-конструкторских работ
ОА «Электровтоматика» Горячий И.В.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Общая характеристика самостоятельной работы	6
2 План-график выполнения самостоятельной работы	9
3 Контрольные точки и виды отчетности по ним.....	90
4 Типовые контрольные задания	12
Список рекомендуемой литературы	146

Введение

Станки с ЧПУ стремительно развиваются не только в плане конструктивного совершенствования, позволяющего существенно повысить их статическую, динамическую жесткость, виброустойчивость, точность функционирования, производительность и др., но и в направлении создания эффективного программного обеспечения.

Ведущие мировые станкостроительные компании выпускают современное многофункциональное металлорежущее оборудование с числовым программным управлением, позволяющее с высокой производительностью и точностью выполнять на одном станке большое количество самых разнообразных технологических переходов. Так, многофункциональные токарные станки с ЧПУ позволяют выполнять не только точение, растачивание сложных поверхностей, сверление осевых отверстий, но и фрезерование самых разнообразных по форме и размерам поверхностей, сверление и нарезание различных видов резьб и их комбинаций как параллельно, так и перпендикулярно к оси детали.

В современных многофункциональных станках с ЧПУ реализован один из основных научных принципов теории базирования, обеспечивающих минимальные погрешности механической обработки, когда деталь полностью обрабатывается за одну установку и закрепление. Для этой цели в последних моделях многофункциональных токарных станков применяют два шпинделя: главный шпиндель и противошпиндель, а кроме этого режущий инструмент обеспечивают главным движением резания, а главный шпиндель – движением круговой подачи. Современные многофункциональные токарные станки – это новый высокоэффективный вид оборудования, на котором выпускаются самые сложные и высокоточные изделия. Для обслуживания этого оборудования требуются технологи-программисты, способные с использованием компьютерных технологий разрабатывать управляющие программы для обработки самых различных по форме и размерам деталей. Наилучший результат может

быть достигнут при грамотной эксплуатации этого вида оборудования, а для этого необходимы квалифицированные наладчики, операторы и технологи-программисты. Последние призваны решать вопросы технологической подготовки применительно к этому типу оборудования.

Настоящие методические указания будут способствовать практической подготовке процедур программирования обработки высокоточных деталей, используемых известными мировыми станкостроительными компаниями.

1 Общая характеристика самостоятельной работы

Цель: Целью изучения дисциплины «Программирование станков с ЧПУ» является формирование набора профессиональных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

Задачи дисциплины:

- изучение технологических возможностей и методов работы оборудования с числовым программным управлением, в том числе и оборудования для аддитивного производства;
- изучение методов разработки управляющих программ для станков с числовым программным управлением;
- изучение систем автоматизированной подготовки управляющих программ для станков с числовым программным управлением.
- формирование умения разработки управляющих программ для обработки простых деталей и деталей средней сложности при ручном и автоматизированном методах.

Цели и задачи самостоятельной работы: Самостоятельная работа направлена на решения ряда задач, к которым относятся:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умения использовать справочную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов:
- творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

– развитие исследовательских умений.

Актуальность: Повсеместный переход промышленных предприятий от двухмерного проектирования к трехмерному обуславливает необходимость изучения принципиальных подходов к проектированию процессов обработки с использованием современного оборудования. Знания полученные в рамках изучения дисциплины необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

Виды самостоятельной работы

Рабочей программой по Компьютерное проектирование в машиностроении предусмотрено самостоятельное изучение материалов по темам практических работ. Для успешного выполнения данного вида работ, необходимо самостоятельно детально изучить материалы по представленным темам по рекомендуемым источникам информации:

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1	Основы числового программного управления	1	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3, 4, 5
2	Особенности металлообработки на станках с ЧПУ	1	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3, 4, 5
3	Введение в программирование обработки	1	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3, 4, 5
4	Системы координат.	1	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3, 4, 5
5	Структура управляющей программы	1	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3, 4, 5
6	Базовые G и M коды.	1	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3, 4, 5
7	Постоянные циклы.	1	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3, 4, 5
8	CAD/CAM системы.	1	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3, 4, 5

При изучении материалов по каждой теме необходимо составить краткий конспект наиболее важной информации.

Помимо самостоятельного изучения материалов по темам к самостоятельной работе студентов относится подготовка к лабораторным занятиям по результатам которой студент представляет отчет преподавателю и проходит собеседование. Отчет по лабораторной работе представляет собой электрон-

ный чертеж или электронную модель изделия выполненные согласно требованиям единой системы конструкторской документации.

При самостоятельной подготовке к лабораторному занятию студент:

- организует свою деятельность в соответствии с методическим руководством по выполнению практических работ;
- изучает информационные материалы;
- подготавливает и оформляет материалы лабораторных работ в соответствии с требованиями.

В результате выполнения указанных видов самостоятельной работы происходит формирование профессиональных компетенций представленных ниже:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1. Способен разрабатывать технологии и программы изготовления простых деталей на станках с ЧПУ.	ИД-1 _{ПК-1} Анализирует основные технологические возможности станков с ЧПУ	Знает классификацию и технологические возможности оборудования с числовым программным управлением в том числе и для аддитивного производства
	ИД-2 _{ПК-1} Проектирует технологические операции изготовления простых деталей на станках с ЧПУ	Умеет разрабатывать управляющие программы обработки простых деталей ручным методом
	ИД-3 _{ПК-1} Осуществляет отладку на станках с ЧПУ управляющих программ изготовления простых деталей	Умеет разрабатывать управляющие программы обработки простых деталей с использованием САМ-систем
ПК-2. Способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности.	ИД-1 _{ПК-2} Анализирует технологичность конструкции деталей машиностроения средней сложности	Умеет анализировать конструкцию детали и выбирать оптимальные стратегии обработки при подготовке управляющих программ с использованием САМ-систем

2 План-график выполнения самостоятельной работы

Правильная организация самостоятельной работы и ее систематичность, позволяет развивать умения и навыки; проводить систематизацию полученных знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

При самостоятельном изучении материалов по представленным темам следует придерживаться приведенного ниже графика:

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Срок изучения материалов
1	Основы числового программного управления	2 неделя
2	Особенности металлообработки на станках с ЧПУ	4 неделя
3	Введение в программирование обработки	8 неделя
4	Системы координат.	10 неделя
5	Структура управляющей программы	12 неделя
6	Базовые G и M коды.	14 неделя
7	Постоянные циклы.	16 неделя
8	CAD/CAM системы.	17 неделя

Технологическая карта самостоятельной работы обучающегося очной формы обучения

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
7 семестр					
ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-3 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-2}	Подготовка к лекциям	Конспект	3,2	0,4	3,6
ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-3 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-2}	Подготовка к лабораторным работам	Отчет	9,7	1,1	10,8
ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-3 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-2}	Самостоятельное изучение материалов	Конспект	75,2	8,4	83,6
ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1}	Выполнение контрольной работы	Отчет	9	1	10

ИД-3 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-2}					
Итого за 7 семестр			97,1	10,9	108
Итого			97,1	10,9	108

3 Контрольные точки и виды отчетности по ним

При изучении дисциплины студентами очной формы обучения в соответствии с рабочей программой требуется сдать представленные ниже контрольные точки.

Описание шкалы оценивания

Успеваемость студентов по каждой дисциплине оценивается в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль

Текущая аттестация студентов проводится преподавателями, ведущими лабораторные работы по дисциплине, в форме собеседования проводимого по результатам выполнения лабораторных работ. Допуск к защите лабораторных работ происходит при наличии у студентов выполненного задания. Защита отчета проходит в форме собеседования по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Максимальное количество баллов студент получает, если задание соответствует установленным требованиям, а ответы на задаваемые вопросы полностью раскрывают суть работы.

Основанием для снижением оценки являются:

- Бессистемность и разрозненность теоретических знаний;
- Реализация типовых ситуаций с ошибками.

Отчет может быть отправлен на доработку в следующих случаях:

- Допущения при выполнении работы не критических ошибок.

При изучении дисциплины студентами заочной формы обучения рейтинговая оценка знаний не предусмотрена

Критерии оценивания компетенций указаны после каждого вида самостоятельной работы.

4. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Вопросы для собеседования

1. Классификация систем программного управления станками.
2. Характеристики и конструктивные особенности числовых систем управления
3. Позиционные, контурные и комбинированные системы ЧПУ.
4. Системы ЧПУ с постоянной структурой и системы с программной реализацией алгоритмов работы.
5. Характеристики и конструктивные особенности числовых систем класса SYNTec.
6. Характеристики и конструктивные особенности числовых систем класса CNC.
7. Характеристики и конструктивные особенности прочих числовых систем.
8. Задачи и состав программного обеспечения.
9. Характеристики операционных систем.
10. Алгоритмы и программы функций управления станками с ЧПУ.
11. Общие вопросы программного обеспечения УЧПУ.
12. Этапы разработки программного обеспечения.
13. Основные программные продукты для управления станками с ЧПУ.
14. Общая структура комплектов программного обеспечения систем ЧПУ.
15. Методы программирования.
16. Алгоритмическое проектирование программ для станков с ЧПУ.
17. Методы и средства для программирования станков с ЧПУ.
18. Кодирование информации и языки программирования процессов.
19. Системы автоматизации для программирования станков с ЧПУ.
20. Этапы создания управляющих программ.
21. Задачи, решаемые при программировании работы системы ЧПУ.
22. Геометрическая задача.
23. Логическая задача.
24. Технологическая задача.

25. Терминальная задача.
26. Кодирование информации при помощи кода ИСО-7бит.
27. Значения символов и адресов кода ИСО-7бит.
28. Базовые коды программирования.
29. Координатные системы.
30. Использование подпрограмм.
31. Языки программирования.
32. Особенности и краткие характеристики систем автоматизированного программирования станков с ЧПУ и гибких производственных систем.

1. Критерии оценивания компетенций*

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий, при ответе на вопрос привлечены дополнительные источники информации, в том числе и многовариантный анализ ситуации, что свидетельствует о повышенном уровне усвоения компетенций.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно, что свидетельствует о базовом уровне усвоения компетенций.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками, что свидетельствует о частичном усвоении базового уровня усвоения компетенций.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если знания, умения и навыки отсутствуют, что свидетельствует о недостаточном уровне усвоения компетенций.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: диалог преподавателя со студентом и ответ студентом на вопросы по темам дисциплины. Перед собеседованием по теме студент должен выполнить и защитить практические работы.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции ИД-1_{ПК-1}; ИД-2_{ПК-1}; ИД-3_{ПК-1}; ИД-1_{ПК-2}. Освоение компетенций на повышенном уровне предполагает изучение дополнительной научной и учебной литературы и четкие ответы на вопросы без ошибок. При освоении компетенции на базовом уровне студент изучил основную литературу, при ответе возможны 2...3 негрубые ошибки.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить рекомендуемую литературу

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования своими конспектами лекций, методическими указаниями по дисциплине, тетрадями по практическим занятиям и лабораторным работам, справочными таблицами.

При проверке задания, оцениваются:

- степень усвоения программного материала;
- способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников;
- правильность и четкость ответов;
- правильность речи в быстром или умеренном темпе;

- умение использовать методическую, научную и техническую литературу;
- инициативность в поиске информации.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-3 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-2}	степень усвоения программного материала	
	способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников	
	способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса	
	правильность и четкость ответов	
	правильность речи в быстром или умеренном темпе	
	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	

Комплект заданий для контрольной работы

Тема контрольной работы «Разработка управляющей программы для обработки детали на станке СК Роутер 6040S»

Исходные данные выдаются индивидуально по вариантам.

Задания к контрольной работе:

1. Провести анализ технологичности по чертежу детали.
2. Определить последовательность обработки детали.
3. Выполнить рациональный выбор заготовки.
4. Создать цифровой прототип детали в среде САМ-системы, в случае необходимости создать цифровой прототип заготовки детали.
5. Создать настройки в среде САМ-системы в соответствии с разработанной ранее последовательностью обработки детали.
6. Создать стратегии обработки, реализующие последовательность обработки с использованием стандартной библиотеки режущего инструмента САМ-системы.
7. Провести проверку качества обработки в среде твердотельной симуляции САМ-системы.
8. Выполнить постобработку траекторий движения режущего инструмента с использованием постпроцессора Mach3Mill.
9. Создать специальные режущие инструменты при подготовке управляющей программы для станка с ЧПУ.
10. Выполнить тонкую настройку параметров постпроцессора Mach3Mill при преобразовании траекторий в G-код.
11. Выполнить проверку качества преобразования траекторий движения режущего инструмента в независимом редакторе G-кода.

1. Критерии оценивания компетенций*

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в не полном объеме; владение умениями и навыками реализуются не в полном объеме.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: защиту контрольной работы.

Предлагаемые студенту задания по контрольной работе позволяют проверить компетенции ИД-1_{ПК-1}; ИД-2_{ПК-1}; ИД-3_{ПК-1}; ИД-1_{ПК-2}.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования любыми источниками.

При проверке заданий, оцениваются: соответствие содержания заданию на контрольной работу, последовательность и рациональность выполнения заданий, самостоятельность выполнения работы, правильность и точность расчётов, правильность выполнения чертежей и их соответствие действующим стандартам, ЕСКД и другим нормативным документам.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-3 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-2}	Соответствие содержания заданию	
	Последовательность и рациональность выполнения задания	
	Самостоятельность выполнения задания	
	правильность и точность расчетов	
	правильность выполнения чертежей	
	Соответствие чертежей действующей нормативной документации	

Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ : учебное пособие для студентов вузов / Ю. А. Бондаренко, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе, М.

А. Федоренко. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2021. – 292 с. : ил. – Гриф: Доп. УМО. – ISBN 978-5-94178-141-6; 621.9_Т 38

Дополнительная литература

1. Программирование обработки на оборудовании с ЧПУ. В 2 томах. Т.2 [Электронный ресурс]: учебник/ Г.Б. Евгеньев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2018.— 360 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/94075.html>.— ЭБС «IPRbooks» (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Программирование обработки на оборудовании с ЧПУ. В 2 томах. Т.1 [Электронный ресурс]: учебник/ Г.Б. Евгеньев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2018.— 328 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/94074.html>.— ЭБС «IPRbooks» (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Кравцов А.Г. Современные многофункциональные и многоцелевые металлорежущие станки с ЧПУ и обеспечение точности и стабильности реализации на них технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кравцов А.Г., Серегин А.А., Сердюк А.И.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017.— 114 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78837.html>.— ЭБС «IPRbooks» (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

1. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Программирование станков с ЧПУ» для студентов направления подго-

готовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (рукопись) / Сост. Герасимов Р.В.,– Ставрополь, СКФУ, 2025.

2. Методические указания по выполнению контрольной работы по дисциплине «Программирование станков с ЧПУ» для студентов направления подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (рукопись) / Сост. Герасимов Р.В.,– Ставрополь, СКФУ, 2025.

3. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Программирование станков с ЧПУ» для студентов направления подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (рукопись) / Сост. Герасимов Р.В.,– Ставрополь, СКФУ, 2025.

Интернет-ресурсы:

1. САПР для инженера [Электронный ресурс]. URL: <https://mikhailov-andrey-s.blogspot.ru/> (Дата обращения 05.01.2025).

2. Журнал «САПР и графика [Электронный ресурс]. URL: <https://sapr.ru/> (Дата обращения 05.01.2025).

3. Журнал CAD/CAM/CAE Observer [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cadcamcae.lv/> (Дата обращения 05.01.2025).

4. Интернет портал ISICAD [Электронный ресурс]. URL: <http://isicad.ru/ru/> (Дата обращения 05.01.2025)

5. Информационно-аналитический электронный журнал «Планета САМ» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.planetacam.ru/> (Дата обращения 05.01.2025)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению контрольной работы
по дисциплине «Программирование станков с ЧПУ»
для студентов направления подготовки
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь
2026

В методических указаниях по выполнению контрольной работы, составленных в соответствии с требованиями ФГОС ВО, основное внимание уделено изучению систем автоматизированного проектирования и автоматизации проектной деятельности с их использованием.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (Профиль подготовки: «Технология машиностроения»), квалификация выпускника – бакалавр.

Составители:

доцент департамента ФМиИК Герасимов Р.В.

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент М.А. Шпак
начальник отдела опытно-конструкторских работ
ОА «Электровтоматика» Горячий И.В.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Общая характеристика контрольной работы.....	6
2 Формулировка задания и его объем.....	6
3 Общие требования к написанию и оформлению работы	7
4 Рекомендации по выполнению задания	9
5 План-график выполнения работы	9
6 Критерии оценивания работы.....	10
7 Порядок защиты контрольной работы	11
Список рекомендуемой литературы	11

Введение

Станки с ЧПУ стремительно развиваются не только в плане конструктивного совершенствования, позволяющего существенно повысить их статическую, динамическую жесткость, виброустойчивость, точность функционирования, производительность и др., но и в направлении создания эффективного программного обеспечения.

Ведущие мировые станкостроительные компании выпускают современное многофункциональное металлорежущее оборудование с числовым программным управлением, позволяющее с высокой производительностью и точностью выполнять на одном станке большое количество самых разнообразных технологических переходов. Так, многофункциональные токарные станки с ЧПУ позволяют выполнять не только точение, растачивание сложных поверхностей, сверление осевых отверстий, но и фрезерование самых разнообразных по форме и размерам поверхностей, сверление и нарезание различных видов резьб и их комбинаций как параллельно, так и перпендикулярно к оси детали.

В современных многофункциональных станках с ЧПУ реализован один из основных научных принципов теории базирования, обеспечивающих минимальные погрешности механической обработки, когда деталь полностью обрабатывается за одну установку и закрепление. Для этой цели в последних моделях многофункциональных токарных станков применяют два шпинделя: главный шпиндель и противошпиндель, а кроме этого режущий инструмент обеспечивают главным движением резания, а главный шпиндель – движением круговой подачи. Современные многофункциональные токарные станки – это новый высокоэффективный вид оборудования, на котором выпускаются самые сложные и высокоточные изделия. Для обслуживания этого оборудования требуются технологи-программисты, способные с использованием компьютерных технологий разрабатывать управляющие программы для обработки самых различных по форме и размерам деталей. Наилучший результат может

быть достигнут при грамотной эксплуатации этого вида оборудования, а для этого необходимы квалифицированные наладчики, операторы и технологи-программисты. Последние призваны решать вопросы технологической подготовки применительно к этому типу оборудования.

Настоящие методические указания будут способствовать практической подготовке процедур программирования обработки высокоточных деталей, используемых известными мировыми станкостроительными компаниями.

1 Общая характеристика контрольной работы

Цель: выполнения контрольной работы является закрепление и расширение практических навыков применения систем автоматизированного проектирования среднего уровня в рамках будущей профессиональной деятельности, а также формирования набора профессиональных компетенций.

Задачи:

- изучение принципов работы с системами автоматизированного проектирования среднего уровня;
- приобретение практических навыков работы с современными системами автоматизированного проектирования управляющих программ;
- изучение инструментов автоматизации рутинных процессов при подготовке управляющих программ;
- развитие навыков самостоятельной работы;
- углубление и расширение теоретических знаний и практических навыков по дисциплине «Программирование станков с ЧПУ».

Формируемые компетенции

ПК-1: Способен разрабатывать технологии и программы изготовления простых деталей на станках с ЧПУ.

ПК-2: Способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности.

2 Формулировка задания и его объем

Тема контрольной работы «Разработка управляющей программы для обработки детали на станке СК Роутер 6040S в среде Autodesk InventorCAM»

Исходные данные выдаются индивидуально по вариантам.

Задания к контрольной работе:

1. Провести анализ технологичности по чертежу детали.
2. Определить последовательность обработки детали.
3. Выполнить рациональный выбор заготовки.
4. Создать цифровой прототип детали в среде САМ-системы, в случае необходимости создать цифровой прототип заготовки детали.
5. Создать настройки в среде САМ-системы в соответствии с разработанной ранее последовательностью обработки детали.
6. Создать стратегии обработки, реализующие последовательность обработки с использованием стандартной библиотеки режущего инструмента в среде САМ-системы.
7. Провести проверку качества обработки в среде твердотельной симуляции в среде САМ-системы
8. Выполнить постобработку траекторий движения режущего инструмента с использованием постпроцессора Mach3Mill.
9. Создать специальные режущие инструменты при подготовке управляющей программы для станка с ЧПУ.
10. Выполнить тонкую настройку параметров постпроцессора Mach3Mill при преобразовании траекторий в G-код.

Выполнить проверку качества преобразования траекторий движения режущего инструмента в независимом редакторе G-кода.

Выполненная контрольная работа должна представлять комплект из пояснительной записки, чертежа и приложений, а также файла управляющей программы.

Варианты заданий для выполнения работы представлены в приложении.

3 Общие требования к написанию и оформлению работы

Контрольная работа выполняется в виде расчетно-пояснительной записки и рабочего чертежа детали с назначенными требованиями по точности и качеству поверхности.

Расчетно-пояснительная записка оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105 – 95. в машинописном виде

Брошюрование расчетно-пояснительной записки выполняется в следующем порядке: титульный лист; задание на; содержание; введение; разделы с соответствующим иллюстративным материалом; в конце пояснительной записки приводится список использованной литературы.

Обоснование принимаемых решений при расчете инструмента должно сопровождаться ссылками на используемую литературу.

Правила оформления отчета:

1. Текст рукописи должен быть подготовлен в текстовом редакторе Word for Windows и представлен в распечатанном виде в одном экземпляре.

Текст должен иметь следующие параметры: формат бумаги А4 (210×297 мм), бумага белая; поля: верхнее до нумерации стр. – 20 мм, нижнее и левое – 30 мм, правое – 15 мм; межстрочное расстояние – полуторное (т. е. на одной странице должно быть не более 29 строк и 60 ± 2 знака в одной строке, учитывая пробелы); переплет 0 см; ориентация книжная; шрифт Times New Roman Cyr (Arial Cyr); размер шрифта 14 пунктов; крас-ная строка – 1,25 см; формулы выравниваются по центру, их нумерация по правому краю в круглых скобках; рисунки нумеруются снизу (Рисунок 1 – Название), таблицы – сверху (таблица 1 – Название);

2. Графическая часть выполняется в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации, ГОСТ 2.001 – 83; ГОСТ 2.121 – 83 и выполняется в одной из систем автоматизированного проектирования.

4 Рекомендации по выполнению задания

При выполнении контрольной работы следует опираться на рекомендации представленные в указаниях к лабораторным работам №1-11 методических указаний по выполнению лабораторных работ.

При этом особое внимание необходимо уделить следующим аспектам моделирования:

- выполнению правила симметрии моделей;
- сокращению до необходимого минимума количества переменных в модели, для минимизации возможности появления проблемы параметризации;
- преобразование имен переменных в соответствии с рекомендациями стандартов;
- учету особенностей систем автоматизированного проектирования при выполнении математических операции в процессе построения моделей.

Комплект из пояснительной записки, чертежа и приложений, а также файла управляющей программ.

5 План-график выполнения работы

Выдача задания к контрольной работе осуществляется во время занятий по дисциплине «Программирование станков с ЧПУ» не позднее 2 недели обучения.

Сдача контрольной работы на проверку осуществляется не позднее 15 недели 7 семестра на лабораторных работах по дисциплине «Программирование станков с ЧПУ».

После проверки контрольной работы преподавателем студент получает допуск к его защите. Защита работы осуществляется не позднее последней лабораторной работы в 7 семестре.

При выполнении контрольной работы:

- Студент обязан пользоваться оригинальной, рекомендуемой учебной, справочной и научной литературой, методическими разработками, а также иными доступными источниками информации.

- Комплект электронных документов должен быть выполнен и сформирован в строгом соответствии с требованием ГОСТов, ЕСКД и других нормативных документов.

Выполнение контрольной работы должно быть под контролем руководителя КР, согласно представленному выше графику.

Рекомендованный план выполнения контрольной работы:

Анализ описания и рабочих чертежей деталей – 4 неделя;

Создание рабочих чертежей деталей – 10 неделя;

Создание управляющей программы и оформление пояснительной записки – 14 неделя.

6 Критерии оценивания работы

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в не полном объеме; владение умениями и навыками реализуются не в полном объеме.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками.

7 Порядок защиты контрольной работы

Допуск к защите контрольной работы осуществляется при наличии у студента комплекта электронных документов, оформленных в соответствии с единой системой конструкторской документации. Защита контрольной работы проходит в форме собеседования по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Максимальное количество баллов студент получает, если контрольная работы соответствует требованиям, описанным в единой системе конструкторской документации, а ответы на задаваемые вопросы полностью раскрывают суть работы. Основанием для снижения оценки являются:

- Бессистемность и разрозненность теоретических знаний;
- Наличие ошибок оформления чертежа и пояснительной записки;

Отчет может быть отправлен на доработку в следующих случаях:

- Допущения при выполнении контрольной работы не критических ошибок.
- Имеются грубые нарушения требований государственных стандартов и единой системы конструкторской документации к текстовым или графическим документам

При подготовке к защите контрольной работы студенту предоставляется право использования любых источников информации.

Список рекомендуемой литературы

Перечень основной литературы

1. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ : учебное пособие для студентов вузов / Ю. А. Бондаренко, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе, М. А. Федоренко. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2021. – 292 с. : ил. – Гриф: Доп. УМО. – ISBN 978-5-94178-141-6; 621.9_Т 38

Перечень дополнительной литературы

1. Программирование обработки на оборудовании с ЧПУ. В 2 томах. Т.2 [Электронный ресурс]: учебник/ Г.Б. Евгеньев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2018.— 360 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/94075.html>.— ЭБС «IPRbooks» (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Программирование обработки на оборудовании с ЧПУ. В 2 томах. Т.1 [Электронный ресурс]: учебник/ Г.Б. Евгеньев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2018.— 328 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/94074.html>.— ЭБС «IPRbooks» (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Кравцов А.Г. Современные многофункциональные и многоцелевые металлорежущие станки с ЧПУ и обеспечение точности и стабильности реализации на них технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кравцов А.Г., Серегин А.А., Сердюк А.И.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017.— 114 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78837.html>.— ЭБС «IPRbooks» (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Программирование станков с ЧПУ» для студентов направления подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (рукопись) / Сост. Герасимов Р.В.,– Ставрополь, СКФУ, 2025.

2. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Программирование станков с ЧПУ» для студентов направления подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (рукопись) / Сост. Герасимов Р.В.,– Ставрополь, СКФУ, 2025.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

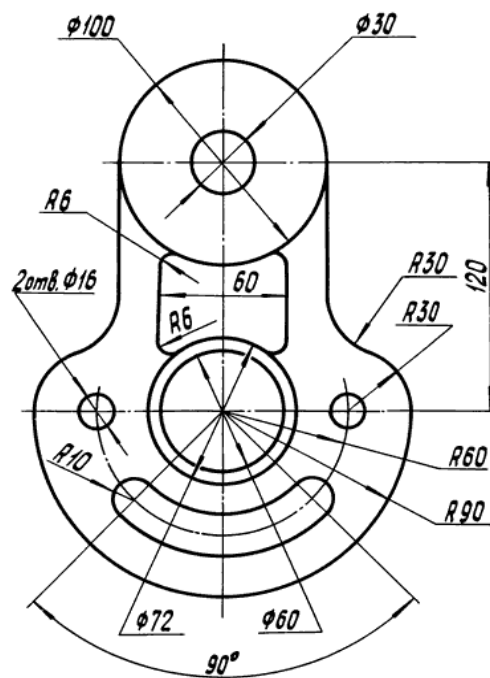
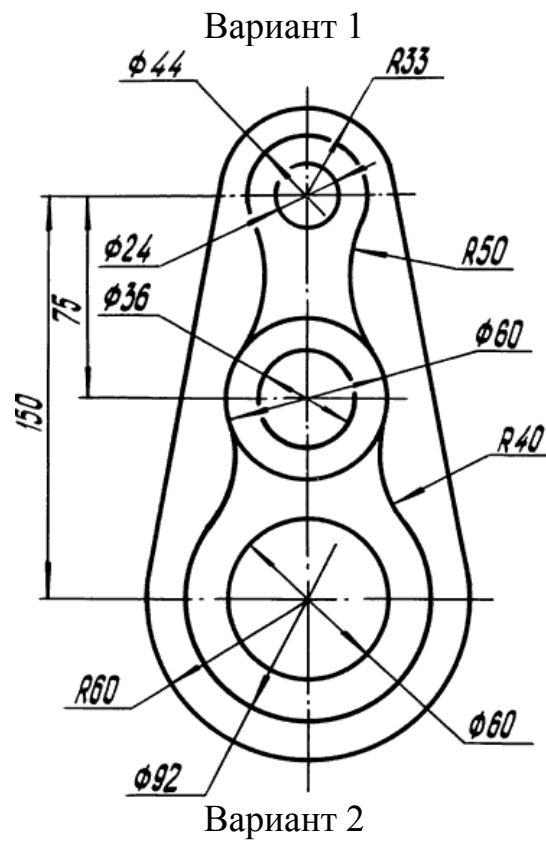
1. САПР для инженера [Электронный ресурс]. URL: <https://mikhailov-andrey-s.blogspot.ru/> (Дата обращения 05.01.2025).

3. Журнал «САПР и графика [Электронный ресурс]. URL: <https://sapr.ru/> (Дата обращения 05.01.2025).

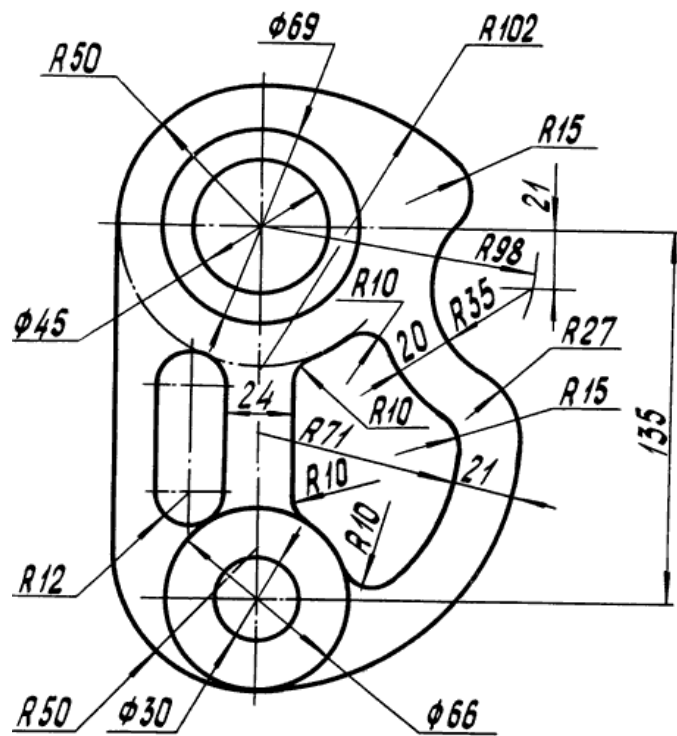
4. Журнал CAD/CAM/CAE Observer [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cadcamcae.lv/> (Дата обращения 05.01.2025).

5. Интернет портал ISICAD [Электронный ресурс]. URL: <http://isicad.ru/ru/> (Дата обращения 05.01.2025)

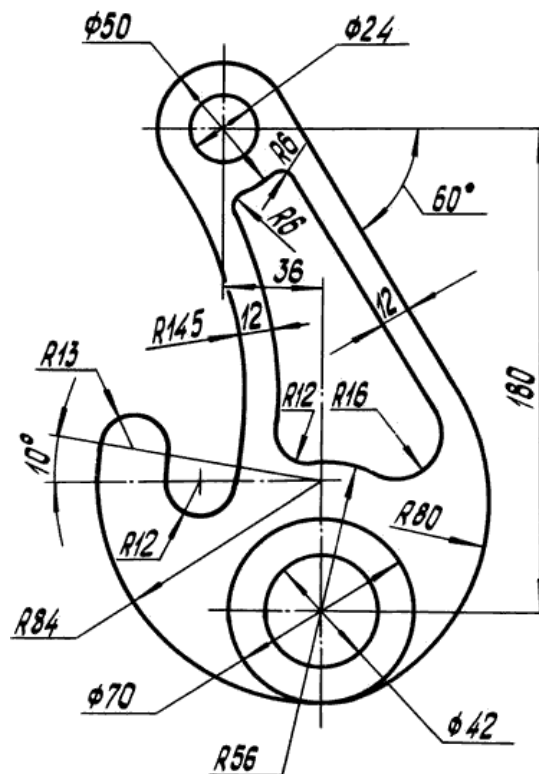
6. Информационно-аналитический электронный журнал «Планета САМ» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.planetacam.ru/> (Дата обращения 05.01.2025)



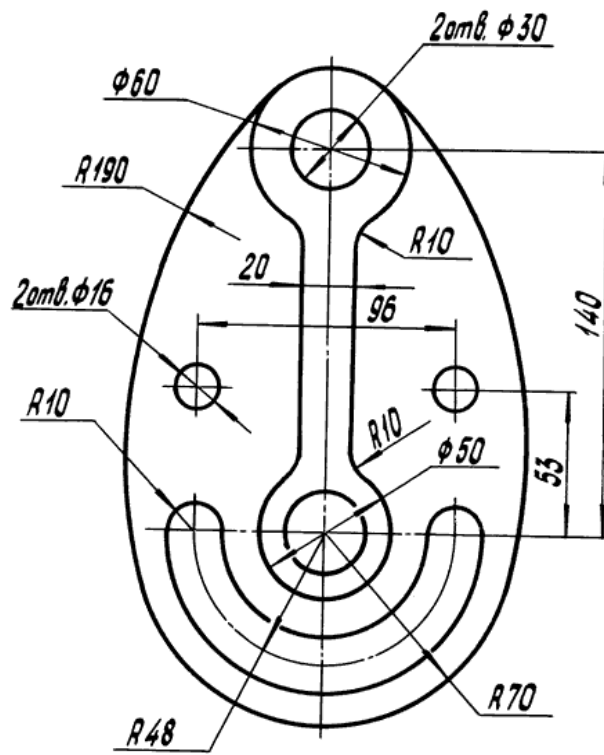
Вариант 3



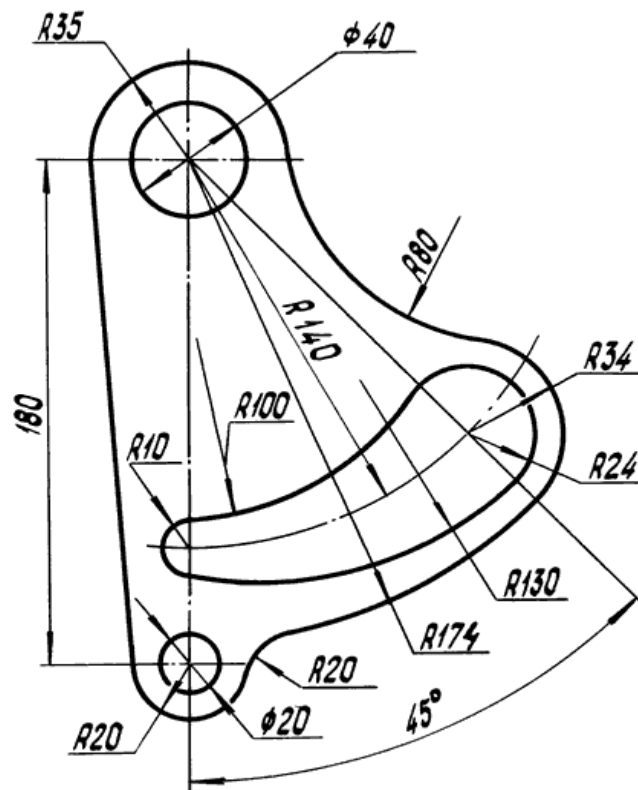
Вариант 4



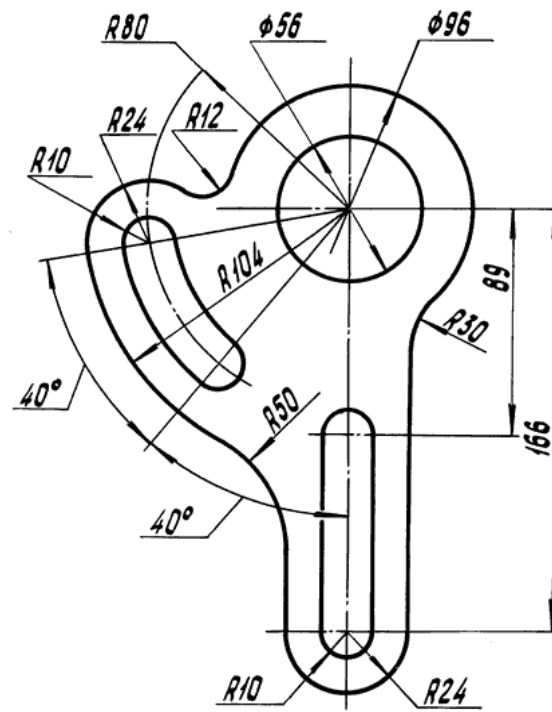
Вариант 5



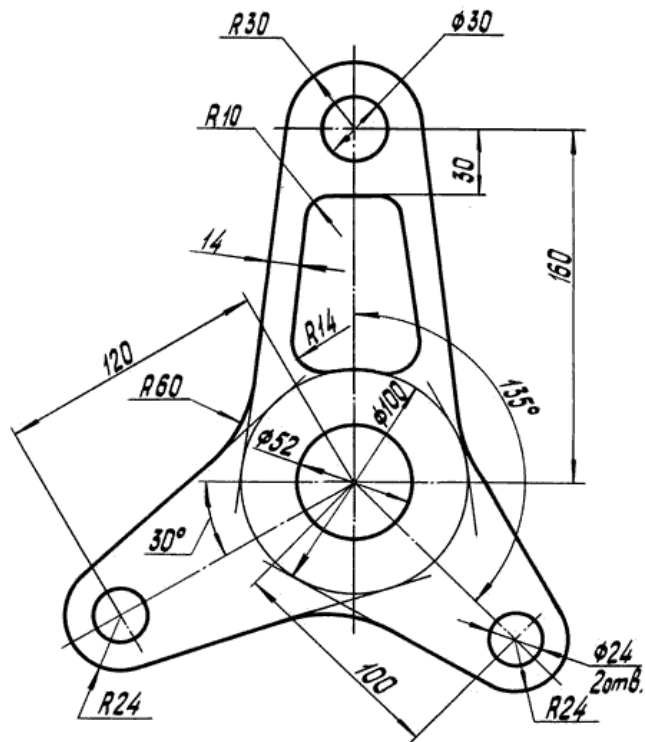
Вариант 6



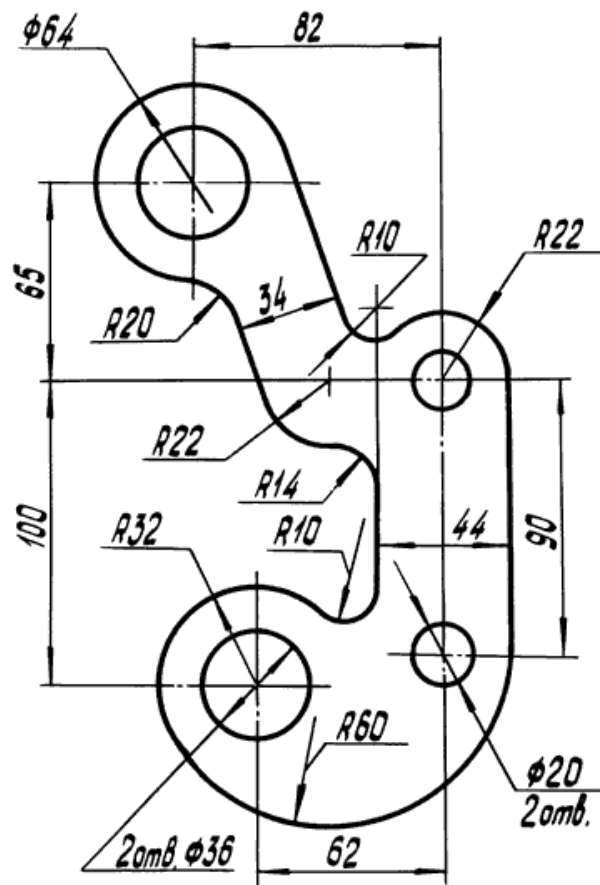
Вариант 7



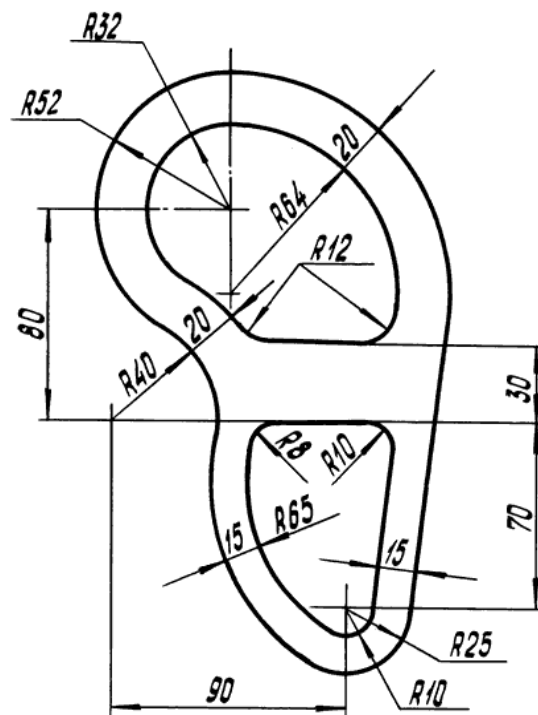
Вариант 8



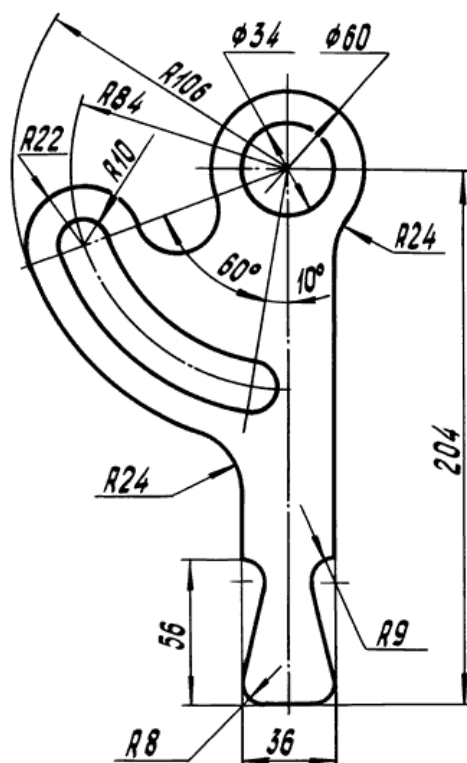
Вариант 9



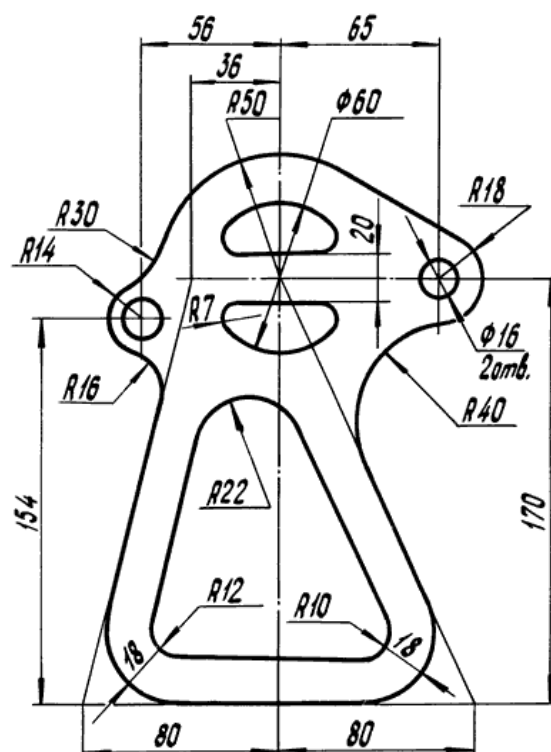
Вариант 10

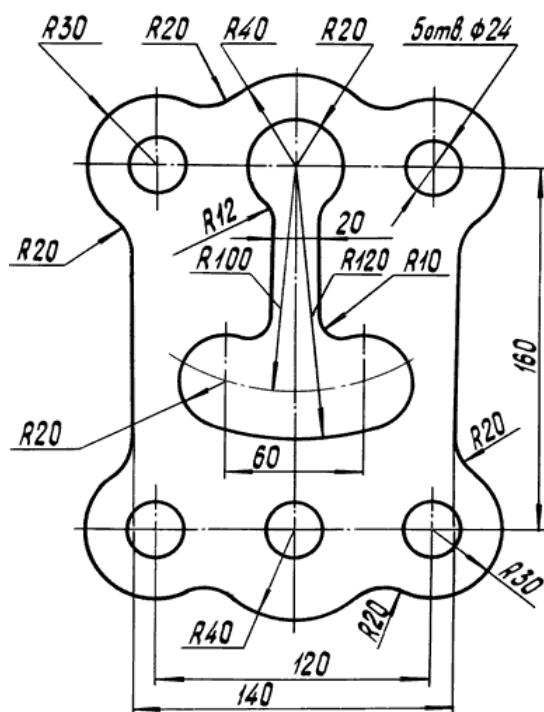
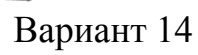


Вариант 11

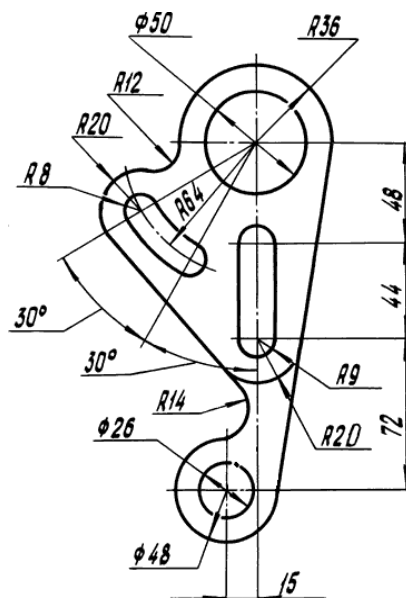


Вариант 12

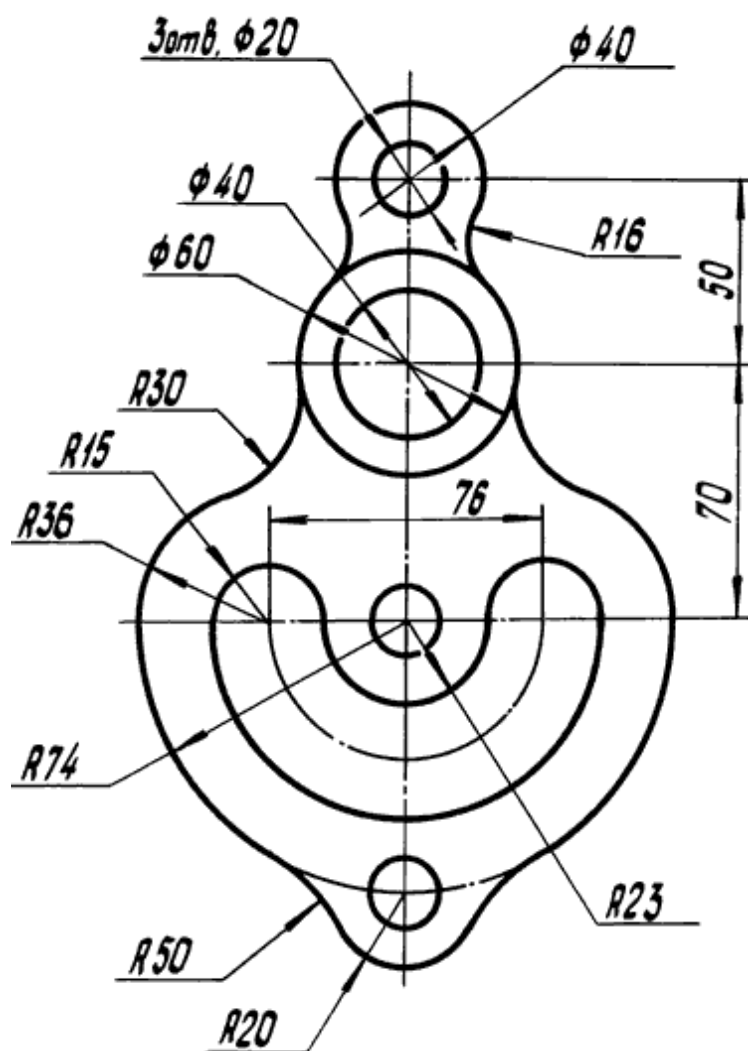




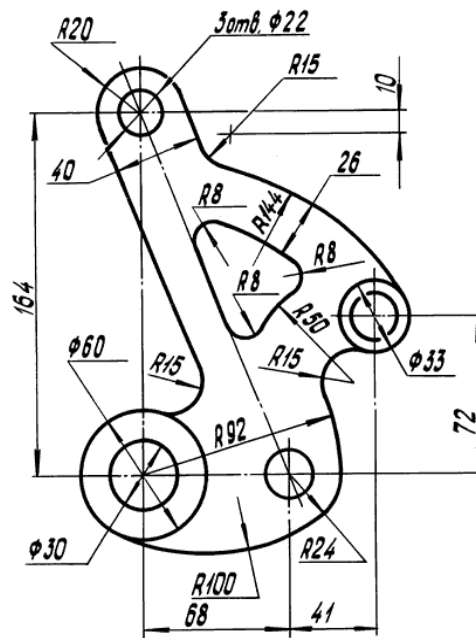
Вариант 15



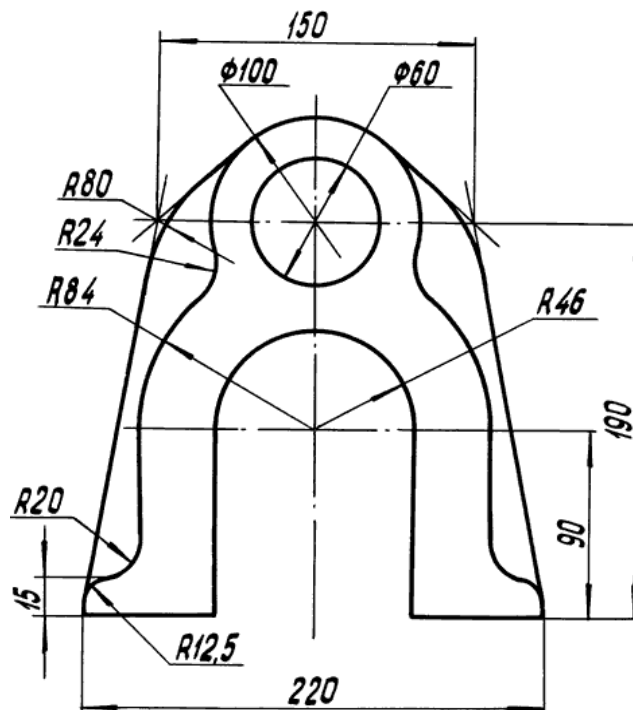
Вариант 16



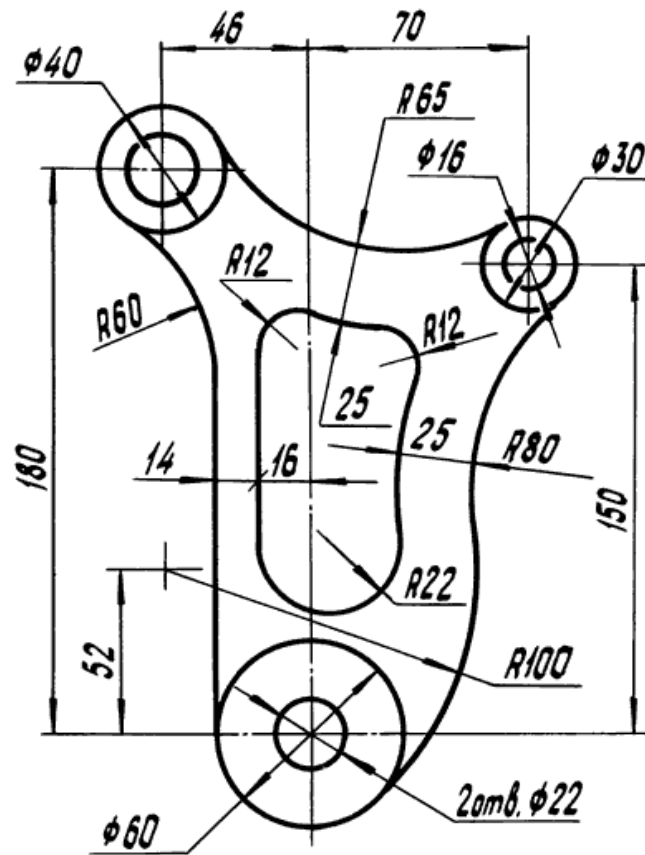
Вариант 17



Вариант 18



Вариант 19



Вариант 20

