

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И. Носова»  
Многопрофильный колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ  
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КУРСА**

**МДКц 02.01 Разработка и внедрение управляющих программ изготовления деталей машин**

**для обучающихся специальности**

**15.02.16 Технология машиностроения**

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 ВВЕДЕНИЕ .....</b>                                                                                                                                 | <b>4</b>  |
| <b>2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ .....</b>                                                                                                                    | <b>6</b>  |
| <i>Лабораторное занятие №1 .....</i>                                                                                                                    | <i>6</i>  |
| <i>Загрузка инструмента в станок с ЧПУ.....</i>                                                                                                         | <i>6</i>  |
| <i>Лабораторное занятие №2 .....</i>                                                                                                                    | <i>7</i>  |
| <i>Управление перемещениями рабочих органов станка с ЧПУ в ручном и пошаговом режимах.....</i>                                                          | <i>7</i>  |
| <i>Лабораторное занятие №3 .....</i>                                                                                                                    | <i>9</i>  |
| <i>Описание принципа работы станка с программным управлением при обработке изделия. ....</i>                                                            | <i>9</i>  |
| <i>Лабораторное занятие №4 .....</i>                                                                                                                    | <i>13</i> |
| <i>Разработка комментариев в управляющей программе и карта наладки.....</i>                                                                             | <i>13</i> |
| <i>Лабораторное занятие №5 .....</i>                                                                                                                    | <i>15</i> |
| <i>Программирование в G-коде изготовления детали «Простой контур».....</i>                                                                              | <i>15</i> |
| <i>Лабораторное занятие №6 .....</i>                                                                                                                    | <i>23</i> |
| <i>Программирование в G-коде изготовления детали «Карман».....</i>                                                                                      | <i>23</i> |
| <i>Лабораторное занятие №7 .....</i>                                                                                                                    | <i>27</i> |
| <i>Запуск станка и отработка различных программ «по воздуху», без проведения непосредственной обработки металла. ....</i>                               | <i>27</i> |
| <i>Лабораторное занятие №8 .....</i>                                                                                                                    | <i>29</i> |
| <i>Обработка деталей типа тел вращения на станках с ЧПУ или симуляторах.....</i>                                                                        | <i>29</i> |
| <i>Лабораторное занятие №9 .....</i>                                                                                                                    | <i>31</i> |
| <i>Обработка плоских деталей на станках с ЧПУ или симуляторах. ....</i>                                                                                 | <i>31</i> |
| <i>Лабораторное занятие №10 .....</i>                                                                                                                   | <i>33</i> |
| <i>Программирование циклов токарной обработки. ....</i>                                                                                                 | <i>33</i> |
| <i>Лабораторное занятие №11 .....</i>                                                                                                                   | <i>35</i> |
| <i>Программирование циклов фрезерной обработки. ....</i>                                                                                                | <i>35</i> |
| <i>Лабораторное занятие №12 .....</i>                                                                                                                   | <i>45</i> |
| <i>Программирование изготовления детали (токарная обработка) в САМ-системе.....</i>                                                                     | <i>45</i> |
| <i>Лабораторное занятие №13 .....</i>                                                                                                                   | <i>52</i> |
| <i>Программирование изготовления детали (фрезерная обработка) в САМ-системе.....</i>                                                                    | <i>52</i> |
| <i>Лабораторное занятие №14 .....</i>                                                                                                                   | <i>63</i> |
| <i>Изучение интерфейса САД-системы, создание моделей простых деталей. ....</i>                                                                          | <i>63</i> |
| <i>Лабораторное занятие №15 .....</i>                                                                                                                   | <i>64</i> |
| <i>Изучение интерфейса САМ-систем, создание простых управляющих программ для 3D-печати. ....</i>                                                        | <i>64</i> |
| <i>Лабораторное занятие №16 .....</i>                                                                                                                   | <i>66</i> |
| <i>Разработка моделей и управляющих программ для деталей, требующих значительной пост-обработки (с элементами опорной структуры, поддержками). ....</i> | <i>66</i> |
| <i>Лабораторное занятие №17 .....</i>                                                                                                                   | <i>67</i> |

|                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Подбор оборудования, материалов и параметров печати согласно технологическим требованиям к качеству детали.</i>                                                                                                                                         | 67  |
| <i>Лабораторное занятие №18</i>                                                                                                                                                                                                                            | 69  |
| <i>Разработка технологии пост-обработки деталей.</i>                                                                                                                                                                                                       | 69  |
| <i>Лабораторное занятие №19</i>                                                                                                                                                                                                                            | 71  |
| <i>Оформление технологической документации на производство деталей методами аддитивных технологий.</i>                                                                                                                                                     | 71  |
| <i>Лабораторное занятие №20</i>                                                                                                                                                                                                                            | 72  |
| <i>Настройка и программирование работы координатно-измерительных машин.</i>                                                                                                                                                                                | 72  |
| <i>Лабораторное занятие №21</i>                                                                                                                                                                                                                            | 75  |
| <i>Интерфейс систем для программирования промышленных манипуляторов. Настройка параметров работы манипулятора для перемещения заготовок и деталей.</i>                                                                                                     | 75  |
| <i>Лабораторное занятие №22</i>                                                                                                                                                                                                                            | 77  |
| <i>Разработка простейших программ управления промышленными манипуляторами.</i>                                                                                                                                                                             | 77  |
| <i>Лабораторное занятие №23</i>                                                                                                                                                                                                                            | 78  |
| <i>Редактирование технологических данных в CAPP-системах, PDM-системах и MDM-системах</i>                                                                                                                                                                  | 78  |
| <i>Лабораторное занятие №24</i>                                                                                                                                                                                                                            | 88  |
| <i>Организация технологических данных в CAPP-системах, PDM-системах и MDM-системах.</i>                                                                                                                                                                    | 88  |
| <i>Лабораторное занятие №25</i>                                                                                                                                                                                                                            | 89  |
| <i>Оформление технологической документации на внедрение операций на токарных станках с ЧПУ.</i>                                                                                                                                                            | 89  |
| <i>Лабораторное занятие №26</i>                                                                                                                                                                                                                            | 91  |
| <i>Оформление технологической документации на внедрение операций на фрезерных станках с ЧПУ.</i>                                                                                                                                                           | 91  |
| <i>Лабораторное занятие №27</i>                                                                                                                                                                                                                            | 92  |
| <i>Отработка внедрения управляющих программ для деталей типа тел вращения.</i>                                                                                                                                                                             | 92  |
| <i>Лабораторное занятие №28</i>                                                                                                                                                                                                                            | 97  |
| <i>Отработка внедрения управляющих программ для плоских деталей на фрезерных станках с ЧПУ.</i>                                                                                                                                                            | 97  |
| <i>Лабораторное занятие №29</i>                                                                                                                                                                                                                            | 98  |
| <i>Наладка металлорежущего оборудования. Подготовка приспособлений, режущего и мерительного инструмента. Поиск ошибок в управляющей программе.</i>                                                                                                         | 98  |
| <i>Лабораторное занятие №30</i>                                                                                                                                                                                                                            | 101 |
| <i>Изготовление пробных деталей. Контроль показателей точности линейных размеров, допусков формы и расположения, качества поверхности. Проверка возможных столкновений инструмента с деталью и приспособлениями. Контроль износа режущего инструмента.</i> | 101 |
| <i>Лабораторное занятие №31</i>                                                                                                                                                                                                                            | 104 |
| <i>Оценка траекторий обработки для различных управляющих программ. Оценка нагрузки на инструмент и параметров врезания.</i>                                                                                                                                | 104 |
| <i>Лабораторное занятие №32</i>                                                                                                                                                                                                                            | 105 |
| <i>Оптимизация управляющих программ за счет подбора режимов резания и режущего инструмента.</i>                                                                                                                                                            | 105 |
| <i>Лабораторное занятие №33</i>                                                                                                                                                                                                                            | 108 |
| <i>Оценка показателей работы станков с ЧПУ. Расчет времени простоев, доли вспомогательных операций. Разработка плана повышения эффективности работы.</i>                                                                                                   | 108 |

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют лабораторные занятия.

Состав и содержание лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой профессионального модуля ПМ.02 Разработка и внедрение управляющих программ изготовления деталей машин в машиностроительном производстве предусмотрено проведение практических занятий и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

**уметь:**

У 2.1.1 использовать справочную, исходную технологическую и конструкторскую документацию при написании управляющих программ

У 2.1.2 управлять перемещениями рабочих органов станка с ЧПУ в ручном и пошаговом режимах

У 2.1.3 выявлять неэффективные алгоритмы управления

У 2.2.1 выполнять расчеты режимов резания с помощью CAD/CAM систем, разрабатывать управляющие программы в CAD/CAM системах для металлорежущих станков и аддитивных установок

У 2.2.2 переносить управляющие программы на металлорежущие станки с числовым программным управлением;

У 2.2.3 выбирать эффективные виды современных CAD/CAM систем для решения поставленных задач

У 2.3.1 осуществлять настройку и наладку станков с числовым программным управлением

У 2.3.2 производить корректировку управляющих программ на станках с числовым программным управлением

У 2.3.3 корректировать режимы резания для оборудования с числовым программным управлением

У 2.3.4 выполнять наблюдение за работой систем обслуживаемых станков по показаниям цифровых табло и сигнальных ламп

У 2.3.5 проводить контроль качества изделий после осуществления наладки, подналадки и технического обслуживания оборудования по изготовлению деталей машин

У 2.3.6 проверять на точность обслуживаемые станки различной конструкции с использованием специальных приспособлений, инструментов

У 2.3.7 анализировать и выявлять причины выпуска продукции несоответствующего качества после проведения работ по наладке, подналадке и техническому обслуживанию металлорежущего и аддитивного оборудования;

Содержание лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

| Код    | Наименование вида деятельности и профессиональных компетенций                                            |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ВД 02  | Разработка и внедрение управляющих программ изготовления деталей машин в машиностроительном производстве |
| ПК 2.1 | Разрабатывать вручную управляющие программы для технологического оборудования                            |
| ПК 2.2 | Разрабатывать с помощью CAD/CAM систем управляющие программы для технологического оборудования           |

|        |                                                                                                       |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК 2.3 | Осуществлять проверку реализации и корректировки управляющих программ на технологическом оборудовании |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|

А также формированию *общих компетенций*:

| <b>Код</b> | <b><i>Наименование общих компетенций</i></b>                                                                                                                |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОК 01      | Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.                                                         |
| ОК 02      | Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности |
| ОК 04      | Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде                                                                                              |

Лабораторные занятия проводятся после соответствующей темы после освоения дидактических единиц, которые обеспечивают наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Тема 1.1. Строение и характеристики различных станков с ЧПУ

#### Лабораторное занятие №1

#### Загрузка инструмента в станок с ЧПУ

**Цель:** формирование умений загружать инструменты в станок ЧПУ

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Загружать инструменты в устройство автоматической смены инструментов

**Материальное обеспечение:**

станок ЧПУ

**Задание:**

1 Загрузить инструменты в станок с ЧПУ.

**Порядок выполнения работы:** 1. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями (ссылка на источник в ЭБС с указанием конкретных страниц). 2. Ответьте на вопросы: перечень вопросов. 3. Изучите устройство автоматической смены инструментов. 4. Ознакомьтесь с типовым алгоритмом загрузки инструмента в станок ЧПУ 5. Представьте выполненную работу в виде отчета с ответами на вопросы.

**Краткие теоретические сведения:**

Алгоритм загрузки инструмента в станок ЧПУ

1. Подготовка

Проверить наличие и исправность инструмента (отсутствие повреждений, правильная маркировка).

Подготовить инструментальный магазин/каретку.

Обеспечить чистоту и безопасность (убрать загрязнения, убедиться в исправности системы зажима).

2. Вход в режим загрузки

Включить станок и войти в режим управления инструментами (обычно через меню или команду).

Выбрать режим "Загрузка инструмента" или аналогичный.

3. Выбор инструмента

Ввести номер инструмента, который необходимо загрузить.

Проверить наличие инструмента в магазине/каретке.

4. Подготовка к загрузке

Переместить каретку или инструментальную систему в безопасную позицию для загрузки (например, в зону загрузки/обслуживания).

Проверить, что зона загрузки свободна и безопасна.

5. Механическая загрузка

Открыть зажимной узел или держатель инструмента.

Вставить инструмент в зажимной узел вручную или с помощью автоматической системы.

Зафиксировать инструмент, убедившись в правильной посадке и надежности зажима.

#### 6. Проверка и калибровка

Выполнить автоматическую или ручную проверку длины и диаметра инструмента (если предусмотрено).

Зафиксировать параметры инструмента в системе ЧПУ (например, длину, диаметр).

#### 7. Завершение загрузки

Закрыть зажимной узел.

Переместить инструментальную систему в рабочую позицию.

Выполнить тестовое вращение или проверку, чтобы убедиться в правильной фиксации.

#### 8. Запуск обработки

Вернуться к рабочему режиму.

Продолжить выполнение программы с новым инструментом.

### **Форма представления результата:**

Работа должна быть представлена в виде таблицы с параметрами инструментов.

### **Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание.

## **Лабораторное занятие №2**

### **Управление перемещениями рабочих органов станка с ЧПУ в ручном и пошаговом режимах.**

**Цель:** формирование умений управления рабочими органами станка

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Управлять перемещением рабочих органов фрезерного станка с ЧПУ.

### **Материальное обеспечение:**

станок ЧПУ

### **Задание:**

- 1 Произвести действия согласно порядку выполнения работы.
2. Оформить отчет.

### **Порядок выполнения работы:**

1 Включить станок. Для этого нажать кнопку «POWER ON» и дождаться загрузки системы. Повернуть кнопку «EMERGENCY STOP». После самодиагностики станка на дисплее появится или окно сообщений, или окно сигналов об ошибках.

2 Проанализировать сообщения или сигналы об ошибках. При необходимости выполнить указания. Сбросить сигналы об ошибках, нажимая необходимое число раз клавишу «RESET».

3 Переместиться в исходное положение по всем осям, нажав клавишу «POWER UP»/«RESTART». Станок готов к работе.

4 Запустить программу прогрева, если станок до включения долго не работал. Для этого выполнить следующую последовательность действий: нажать клавишу «SELECT PROG»; при помощи клавиш курсора или маховика «HANDLE

JOG» выделить вкладку «ПАМЯТЬ» в окне списка нумерованных программ; при помощи клавиш курсора или маховика «HANDLE JOG» выделить программу прогрева; нажать клавишу «WRITE/ENTER», после чего программа прогрева станет активной; выбрать режим «MEM», после чего программа прогрева станет готова к запуску; нажать кнопку «CYCLE START».

5 Дождаться окончания выполнения программы прогрева.

6 Выбрать режим «HAND JOG». В этом режиме переместиться по каждой из осей станка в обоих направлениях. Для этого использовать три основных способа ручного управления перемещением. Использовать клавиши ручной коррекции.

7 Выключить станок. Для этого отвести рабочие органы станка от исходного положения не менее, чем на 1 градус, нажать кнопку «EMERGENCY STOP», затем кнопку «POWER OFF»

### **Краткие теоретические сведения:**

В основном станки с ЧПУ используются для обработки деталей по программе. Однако при наладке станка с ЧПУ приходится вручную управлять перемещением рабочих органов.

### **Форма представления результата:**

Описание основных способов ручного управления перемещением рабочих органов станка с ЧПУ.

### **Контрольные вопросы:**

1 Для чего используется ручное управление перемещением рабочих органов станка с ЧПУ? 2 На какие этапы можно разделить сеанс работы на станке с ЧПУ? 3 Как включить станок с ЧПУ? 4 Как осуществить обработку сигналов об ошибках и сообщений на станке с ЧПУ? 5 Как осуществить перемещение в исходное положение на станке с ЧПУ? 6 Как осуществить запуск нумерованной программы на станке с ЧПУ? 7 Для чего нужна программа прогрева станка с ЧПУ? 8 Как выключить станок с ЧПУ? 9 Каковы возможности режима «HAND JOG»?

### **Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание.



## Тема 1.2. Основные понятия программного управления.

### Лабораторное занятие №3

#### Описание принципа работы станка с программным управлением при обработке изделия.

**Цель:** формирование умений работы на станках ЧПУ

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Программировать станки ЧПУ

**Материальное обеспечение:**

станок ЧПУ

**Задание:**

- 1 По приведенным вариантам опишите систему координат и распишите основные и вспомогательные движения, выполняемые на представленных станках в зависимости от типа технологических операций и рабочего инструмента которым они могут выполнять. Отметьте положительное направление перемещение по координатным осям.
2. Оформить отчет.

#### Порядок выполнения работы:

- 1 Опишите систему координат по варианту.
- 2 распишите основные и вспомогательные движения.
- 3 Отметьте положительное направление перемещение по координатным осям.

#### Краткие теоретические сведения:

Разберем основные и вспомогательные движения, а так же оси координат на наших учебных станках. Станок может выполнять следующие операции:

- сверление (сверло)
- фрезерование (Фреза)
- развертывание (развертка)
- растачивание (при использовании поворотного стола)
- распиливание дисковой фрезой.

Все вышеперечисленные операции можно производить при подключенном РС-совместимом компьютере через стандартные программы управления CNC, например, Mach3, KКАМ4 и пр. Основные оси координат нашего станка будут расположены следующим образом см. рис 1.15. таким образом, станок позволяет обрабатывать в системе 3D с прямоугольными декартовыми координатами. При сверлении главное движение совершается сверлом - вращение, движение подачи - перемещение по оси Z. Вспомогательное движение - позиционирование выполняется по осям X, Y и Z. Смена инструмента производится вручную. При фрезеровании главное движение совершается фрезой - вращение, движение подачи - перемещение по осям X, Y и Z со снятием стружки. Вспомогательное движение - позиционирование выполняется по осям X, Y и Z без снятия стружки. Смена инструмента производится вручную. положительное направление перемещения на рисунках отмечено «+» Рис. 8. Расположение основных осей многоцелевого станка IP500МФ4 При использовании

поворотного стола станок уже обрабатывает в системе 4D к прямо угольной декартовой системе координат, добавилась четвертая координата угол поворота стола, который задается в цилиндрических координатах по круговой оси A. При растачивание цилиндрической фрезой основное движение совершает фреза – вращение. движение подачи при растачивании обеспечивается движением по осям X (линейное перемещение задающее глубину резания) и A (вращение - задающее скорость). Вспомогательное движение - позиционирование выполняется по осям X, Y, Z и A без снятия стружки. Смена инструмента производится вручную.

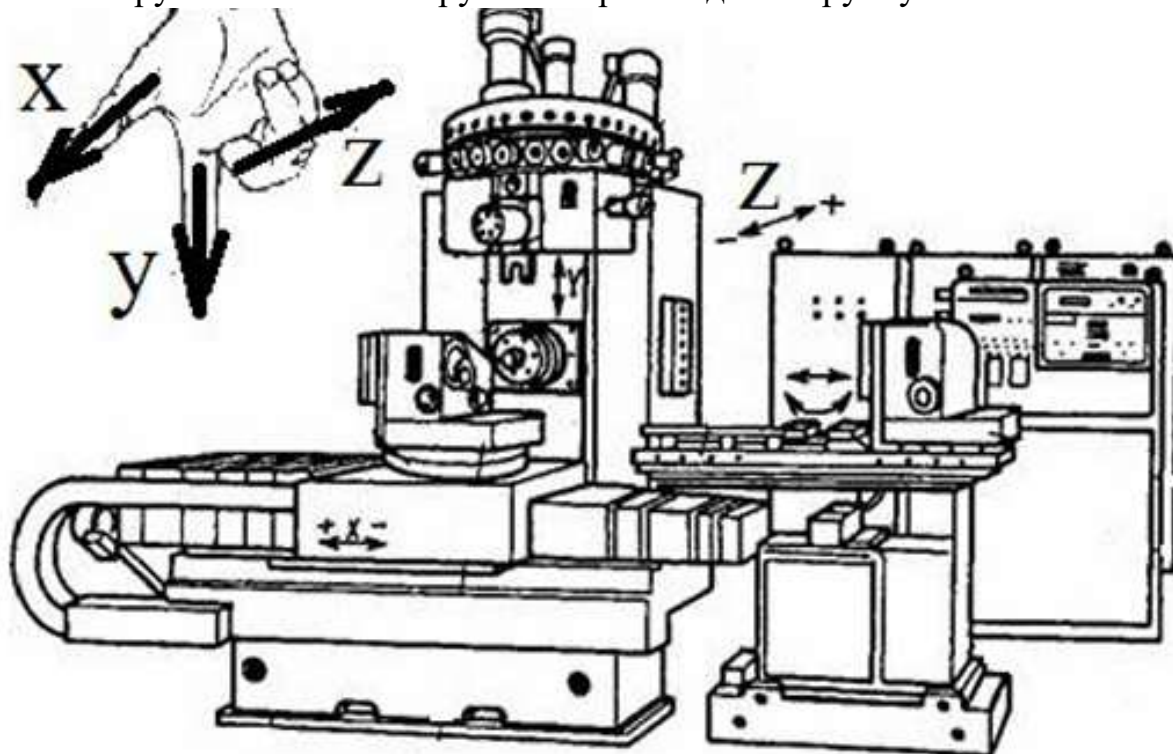


Рисунок 1. Расположение основных осей многоцелевого станка

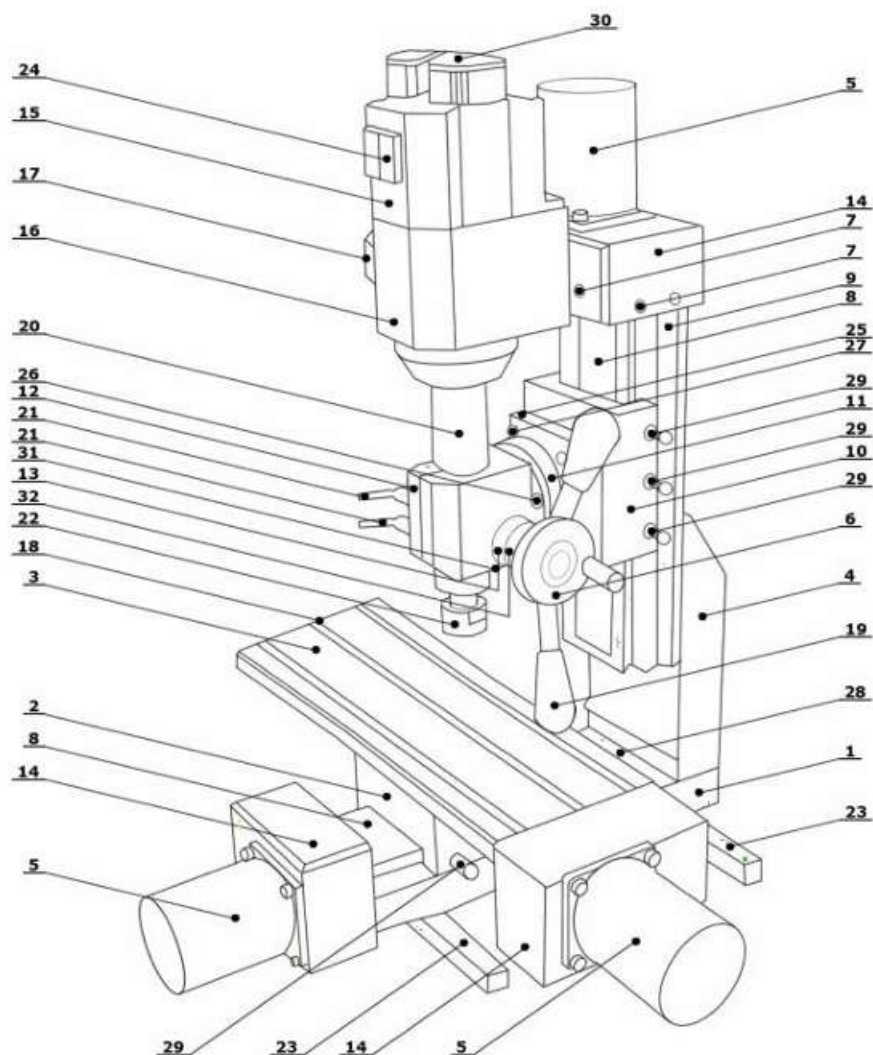
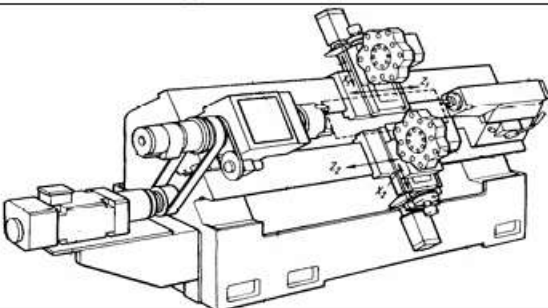
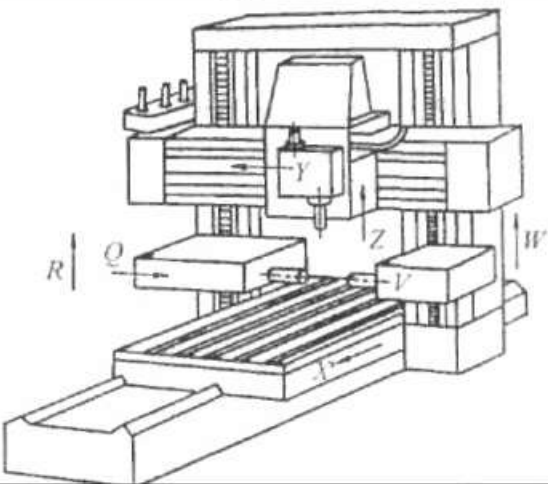
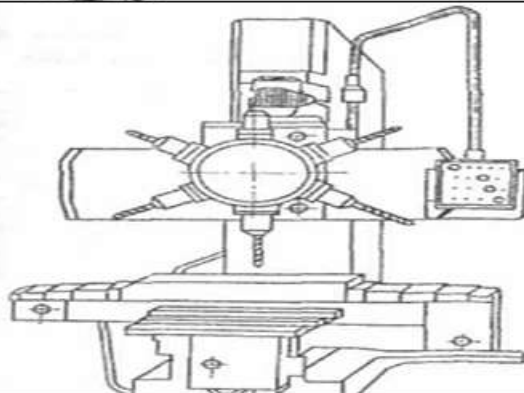


Рисунок 2. Вертикально - фрезерный станок 1 – основание, 2 - перемещающейся крестовина, 3 - рабочий стол, 4 – уголок, 5- шаговый электродвигатель, 6,13,19,31,32 - детали узла быстрой подачи шпиндельной головки 7 – проставка шпинделя, 8- специальное защитное устройство от попадания стружки с телескопическими жалюзи, 9 - вертикальные направляющие, 10 - суппорт, 11- фланец с концентрическим Т образным пазом, 12 - поворотный кронштейн крепления шпиндельной головки, 14 - корпуса редукторов подач по координатам, 15 - понижающая шестерня, расположенную в крышке корпуса, 16 - корпус редуктора, 17 - ручка переключения скоростей, 18 – Т-образный паз для крепления заготовки, 20 - гильза, 21 - две фиксирующие ручки, 22 - специальная резьбовая крышка, 23 - опорные ножки, 24 - выключатель шпиндельной головки, 25 - проставка фланца, 26 – крепежный фланец шпиндельной головки, 27 – крепежный фланец Z-координаты, 28 – уголок, 29 – регулировочные болты, 30 - электродвигатель.

Варианты заданий:

таблица 1.1 – варианты задания для самостоятельной работы.

| № | Схематический вид станка                                                            | Примечание                                                                                                                                                                                                                         |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 |    | Многоцелевой патронно-центровой токарный станок с ЧПУ модель 200НТР<br>Производство РФ,<br>г.Стерлитамак<br>Инструментальный магазин на 14 рабочих инструментов (время смены инструмента 0,14с.) Ось W- перемещение контрошпинделя |
| 2 |   | Портальный станок                                                                                                                                                                                                                  |
| 3 |  | Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ2Р135Ф2                                                                                                                                                                                        |

### Форма представления результата:

Оформленный отчет.

### Контрольные вопросы:

1. Что такое основное и вспомогательное движение станка? приведите примеры. 2. Основные системы координат, применяемые на станках с ЧПУ 3. Опишите методику определения осей координат металлорежущего станка. 4. Правило правой руки.

### Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание

## Лабораторное занятие №4

### Разработка комментариев в управляющей программе и карта наладки.

**Цель:** формирование умений управления рабочими органами станка

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Добавлять комментарии в управляющую программу и карту наладки

**Материальное обеспечение:**

станок ЧПУ

**Задание:**

1. Добавить комментарии в управляющую программу и карту наладки.
2. Оформить отчет.

**Порядок выполнения работы:**

1. Посмотреть видео ролик по ссылке: <https://www.planetacam.ru/college/learn/4-5/https://top3dshop.ru/blog/cnc-machine-docs.html?srsltid=AfmBOorsltbovoKCtOCnpFTm8EE94yt5RH-IYMgw448MFoTj8A01d9th>

2. Добавить комментарии в управляющую программу и карту наладки

**Краткие теоретические сведения:**

Если вы работаете постоянно, каждый день создаете хотя бы по одной программе для станка с ЧПУ, то через некоторое время обнаружите, что в вашем компьютере накопилось довольно много рабочих файлов. Практически невозможно запомнить все технологические подробности и нюансы работы с той или иной программой. Оператор станка обязательно должен представлять, что делает конкретная УП, и обладать определенной информацией для настройки станка на работу. Например, где находится нулевая точка программы, какие режущие инструменты используются. В настоящее время эта информация сохраняется в основном двумя способами: с помощью комментариев в программе и карты наладки. **Управляющая программа (УП)**

– это набор команд, записанный на языке G-кодов, который управляет движениями инструмента и вспомогательными функциями станка с ЧПУ для обработки детали.

- **Комментарии**

– это пояснительный текст, который включается в код УП, но игнорируется при выполнении программы. Они помогают технологу и оператору понять назначение тех или иных команд, последовательность действий и параметры обработки.

Цели разработки комментариев в УП

- **Повышение читаемости кода:**

Комментарии делают программу понятной для других пользователей и для самого программиста спустя время.

- **Упрощение отладки:**

Помогают быстро найти ошибки и внести необходимые корректировки.

- **Обеспечение документирования:**

Используются для создания документации по работе программы.

Что такое карта наладки

- **Карта наладки:** – это расчетно-технологическая карта, которая содержит все сведения, необходимые для наладки станка и выполнения обработки детали.
- Она служит как наглядное руководство для оператора.

Содержание карты наладки

В карту наладки включается следующая информация:

- **Материал и размеры заготовки .**
- **Данные о системе координат .**
- **Наименования и размеры инструмента .**
- **Перечень технологических операций .**
- **Параметры режимов резания:** (скорость, подача).

Процесс выполнения лабораторной работы

#### **1. Изучение детали:**

Анализ чертежа детали для определения последовательности и видов технологических операций.

#### **2. Разработка УП:**

Составление управляющей программы с использованием G-кодов.

#### **3. Добавление комментариев:**

Включение в УП пояснений к каждому блоку команд, включая:

- Цель операции (например, "Подвод к заготовке", "Снятие фаски").
- Назначение вспомогательных команд (смена инструмента, включение охлаждения).
- Описание параметров (скорость вращения шпинделя, подача).

#### **4. Составление карты наладки:**

Создание документа, содержащего всю информацию о настройке станка и параметрах обработки.

#### **5. Проверка:**

Отработка УП на симуляторе или реальном станке для подтверждения корректности работы и отсутствия ошибок.

**Форма представления результата:**

Оформленный отчет

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое комментарии к управляющей программе. 2. Что такое карта наладки.

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание

## Лабораторное занятие №5

### Программирование в G-коде изготовления детали «Простой контур».

**Цель:** формирование умений программировать станки с ЧПУ

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

программировать станки с ЧПУ

**Материальное обеспечение:**

станок ЧПУ

**Задание:**

1 Согласно предложенному варианту (табл. 2.3.) написать управляющую программу для обработке траектории буквы на станке с ЧПУ. Поле обработки, в которое необходимо вписать букву прямоугольник 10х9 мм. Обработка буквы будет производиться на условном вертикально-фрезерном станке с ЧПУ, фрезой диаметром 1 мм, в заготовке из органического стекла.

Управляющую программу записать в таблицу шапка, которой аналогична таблице 2.3.

Важным моментом в составлении управляющей программы является её оптимизация.

При проектировании траектории перемещения рабочего инструмента необходимо учитывать ряд принципов:

Холостые переходы должны составлять минимальный объем времени от основной программы. Их количество и длина, должны быть минимизированы.

Холостые переходы должны выполняться над поверхностью заготовки на безопасном расстоянии в ускоренном режиме.

Оптимальной подачей, для обработки оргстекла предложенной фрезой считать подачу 100 мм в минуту

2. Оформить отчет.

**Порядок выполнения работы:**

1 Написать управляющую программу для обработке траектории буквы на станке с ЧПУ

2 Управляющую программу записать в таблицу.

**Краткие теоретические сведения:**

На производстве, где работают различные станки с числовым программным управлением, используется множество различного программного обеспечения, но в большинстве случаев весь управляющий софт использует один и тот же управляющий код- G-code. Это своеобразный язык общения между станком оснащенным ЧПУ – Компьютером – Оператором ПК. В обиходе этот язык называют "G-код". Этот язык должен знать любой оператор или программист станков с ЧПУ. Начнем знакомство с этим языком. G-code- это язык который был создан пол века назад, доработанный в феврале 1980-о года и стандартизирован как RS274D стандарт. Комитет ИСО утвердил G-code, как стандарт ISO 6983-1:1982, Госкомитет по стандартам СССР — как ГОСТ 20999-83. В советской технической литературе G-code обозначается, как код ИСО-7 бит. С тех пор этот стандарт активно использовался производителями станков с ЧПУ, расширяя его по своему усмотрению, но основные коды и структура программ

осталась неизменной. Причина этому в том, что программа, написанная с использованием G-code, имеет жесткую структуру. Все команды управления объединяются в кадры — группы, состоящие из одной или более команд. Каждая команда состоит из слов — базовых элементов программы, состоящей из комбинации латинской буквы и некоторого числового значения (положительного или отрицательного, дробного или целого). В соответствии с международными стандартами и ГОСТ 20999-83 структура управляющей программы в общем случае подчиняется следующим правилам:

- В тексте управляющей программы должна содержаться геометрическая, технологическая и вспомогательная информация, которая необходима для проведения заданной обработки. В каждом кадре программы записывается только та информация, которая изменяется по отношению к предыдущему кадру. При этом выполнение системой ЧПУ оставшейся неизменной информации прекращается только после поступления команды на ее отмену (вид этой команды и способ отмены определяется особенностями конкретной системы ЧПУ).
- Каждая управляющая программа начинается символом «начало программы», подающим системе управления сигнал о начале выполнения программы. Вид символа «начало программы» зависит от особенностей применяемой системы ЧПУ. Наиболее часто в отечественных и зарубежных системах ЧПУ используется символ %. При этом кадр с символом «начало программы» не нумеруется. Нумерация кадров начинается с последующего кадра.
- Если управляющей программе необходимо присвоить обозначение, то его располагают в кадре с символом «начало программы» непосредственно за символом.
- Если текст управляющей программы необходимо сопроводить комментарием, например сведениями об особенностях наладки станка, то его размещают перед символом «начало программы».
- Управляющая программа должна заканчиваться символом «конец программы», подающим системе управления сигнал на прекращение выполнения управляющей программы, останов шпинделя, приводов подачи и выключение охлаждения. Информация, помещенная в текст управляющей программы после этого символа не должна восприниматься системой ЧПУ.
- Информация, расположенная в тексте управляющей программы между символами «начало программы» и «конец программы» и заключенная в круглые скобки не должна приниматься системой ЧПУ к исполнению. При этом в тексте внутри скобок не должны применяться символы «начало программы» и «главный кадр».

Подготовительные (основные) команды языка начинаются с буквы G.

Включают такие действия, как:

G00-G04 Позиционирование инструмента

G17-G19 Переключение рабочих плоскостей (XY, XZ, YZ)

G20-G21 Не стандартизовано

G40-G44 Компенсация размера различных частей инструмента (длина, диаметр)

G53-G59 Переключение систем координат

G80-G84 Циклы сверления, нарезания резьбы

G90-G92 Переключение систем координат (абсолютная, относительная)

Подготовительные функции (G коды) позиционирования инструмента. G00 - быстрое



позиционирование. Функция G00 используется для выполнения ускоренного перемещения режущего инструмента к позиции обработки или к безопасной позиции. Ускоренное перемещение никогда не используется для выполнения обработки, так как скорость движения исполнительного органа станка очень высока. Код G00 отменяется кодами: G01, G02, G03. G01 - линейная интерполяция. Функция G01 используется для выполнения прямолинейных перемещений с заданной скоростью (F). При программировании задаются координаты конечной точки в абсолютных значениях (G90) или приращениях (G91) с соответственными адресами перемещений (например X, Y, Z). Код G01 отменяется кодами: G00, G02, G03. G02 - круговая интерполяция по часовой стрелке. Функция G02 предназначена для выполнения перемещения инструмента по дуге (окружности) в направлении часовой стрелки с заданной скоростью (F). При программировании задаются координаты конечной точки в абсолютных значениях (G90) или приращениях (G91) с соответственными адресами перемещений (например X, Y, Z). Параметры интерполяции I, J, K, которые определяют координаты центра дуги окружности в выбранной плоскости, программируются в приращениях от начальной точки к центру окружности, в направлениях, параллельных осям X, Y, Z соответственно. Код G02 отменяется кодами: G00, G01, G03. G03 - круговая интерполяция против часовой стрелки. Функция G03 предназначена для выполнения перемещения инструмента по дуге (окружности) в направлении против часовой стрелки с заданной скоростью (F). При программировании задаются координаты конечной точки в абсолютных значениях (G90) или приращениях (G91) с соответственными адресами перемещений (например X, Y, Z). Параметры интерполяции I, J, K, которые определяют координаты центра дуги окружности в выбранной плоскости, программируются в приращениях от начальной точки к центру окружности, в направлениях, параллельных осям X, Y, Z соответственно. Код G03 отменяется кодами: G00, G01, G02. G04 - пауза. Функция G04 - команда на выполнение выдержки с заданным временем. Этот код программируется вместе с X или P адресом, который указывает длительность времени выдержки. Обычно, это время составляет от 0.001 до 99999.999 секунд. Например G04 X2.5 - пауза 2.5 секунды, G04 P1000 - пауза 1 секунда. Модальность - это свойство функции, сохраняющее свое значение в управляющей программе (G-коде) до последующей отмены или изменения. Свойство модальность в управляющей программе, проявляется в каждой строке это проявляется в том, что некоторые функции для упрощения программирования сохраняют свое действие до следующей их отмены или изменения значения. Например, если прямолинейный тип движения не меняется в течение нескольких кадров управляющей программы, то соответствующая G1 функция может быть использована только в первом из перемещений, а в последующих кадрах, она не пишется. Технологические команды языка начинаются с буквы M. Включают такие действия, как: сменить инструмент, включить/выключить шпиндель, включить/выключить охлаждение, вызвать/закончить подпрограмму. Вспомогательные (технологические) команды M00 Приостановить работу станка до нажатия кнопки «старт» на пульте управления, так называемый "технологический

останов" M01 Приостановить работу станка до нажатия кнопки «старт», если включен режим подтверждения останова M02 Конец программы M03 Начать вращение шпинделя по часовой стрелке M04 Начать вращение шпинделя против часовой стрелки M05 Остановить вращение шпинделя; M06 Сменить инструмент; M07 Включить дополнительное охлаждение; M08 Включить основное охлаждение; M09 Выключить охлаждение; M30 Конец информации В начале каждой программы есть так называемая строка безопасности Строкой безопасности называется кадр, содержащий G коды, которые переводят станок ЧПУ в определенный стандартный режим, отменяют ненужные функции и обеспечивают безопасную работу с управляющей программой. В начале программы для обработки строкой безопасности является кадр N1. N10 G21 G40 G49 G54 G80 G90 Как вы уже знаете, многие коды являются модальными и остаются активными в памяти станка ЧПУ до тех пор, пока их не отменят Возможны ситуации, когда ненужный модальный G код не был отменен. Например, если программа обработки была прервана по каким-либо причинам в середине. Строка безопасности, которая обычно находится в начале управляющей программы или после кадра смены инструмента позволяет "восстановить" забытые G коды и выйти в привычный режим работы. Давайте поближе познакомимся с G кодами, находящимися в типичной строке безопасности. Код G21 говорит станку о том, что все перемещения и подачи рассчитываются и осуществляются в миллиметрах, а не в дюймах (G20). Так как станки производятся и работают в разных странах, то существует возможность переключения между дюймовым и метрическим режимами. Поэтому включение этого кода в состав строки безопасности гарантирует работу в правильном режиме. Код G40 отменяет автоматическую коррекцию на радиус инструмента. Коррекция на радиус инструмента предназначена для автоматического смещения инструмента от запрограммированной траектории. Коррекция может быть активна, если вы в конце предыдущей программы забыли ее отменить (выключить). Результатом этого может стать неправильная траектория перемещения инструмента и, как следствие, испорченная деталь. Код G49 отменяет компенсацию длины инструмента. Код G54 на большинстве современных станков позволяет активизировать одну из нескольких рабочих систем координат. Предыдущая управляющая программа могла работать в другой системе координат, например в G55. Как и большинство G кодов, G код рабочей системы координат является модальным и сохраняется активным в памяти системы ЧПУ до тех пор, пока его не отменят. Для того чтобы избежать ошибки, в строку безопасности включают код требуемой рабочей системы координат (G54-G59). Код G80 отменяет все постоянные циклы (например, циклы сверления) и их параметры. Отмена постоянных циклов необходима, так как все координаты после G кода постоянного цикла относятся непосредственно к нему и для выполнения других операций нужно "сказать" системе ЧПУ, что цикл закончен. Код G90 активизирует работу с абсолютными координатами. Хотя большинство программ обработки создается в абсолютных координатах, возможны случаи, когда требуется выполнять перемещения инструмента в относительных координатах (G91).

Таблица 2.1 – Значение основных символов в языке программирования G-code

| Символ | Назначение                                           | Применение                                                                                                                                                                                                                       |
|--------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N      | Номер кадра                                          | Порядковый номер кадра.                                                                                                                                                                                                          |
| G      | Подготовительные функции и технологические циклы     | Команды на вид и условия перемещения исполнительных органов станка.                                                                                                                                                              |
| M      | Вспомогательные функции                              | Команды, определяющие условия работы механизмов станка, например, включение и выключение шпинделя или программируемый останов выполнения программы.                                                                              |
| X      | Функция прямолинейного перемещения по оси X          | Задание координаты конечной точки или величины перемещения исполнительного органа станка вдоль оси X.                                                                                                                            |
| Y      | Функция прямолинейного перемещения по оси Y          | Задание координаты конечной точки или величины перемещения исполнительного органа станка вдоль оси Y.                                                                                                                            |
| Z      | Функция прямолинейного перемещения по оси Z          | Задание координаты конечной точки или величины перемещения исполнительного органа станка вдоль оси Z.                                                                                                                            |
| A      | Функция кругового перемещения вокруг оси X           | Задание координаты конечной точки или величины кругового перемещения исполнительного органа станка вокруг оси X. Символ применяется только при наличии у станка независимо перемещаемого вокруг оси X исполнительного органа.    |
| B      | Функция кругового перемещения вокруг оси Y           | Задание координаты конечной точки или величины кругового перемещения исполнительного органа станка вокруг оси Y. Символ применяется только при наличии у станка независимо перемещаемого вокруг оси Y исполнительного органа.    |
| C      | Функция кругового перемещения вокруг оси Z           | Задание координаты конечной точки или величины кругового перемещения исполнительного органа станка вокруг оси Z. Символ применяется только при наличии у станка независимо перемещаемого вокруг оси Z исполнительного органа.    |
| U      | Функция прямолинейного перемещения параллельно оси X | Задание конечной точки, определяющей перемещение исполнительного органа станка параллельно оси X. Символ применяется только при наличии у станка второго независимо перемещаемого вдоль оси X исполнительного органа.            |
| V      | Функция прямолинейного перемещения параллельно оси Y | Задание координаты конечной точки или величины перемещения исполнительного органа станка параллельно оси Y. Символ применяется только при наличии у станка второго независимо перемещаемого вдоль оси Y исполнительного органа.  |
| W      | Функция прямолинейного перемещения параллельно оси Z | Задание координаты конечной точки или величины перемещения исполнительного органа станка параллельно оси Z. Символ применяется только при наличии у станка второго независимо перемещаемого вдоль оси Z исполнительного органа.  |
| P      | Функция прямолинейного перемещения параллельно оси X | Задание координаты конечной точки или величины перемещения исполнительного органа станка параллельно оси X. Символ применяется только при наличии у станка третьего независимо перемещаемого вдоль оси X исполнительного органа. |
| Q      | Функция прямоли-                                     | Задание координаты конечной точки или величины перемещения                                                                                                                                                                       |

|   |                                                      |                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | нейного перемещения параллельно оси Y                | щения исполнительного органа станка параллельно оси Y. Символ применяется только при наличии у станка третьего независимо перемещаемого вдоль оси Y исполнительного органа.                                                      |
| R | Функция прямолинейного перемещения параллельно оси Z | Задание координаты конечной точки или величины перемещения исполнительного органа станка параллельно оси Z. Символ применяется только при наличии у станка третьего независимо перемещаемого вдоль оси Z исполнительного органа. |
| F | Функция подачи                                       | Задание скорости результирующего прямолинейного перемещения инструмента относительно заготовки.                                                                                                                                  |
| E | Функция подачи                                       | Задание скорости результирующего прямолинейного перемещения инструмента относительно заготовки. Символ применяется только при наличии у станка второй автономной шпиндельной головки.                                            |
| I | Функция интерполяции по оси X                        | Задание интерполяции перемещения исполнительного органа станка или шага резьбы вдоль оси X.                                                                                                                                      |
| J | Функция интерполяции по оси Y                        | Задание интерполяции перемещения исполнительного органа станка или шага резьбы вдоль оси Y.                                                                                                                                      |
| K | Функция интерполяции по оси Z                        | Задание интерполяции перемещения исполнительного органа станка или шага резьбы вдоль оси Z.                                                                                                                                      |
| T | Функция смены инструмента                            | Задание команды на автоматическую установку в рабочую позицию сменного инструмента под определенным номером. Символ применяется только при наличии у станка устройства автоматической смены инструмента.                         |
| D | Функция смены инструмента                            | Задание команды на автоматическую установку в рабочую позицию сменного инструмента под определенным номером. Символ применяется только при наличии у станка второго устройства автоматической смены инструмента.                 |
| S | Функция главного движения                            | Задание скорости вращения вала шпинделя, если она регулируется программным способом.                                                                                                                                             |

Пример :

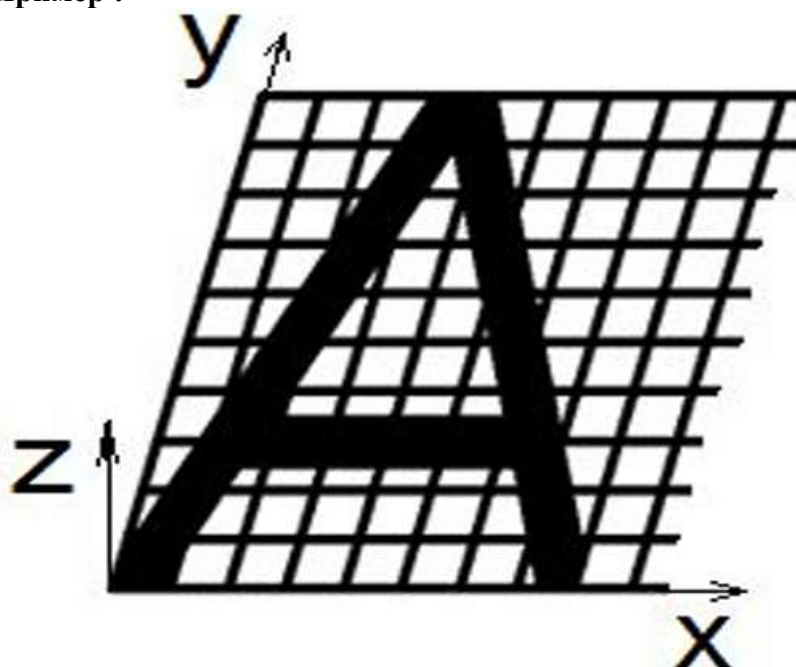
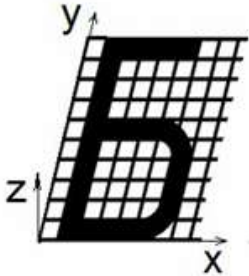
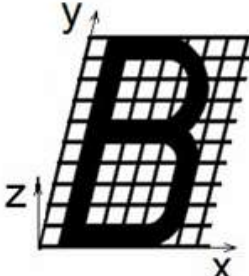
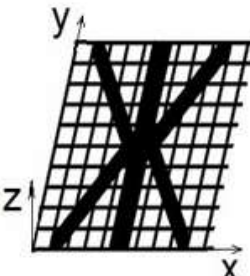
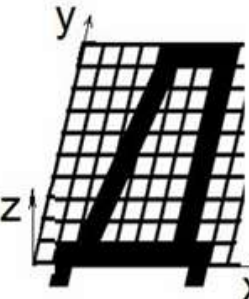
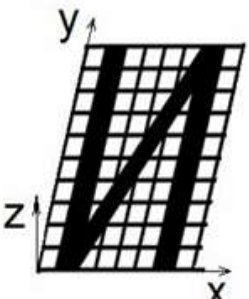
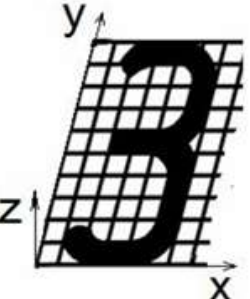
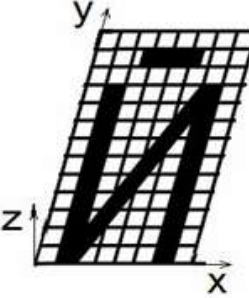
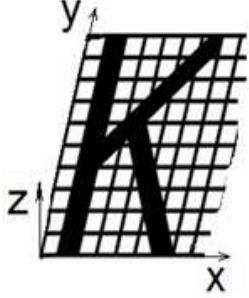
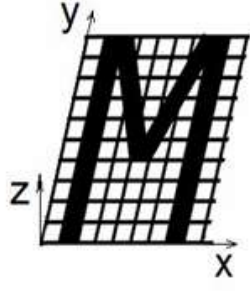
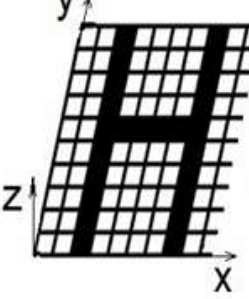
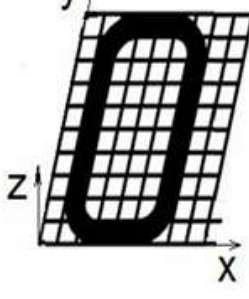
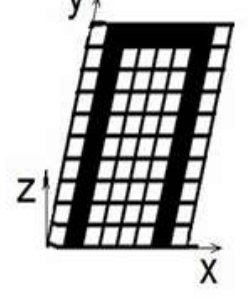


Рисунок 3 Обрабатываемая буква А (черным цветом выделен результат обработки).

Таблица 2.2 - Управляющая программа обработки буквы А

| Кадр | Содержание    | Комментарий                                                                                          |
|------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | %             | Начало программы                                                                                     |
| N1   | G90 G40 G17   | Система координат абсолютная, компенсация на радиус инструмента выключена, плоскость интерполяции XY |
| N2   | S500 M3       | Задать скорость вращения шпинделя и включить шпиндель                                                |
| N3   | G0 X0.5 Y0.5  | Переход в точку начала обработки на холостом ходу                                                    |
| N4   | Z1.0          | Подход к заготовке по Z, недоходя 1 мм, на холостом ходу                                             |
| N4   | G1 Z-1.0 F100 | Врезание в заготовку на подаче 100 мм/мин                                                            |
| N5   | X3.75 Y 9.5   | Первый штрих буквы А                                                                                 |
| N6   | X4.25         | Продолжение движения                                                                                 |
| N7   | X8.5 Y0.5     | Второй штрих буквы А                                                                                 |
| N8   | G0 Z1         | Подъем режущего инструмента на безопасную высоту Z= 1 мм, на холостом ходу                           |
| N9   | X2.0 Y3.0     | Перевод инструмента в точку обработки штриха X2.0 Y3.0, на холостом ходу                             |
| N10  | G1 Z-1.0 F100 | Врезание в заготовку на подаче 100 мм/мин                                                            |
| N11  | X6.5          | Обработка штриха буквы А                                                                             |
| N12  | G0 Z12        | Отвод инструмента от заготовки на холостом ходу                                                      |
| N13  | M5            | Выключить шпиндель                                                                                   |
| N14  | M30           | Конец программы                                                                                      |

Варианты заданий:

| №  | Буквы                                                                               | №  | Буквы                                                                               | №  | Буквы                                                                                |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  |    | 2  |    | 3  |    |
| 4  |    | 5  |    | 6  |    |
| 7  |   | 8  |   | 9  |   |
| 10 |  | 11 |  | 12 |  |

**Форма представления результата:**

Оформленный отчет

**Контрольные вопросы:**

1. История и назначение языка программирования g-code? 2. Структура строки и адреса языка программирования g-code? 3. Функциональные значения символов X, Y, Z, U, V, W, Q, A, B, C, D, E, G, I, J, K, M, S, F, L, R, P, T, D, H, в языке программирования g-code? 4. Значение команд G00-G04 в языке программирования g-code? 5. Значение команд G17-G19 в языке программирования g-code? 6. Значение команд G20-G21 в языке программирования g-code? 7. Значение команд G40-G44 в языке



программирования g-code? 8. Значение команд G53-G59 в языке программирования g-code? 9. Значение команд G80-G84 в языке программирования g-code? 10. Значение команд G90-G92 в языке программирования g-code? 11. Значение команд M01, M02, M30 в языке программирования g-code? 12. Значение команд M03-M09 в языке программирования g-code?.

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание

**Лабораторное занятие №6**

**Программирование в G-коде изготовления детали «Карман»**

**Цель:** формирование умений программировать станки с ЧПУ

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

программировать станки с ЧПУ

**Материальное обеспечение:**

станок ЧПУ

**Задание:**

- 1 Согласно предложенному варианту написать управляющую программу для обработке кармана на станке с ЧПУ.
2. Оформить отчет.

**Порядок выполнения работы:**

- 1 Написать управляющую программу для обработке кармана на станке с ЧПУ
- 2 Управляющую программу записать в таблицу.

**Пример:**

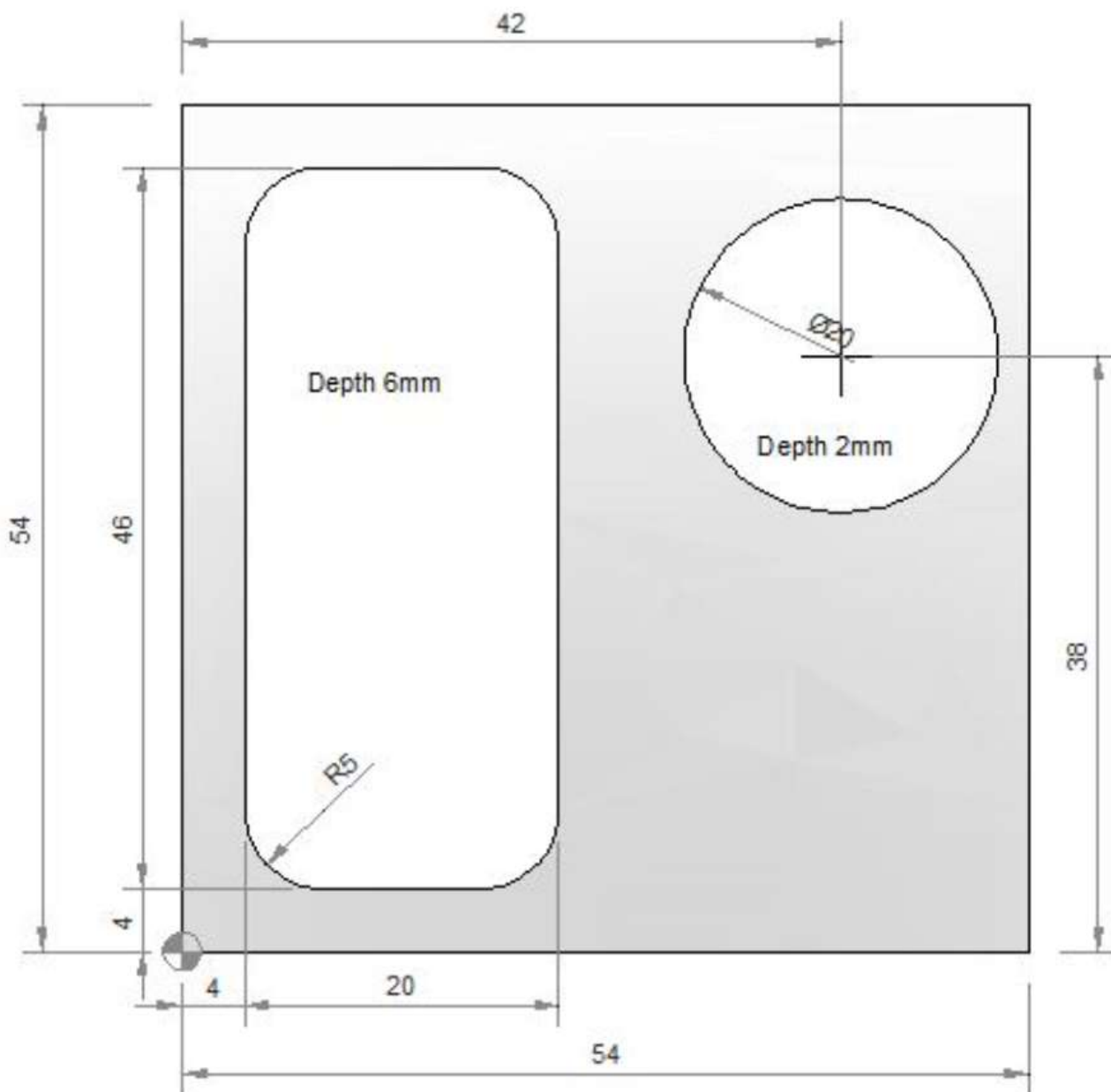
Фрезерование карманов – это процесс, при котором на заготовке создается полость с определенными параметрами, глубиной и формой. В этой статье разберем пример программы для фрезерования карманов на станке с числовым программным управлением (ЧПУ). Для написания программы будем использовать [стандартный язык G-кодов](#), применяемый на большинстве ЧПУ-станков.

Основные этапы при написании программы

1. Подготовка и анализ чертежа

Прежде чем приступить к написанию программы, важно:

- Проанализировать чертеж детали и определить размеры кармана (длину, ширину и глубину).
- Подобрать режущий инструмент с учетом материала заготовки и формы кармана.



- Подобрать режущий инструмент с учетом материала заготовки и формы кармана.
- Рассчитать параметры резания: скорость подачи, частоту вращения шпинделя и глубину резания.

## 2. Выбор инструмента

В данном примере будем использовать фрезу диаметром 10 мм для обработки алюминиевого кармана. Этот диаметр позволит нам эффективно обработать карман, соблюдая нужные допуски и чистоту обработки.



### 3. Структура программы

Основная структура программы для фрезерования карманов включает следующие шаги:

1. Задание начальных параметров станка.
2. Установка координат нулевой точки заготовки.
3. Выбор инструмента и настройка его параметров.
4. Фрезерование кармана.
5. Завершение программы.

#### Пример программы фрезерования кармана

Рассмотрим программу, в которой будет создан карман размером 50 мм на 50 мм и глубиной 5 мм. Мы будем использовать фрезу диаметром 10 мм, начальная точка обработки находится на поверхности заготовки, координаты (X0, Y0, Z0) заданы по центру кармана. В примере ниже использованы стандартные коды G-кодов, такие как G0, G1, G2, G3 и M-коды.

#### Программа на G-кодах

%

O1000 ; Номер программы

G21 ; Единицы измерения – миллиметры

G17 ; Выбор рабочей плоскости X-Y

G90 ; Абсолютное программирование координат

T1 M06 ; Выбор инструмента (инструмент №1) и смена инструмента

S3000 M03 ; Установка скорости шпинделя (3000 об/мин) и запуск шпинделя

G54 ; Установка системы координат

G0 X0 Y0 ; Перемещение в начальную точку над карманом

G43 H1 Z5 ; Включение коррекции по длине инструмента (H1), подъем на 5 мм

G1 Z-1.0 F300 ; Погружение на глубину 1 мм с подачей 300 мм/мин

G1 X-25 Y-25 F400 ; Начало обработки первой стороны кармана

G1 X25 Y-25 ; Перемещение к другой стороне по оси X

G1 X25 Y25 ; Перемещение вдоль оси Y

G1 X-25 Y25 ; Перемещение вдоль другой стороны по оси X

G1 X-25 Y-25 ; Возврат к начальной точке

|              |                                               |
|--------------|-----------------------------------------------|
| G1 Z-2.0     | ; Углубление на 1 мм                          |
| G1 X25 Y-25  | ; Повторение контура кармана на новой глубине |
| G1 X25 Y25   |                                               |
| G1 X-25 Y25  |                                               |
| G1 X-25 Y-25 |                                               |
|              |                                               |
| G1 Z-3.0     | ; Углубление на 1 мм                          |
| G1 X25 Y-25  |                                               |
| G1 X25 Y25   |                                               |
| G1 X-25 Y25  |                                               |
| G1 X-25 Y-25 |                                               |
|              |                                               |
| G1 Z-4.0     | ; Углубление на 1 мм                          |
| G1 X25 Y-25  |                                               |
| G1 X25 Y25   |                                               |
| G1 X-25 Y25  |                                               |
| G1 X-25 Y-25 |                                               |
|              |                                               |
| G1 Z-5.0     | ; Финальное углубление до 5 мм                |
| G1 X25 Y-25  |                                               |
| G1 X25 Y25   |                                               |
| G1 X-25 Y25  |                                               |
| G1 X-25 Y-25 |                                               |
|              |                                               |
| G0 Z10       | ; Подъем инструмента на безопасную высоту     |
| M05          | ; Остановка шпинделя                          |
| G0 X0 Y0     | ; Возврат в начальную позицию                 |
| M30          | ; Конец программы                             |
| %            |                                               |

Пояснение к программе

- **G21** – Установка единиц измерения в миллиметрах.
- **G17** – Выбор рабочей плоскости X-Y.
- **G90** – Абсолютный метод задания координат.
- **T1 M06** – Смена инструмента на инструмент №1.
- **S3000 M03** – Установка скорости шпинделя на 3000 об/мин и включение вращения.
- **G54** – Установка рабочей системы координат.
- **G0** – Быстрое перемещение к начальной точке.
- **G43 H1 Z5** – Активирование коррекции по длине инструмента.
- **G1 Z-1.0 F300** – Погружение на 1 мм вглубь заготовки с подачей 300 мм/мин.
- **G1 X... Y...** – Линейные перемещения по оси X и Y для формирования контура кармана.
- **M05** – Остановка шпинделя после завершения обработки.
- **M30** – Конец программы, возвращение к началу.

Примечание по выбору глубины резания

В этом примере мы фрезеровали карман в несколько проходов, с поэтапным углублением на 1 мм за каждый проход. Такой подход помогает снизить нагрузку на инструмент и обеспечить стабильное качество обработки.

**Форма представления результата:**

Оформленный отчет

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

## **Лабораторное занятие №7**

**Запуск станка и отработка различных программ «по воздуху», без проведения непосредственной обработки металла.**

**Цель:** формирование умений программировать станки с ЧПУ

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Запускать станок и различные программы «по воздуху»

**Материальное обеспечение:**

станок ЧПУ

**Задание:**

1. Запустить станок
2. Отработать программу «по воздуху»
3. Оформить отчет.

**Порядок выполнения работы:**

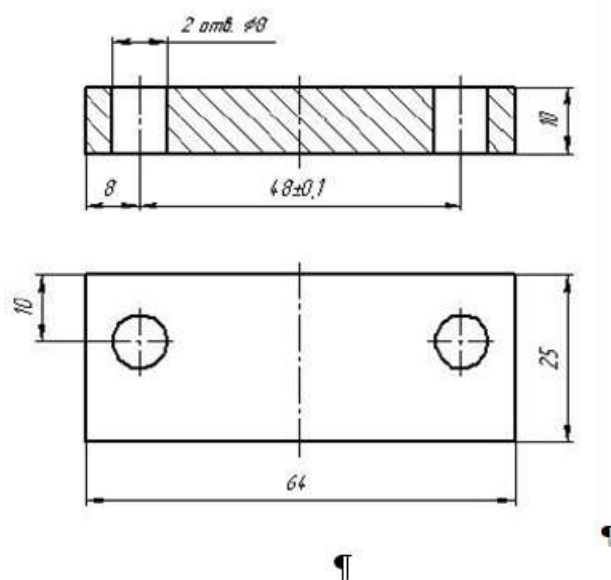
В процессе работы ознакомиться с последовательностью выполнения детали типа планка на фрезерном станке с ЧПУ. Узнать особенности обработки данного типа деталей и типовой инструмент, используемый при обработке.

- Получить от мастера задание в виде чертежа, карты наладки и управляющей про-граммы;
- Установить и измерить требуемый режущий инструмент;
- Установить подкладные пластины на столе;
- Прижать заготовку прижимами к пластинам;
- Установить ноль рабочей системы координат по осям X, Y, Z при помощи измери-тельной головки;
- Запустить отработку программы в пошаговом режиме в присутствии мастера;
- По окончании обработки достать и вытереть деталь, проконтролировать размеры измерительным инструментом.

**Краткие теоретические сведения:**

При выполнении настройки на фрезерном станке с ЧПУ необходимо придерживаться следующего алгоритма:

1. Написание технологии обработки детали.
2. Определение количества установок и последовательности исходя из технологии обработки.
3. Выбор, создание и установка требуемого режущего инструмента.
4. Измерение длины и радиуса(при необходимости) режущего инструмента;
5. Установка и настройка требуемого типа приспособления (в частности фиксация прижимами к столу/подкладкам).
6. Установка заготовки и определение рабочего смещения нулевой точки исходя из припуска.
7. Написание управляющей программы.
8. Запуска управляющей программы.



**Форма представления результата:**

Оформленный отчет

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое комментарии к управляющей программе. 2. Что такое карта наладки.

### **Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

## **Тема 1.3. Типовые программы для изготовления деталей**

### **Лабораторное занятие №8**

#### **Обработка деталей типа тел вращения на станках с ЧПУ или симуляторах.**

**Цель:** формирование умений работы на станках ЧПУ

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Настраивать траектории движения режущего инструмента.

### **Материальное обеспечение:**

станок ЧПУ или симулятор

### **Задание:**

1. Добавить комментарии в управляющую программу и карту наладки.
2. Оформить отчет.

### **Порядок выполнения работы:**

- Установить и измерить режущий инструмент в полуавтоматическом режиме при помощи датчика измерения инструмента;
- Установить и зажать заготовку в патрон;
- Коснуться резцом торца вращающейся заготовки;
- Установить ноль рабочей системы координат по оси Z.

### **Краткие теоретические сведения:**

Процесс обработки тел вращения на токарных станках с ЧПУ

#### **1. Создание CAD-модели:**

Инженер проектирует деталь в системе автоматизированного проектирования, создавая ее трехмерную цифровую модель.

#### **2. Подготовка управляющей программы (УП):**

- **Автоматизированное программирование:** Инженер-технолог использует САМ-программы для создания УП на основе CAD-модели.
- **Ручное программирование:** Опытные специалисты вручную пишут код, используя языки программирования ЧПУ, такие как G-код, для управления движениями инструмента и заготовки.

### Подготовка станка и заготовки:

- **Установка и выравнивание инструмента:** Режущий инструмент и заготовка надежно закрепляются в патроне или приспособлениях станка.
- **Настройка координат:** Задаются точки отсчета в рабочей системе координат станка (WCS).

### Загрузка и запуск УП:

Готовая управляющая программа загружается в систему управления станка.

### Обработка:

Станок автоматически выполняет все операции, такие как точение, расточка, обточка и обработка фасонных поверхностей, удаляя материал с заготовки и формируя деталь согласно программе.

Роль симуляторов

- **Виртуальная отработка:**

Симуляторы ЧПУ позволяют операторам и программистам отрабатывать навыки и тестировать управляющие программы в безопасной виртуальной среде.

- **Отладка и оптимизация:**

Перед запуском на реальном оборудовании можно проверить траектории инструмента, выявить возможные ошибки и оптимизировать режимы обработки.

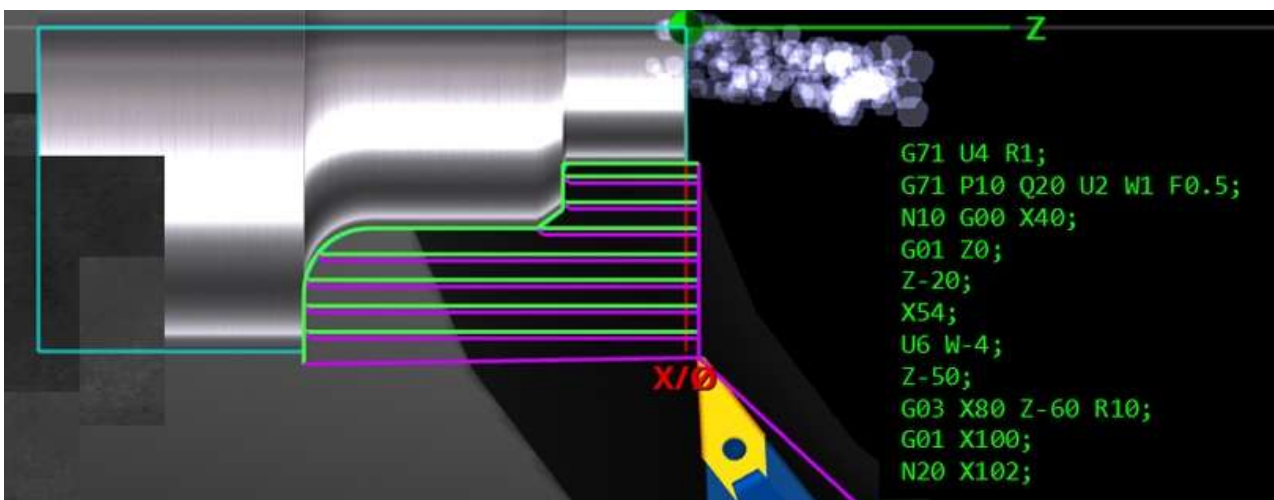
- **Обучение:**

Симуляторы служат эффективным инструментом для обучения новых специалистов работе на станках с ЧПУ.

Типы обрабатываемых деталей

Токарные станки с ЧПУ предназначены для обработки деталей типа тел вращения, которые включают в себя: Цилиндрические и конические поверхности, Фасонные поверхности, Отверстия, Торцевые поверхности.

На рисунке 1 показаны траектории движения резца при выполнении токарного цикла G71. Зелеными линиями изображены перемещения резца на рабочей подаче, фиолетовыми линиями – на ускоренной подаче. Как видно из рисунка, обрабатываемый контур может включать криволинейные участки, запрограммированные методом круговой интерполяции.



**Рисунок 1** – Траектории движения режущего инструмента при выполнении токарного цикла G71 и фрагмент кода управляющей программы

**Форма представления результата:**

Оформленный отчет

**Контрольные вопросы:**

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание

### **Лабораторное занятие №9**

#### **Обработка плоских деталей на станках с ЧПУ или симуляторах.**

**Цель:** формирование умений работы на станках ЧПУ

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Устанавливать заготовки на станок и выполнять пробную обработку

**Материальное обеспечение:**

станок ЧПУ или симулятор

**Задание:**

1. Напишите программу, установите заготовку, выполните пробную обработку
2. Оформить отчет.

**Порядок выполнения работы:**

#### **1. Создание управляющей программы (УП):**

- Напишите программу на языке G-кода, который управляет движениями станка, задавая траекторию и режим работы режущего инструмента.
- G-код содержит команды, определяющие начало, направление движения и остановку инструмента.

**Наладка станка:**

- Установите заготовку и необходимое оснащение на станке с ЧПУ.
- Выполните настройку размеров и введите созданную УП в систему станка.

**Симуляция или тестовая обработка:**

- **На симуляторе:** Проверьте правильность программы и траекторию движения инструмента на виртуальном изображении на компьютере.
- **На реальном станке:** Выполните пробную обработку заготовки для оценки корректности программы и качества получаемой детали.

**Оценка и корректировка:**

- Оцените результат тестовой обработки, проверив точность и качество выполненных операций.
- При необходимости скорректируйте УП и повторите этапы симуляции/тестовой обработки.

### **Краткие теоретические сведения:**

Основные аспекты обработки плоских деталей на станках с ЧПУ

- **Автоматизация и точность:**

Компьютерное управление минимизирует человеческий фактор, что гарантирует высокую точность и стабильное качество, особенно в серийном производстве.

- **Типы станков:**

Для обработки плоских поверхностей чаще всего используются фрезерные станки, такие как вертикально-фрезерные, горизонтально-фрезерные и продольно-фрезерные.

- **Программное обеспечение:**

Создаются управляющие программы (на основе [G-кода](#)), которые задают траекторию движения инструмента, скорость вращения и другие параметры.

- **Применение:**

Эта технология используется для создания деталей из металлов, пластиков, композитов и других материалов.

Этапы процесса

1. **Проектирование (CAD):**

Инженер создает трехмерную модель детали в системе автоматизированного проектирования.

2. **Подготовка управляющей программы (CAM):**

Специалист на базе CAD/CAM-программ разрабатывает управляющую программу для станка с ЧПУ.

3. **Подготовка станка и заготовки:**

Оператор устанавливает и закрепляет заготовку, а также инструменты в станке, настраивает координаты и проверяет уровень охлаждающей жидкости.

4. **Запуск программы:**

Загружается управляющая программа, после чего станок с ЧПУ выполняет все операции по удалению материала.

Преимущества использования станков с ЧПУ

- **Высокая гибкость:**

Возможность обрабатывать широкий спектр материалов и создавать сложные формы.

- **Производительность:**

Обеспечивает возможность работы в режиме 24/7 и быструю переналадку для различных партий.

- **Качество:**

Гарантирует высокую точность и стабильное качество обработки, что важно для производства.

- **Экономическая эффективность:**

Подходит как для производства единичных изделий, так и для массового производства.



**Форма представления результата:**

Оформленный отчет

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое комментарии к управляющей программе. 2. Что такое карта наладки.

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание

**Тема 2.2. Разработка УП с использованием стойки станка и постоянных циклов****Лабораторное занятие №10****Программирование циклов токарной обработки.**

**Цель:** формирование умений программировать станки ЧПУ

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Программировать станки ЧПУ

**Материальное обеспечение:**

станок ЧПУ или симулятор

**Задание:**

1. Напишите программу, установите заготовку, выполните пробную обработку
2. Оформить отчет.

**Порядок выполнения работы:****5. Создание управляющей программы (УП):**

- Напишите программу на языке G-кода, который управляет движениями станка, задавая траекторию и режим работы режущего инструмента.
- G-код содержит команды, определяющие начало, направление движения и остановку инструмента.

**Наладка станка:**

- Установите заготовку и необходимое оснащение на станке с ЧПУ.
- Выполните настройку размеров и введите созданную УП в систему станка.

**Симуляция или тестовая обработка:**

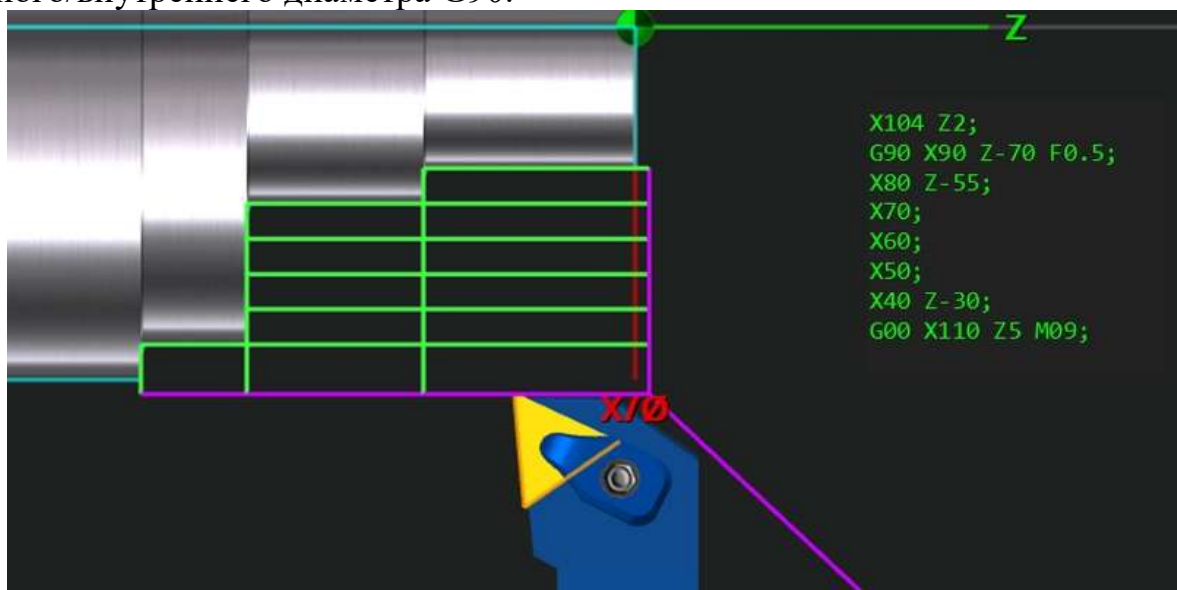
- **На симуляторе:** Проверьте правильность программы и траекторию движения инструмента на виртуальном изображении на компьютере.
- **На реальном станке:** Выполните пробную обработку заготовки для оценки корректности программы и качества получаемой детали.

**Оценка и корректировка:**

- Оцените результат тестовой обработки, проверив точность и качество выполненных операций.
- При необходимости скорректируйте УП и повторите этапы симуляции/тестовой обработки.

#### Краткие теоретические сведения:

Каждый рабочий проход резцом программируется отдельным кадром, идущим в общей последовательности кадров после кадра инициализации цикла G90. При этом может задаваться только координата X, то есть значение диаметра, на котором находится расчётная точка резца на текущем рабочем проходе. Также в кадрах описания рабочих проходов может быть задана и координата Z в случае, если необходимо обработать ступенчатый участок детали. На рисунке 2 показаны траектории движения резца при выполнении цикла основной токарной обработки наружного/внутреннего диаметра G90.

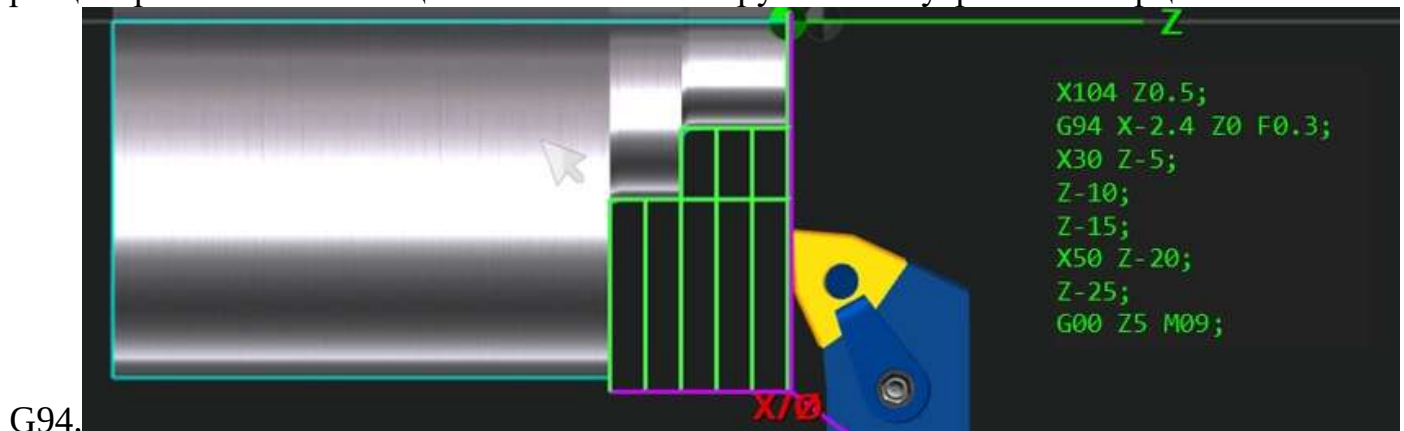


**Рисунок 2** – Траектории движения режущего инструмента при выполнении цикла основной токарной обработки наружного/внутреннего диаметра G90 и фрагмент кода управляющей программы.

Обработка торцевых поверхностей деталей может программироваться с помощью цикла основного наружного/внутреннего торцевого точения, иницируемого функцией G94. Параметры цикла программируются одним кадром в формате: G94 X(U)\_ Z(W)\_ R\_ F\_ где X(U) – координата конечной точки по оси X, Z(W) – координата конечной точки по оси Z, R – изменение радиуса основания конуса, F – скорость подачи.

По аналогии с циклом G90 рабочие проходы резцом программируются отдельными кадрами после кадра инициализации цикла G94. При этом для каждого прохода могут задаваться координаты Z и/или X, а также параметр R, определяющий изменение радиуса основания конуса. На рисунке 3 показаны траектории движения

резца при выполнении цикла основного наружного/внутреннего торцевого точения



**Рисунок 3** – Траектории движения режущего инструмента при выполнении цикла основного наружного/внутреннего торцевого точения G94 и фрагмент кода управляющей программы

**Форма представления результата:**

Оформленный отчет

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое комментарии к управляющей программе. 2. Что такое карта наладки.

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание

## Лабораторное занятие №11

### Программирование циклов фрезерной обработки.

**Цель:** формирование умений программировать станки ЧПУ

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Программировать станки ЧПУ

**Материальное обеспечение:**

Компьютер с программным обеспечением САМ-система, симулятор или станок ЧПУ **Задание:**

1. Напишите программу, установите заготовку, выполните пробную обработку
2. Оформить отчет.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучение теоретической части по методичке и руководству по программированию.
2. Разработать схему обработки детали и Расчетно-технологическую карту:
  - 2.1. На бланке вычертить деталь, проставить размеры, соответствующие варианту задания,
  - 2.2. Назначить последовательность технологических переходов (требуется обработать верхние поверхности и все отверстия) и выбрать

инструменты по каталогу ), 2.3. Нанести систему координат детали, выбрать нулевую точку, 2.4. Нанести траектории инструментов, проставить опорные точки. 3. Запрограммировать обработку заготовки с применением фрезерных циклов. 4. Оформление отчета. 5. Защита лабораторной работы

### **Краткие теоретические сведения:**

Стандартные циклы являются принадлежностью программного обеспечения современных систем ЧПУ. Они позволяют существенно сократить объем программирования и повысить качество управляющих программ. Стандартные циклы могут быть включены в базовую комплектацию системы ЧПУ, но их можно и заказывать у разработчика систем ЧПУ. Некоторые системы ЧПУ обладают функциональностью, позволяющей конечному пользователю самостоятельно создавать стандартные циклы при помощи коммерческих инструментальных средств (макроязыка пользователя и т.д.). Стандартные циклы представляют собой специальные программы для выполнения механической обработки типовых поверхностей. Они имеют набор параметров и реализуют стратегию, соответствующую технологии обработки конкретного типа поверхности. Обычно они имеют следующие элементы: ускоренный подвод инструмента, торможение и медленный подвод инструмента, обработку, отвод инструмента и быстрое возвращение его в исходное положение. Стандартные циклы упрощают процесс написания управляющих, так как позволяют при помощи одного кадра выполнить множество перемещений. Использование циклов во многих случаях позволяет упростить написание управляющей программы для обработки детали, имеющей стандартные геометрические элементы (выточки, последовательности отверстий, фрезерованные карманы).

1. Общие сведения Циклы представляют собой параметризованные команды, выполняющие определенную последовательность основных и вспомогательных переходов по обработке типовых поверхностей детали. Использование циклов позволяет упростить написание управляющей программы для обработки детали, имеющей стандартные геометрические элементы. Так, существуют токарные циклы, фрезерные циклы, сверлильные циклы или циклы обработки отверстий. Для обработки отверстий используются циклы обработки отверстий: 4 сверление/центрование, сверление/зенкование, глубокое сверление, нарезание внутренней резьбы с компенсирующим патроном использованием (или без его использования), сверление групп упорядоченных отверстий (ряды, дуги, решетки и др.). Стандартный цикл определяется как подпрограмма с именем и перечнем параметров. Для вызова стандартных циклов используются команды с адресом G. Параметрирование стандартных циклов осуществляется текстом через экраны. Цикл отрабатывается относительно начальной точки, в которой находится инструмент перед вызовом G-функции цикла. По окончании отработки цикла инструмент возвращается в начальную точку. Для реализации каждого цикла используется соответствующий инструмент. Например, для фрезерных циклов используются фрезы, для сверлильных циклов - сверло и т.п. В данной работе изучаются фрезерные циклы.

2. Общие Сведения о циклах обработки Геометрические параметры циклов обозначаются символами Q1, Q2 и т.д. и всегда указываются в миллиметрах для линейных величин, градусах для углов и секундах для параметров задержки. Выбор абсолютного/относительного задания координат (G90/G91) так же влияет только на координатные оси. Q-параметры всегда задаются абсолютные значения. Все движения, описанные в спецификации циклов, относятся к текущей системе координат детали, которая может быть повернута в пространстве относительно системы координат станка произвольным образом. В этом случае программист должен обеспечить ориентацию инструмента строго вдоль направления, определяемого логикой цикла (например, вдоль оси Z системы координат детали). При этом нужно убедиться в том, что компенсация на длину инструмента (G43) включена, а текущий инструмент и кромка выбраны и

имеют адекватные геометрические параметры. 5 За исключением явно указанных случаев, инструмент перед вызовом цикла должен располагаться как минимум на безопасном расстоянии (Q1) от заданного уровня поверхности заготовки с той стороны, которая подвергается обработке. Возможность столкновения с деталью не отслеживается системой ЧПУ, так как заготовка может иметь произвольную форму. Набор стандартных циклов для СЧПУ "АксиОМА Контрол" В системе ЧПУ "АксиОМА Контрол" существуют следующие стандартные циклы (Таблица 1):

Таблица 1 - Стандартные циклы обработки в системе ЧПУ "АксиОМА Контрол"

| Циклы обработки                       |           |                     |
|---------------------------------------|-----------|---------------------|
| Название цикла                        | Номер     | Вид обработки       |
| Черновая обработка продольной выточки | Цикл G281 | Токарной обработки  |
| Черновая обработка торцевой выточки   | Цикл G282 | Токарной обработки  |
| Обработка продольной канавки          | Цикл G288 | Токарной обработки  |
| Обработка торцевой канавки            | Цикл G289 | Токарной обработки  |
| Однопроходное сверление отверстия     | Цикл G81  | Сверления           |
| Многопроходное сверление отверстия    | Цикл G83  | Сверления           |
| Фрезерование прямоугольного кармана   | Цикл G87  | Фрезерной обработки |

|                               |           |                     |
|-------------------------------|-----------|---------------------|
| Фрезерование паза             | Цикл G88  | Фрезерной обработки |
| Фрезерование круглого кармана | Цикл G89  | Фрезерной обработки |
| Цикл нарезания резьбы резцом  | Цикл G276 |                     |

Команда определения цикла в общем виде представляет собой G-функцию с набором параметров диапазона Q1...Q32: G81 Q1 Q2 Q3... Q32. Конкретный набор параметров каждого цикла определяется спецификацией этого цикла. Активация цикла еще не приводит к его вызову. Цикл вызывается только при указании в кадре позиции любой интерполируемой оси. При этом вызов может быть совмещен с активацией. Цикл является модальной G-командой и вызывается в каждом кадре, где задана хотя бы одна ось. Отмена цикла производится командой отмены G80. Для

установки безопасных расстояний и подач для всех циклов используются базовые параметры циклов. Это параметры Q1-Q4. Q1 и Q2 определяют безопасные расстояния, Q3 - рабочую подачу, Q4 - скорость холостого хода. Ознакомьтесь подробнее с этими параметрами в руководстве по программированию.

3. Циклы фрезерования Циклы фрезерной обработки G387, G388, G389 Циклы фрезерования учитывают выбор текущей рабочей плоскости. Описание циклов дано для плоскости G17. Логика цикла для любой плоскости 7 аналогична. Меняется только направление перемещений.

3.1. Фрезерование прямоугольного кармана (цикл G387) Синтаксис: G387 Q1 Q2 Q3 Q4 Q5 Q6 Q7 Q8 Q9 Q10 Q11 Q13 Цикл предназначен для многопроходного фрезерования прямоугольного кармана с закругленными углами (рис. 1). Обработка производится от центра к периферии, послойно (карман фрезеруется целиком в несколько проходов, пока не будет достигнута заданная глубина).

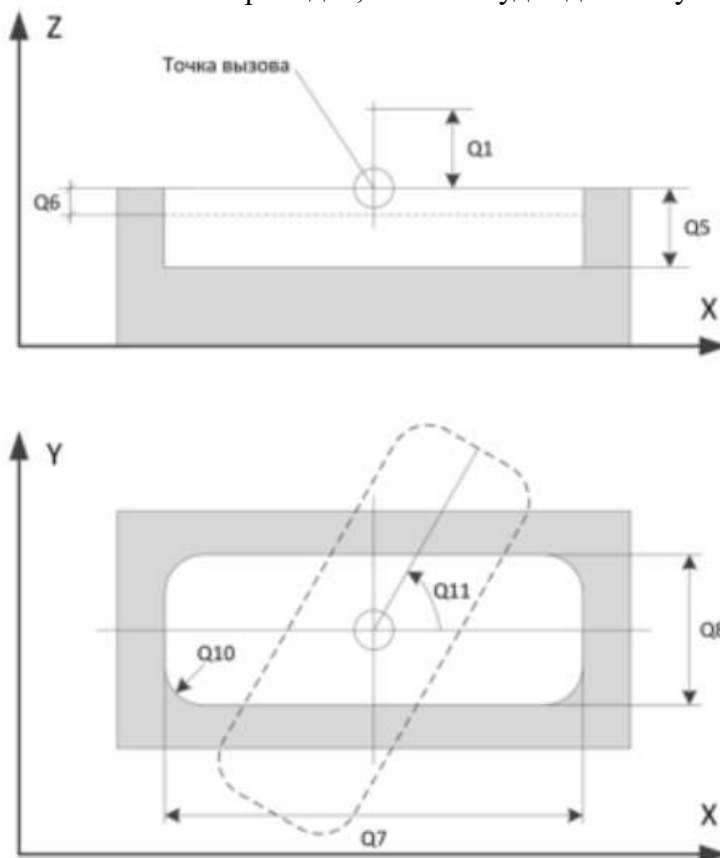


Рисунок 1 - Фрезерование прямоугольного кармана

Параметры цикла:

Q5 – глубина кармана. Может быть задана как положительная, так и отрицательная величина. Знак определяет направление резания по оси, 8

перпендикулярной рабочей плоскости. Нулевое значение не допускается.

Q6 – глубина одного прохода. Положительное значение.

Q7 – размер кармана по оси X (первой оси рабочей плоскости). Положительное значение.

Q8 – размер кармана по оси Y (второй оси рабочей плоскости). Положительное значение.

Q9 (1,-1) – направление последовательности режущих движений при обработке кармана. (1 – против часовой стрелки, -1 – по часовой стрелке, если смотреть на рабочую плоскость сверху). По умолчанию – против часовой стрелки.

Q10 – радиус закругления углов. Не может быть меньше радиуса инструмента.  
Q11 – угол поворота кармана вокруг оси, перпендикулярной рабочей плоскости.  
По умолчанию – 0.

Q12 – явное задание радиуса инструмента. При отсутствии параметра радиус определяется исходя из параметров ранее выбранного в программе инструмента (инструмент должен быть в этом случае выбран, иначе произойдет останов цикла по ошибке 603). Диаметр инструмента не может быть больше линейных размеров кармана.

Q13 – перекрытие врезаний инструмента. Положительное значение, меньшее диаметра инструмента.

Ход цикла:

1) Инструмент перемещается в точку старта цикла (центр кармана) параллельно рабочей плоскости с подачей ускоренного перемещения G00.

2) Инструмент опускается до безопасного расстояния 1 (Q1) над заданным уровнем поверхности детали (перпендикулярно рабочей плоскости) с подачей ускоренного перемещения G00.

9

3) Производится погружение в материал на величину шага врезания Q6 с подачей Q3.

4) Фрезеруется вся площадь кармана последовательными движениями с пошаговым удалением от центра. Подача Q3.

5) Производится отвод до безопасного расстояния 1 (Q1), затем – в центр кармана параллельно рабочей плоскости. Подача Q4.

6) Шаги 3-5 повторяются до достижения заданной глубины кармана.

7) Производится отвод до безопасного расстояния 2 или исходной точки вызова цикла с подачей позиционирования G00.

Пример:

G00 G15 G17 G40 G49 G53 G71 G80 G90 G94 G97 G153 G191 G193 //

Строка безопасности

N10 Z60

N20 G387 Q3=500 Q5=10 Q6=2 Q7=40

N30 Q8=30 Q10=10 Q11=30 Q12=4 Q13=1

N40 X30 Y0 Z0

M30

Пояснение:

Выполняется фрезерование кармана 40x30 мм, с радиусом углов 10 мм и глубиной 10 мм, с подачей 500 мм/мин в точке X30 Y0. Уровень поверхности Z0. Угол поворота кармана – 30 градусов. Радиус инструмента 4 мм, перекрытие врезаний 1 мм.

3.2 Фрезерование паза (цикл G388)

1

0

Синтаксис: G388 Q1 Q2 Q3 Q4 Q5 Q6 Q7 Q8 Q9 Q11 Q12 Q13

Цикл предназначен для многопроходного фрезерования паза (рис 2). Точка вызова цикла находится над центром скругления паза. Геометрически паз схож с карманом, но алгоритм цикла обработки паза другой – инструмент фрезерует основную часть паза за несколько проходов от одного конца к другому до требуемой глубины, после чего обрабатывает контур паза периферийной поверхностью фрезы.



В целях унификации синтаксиса назначение параметров сделано по возможности аналогично циклу обработки прямоугольного кармана

G387.

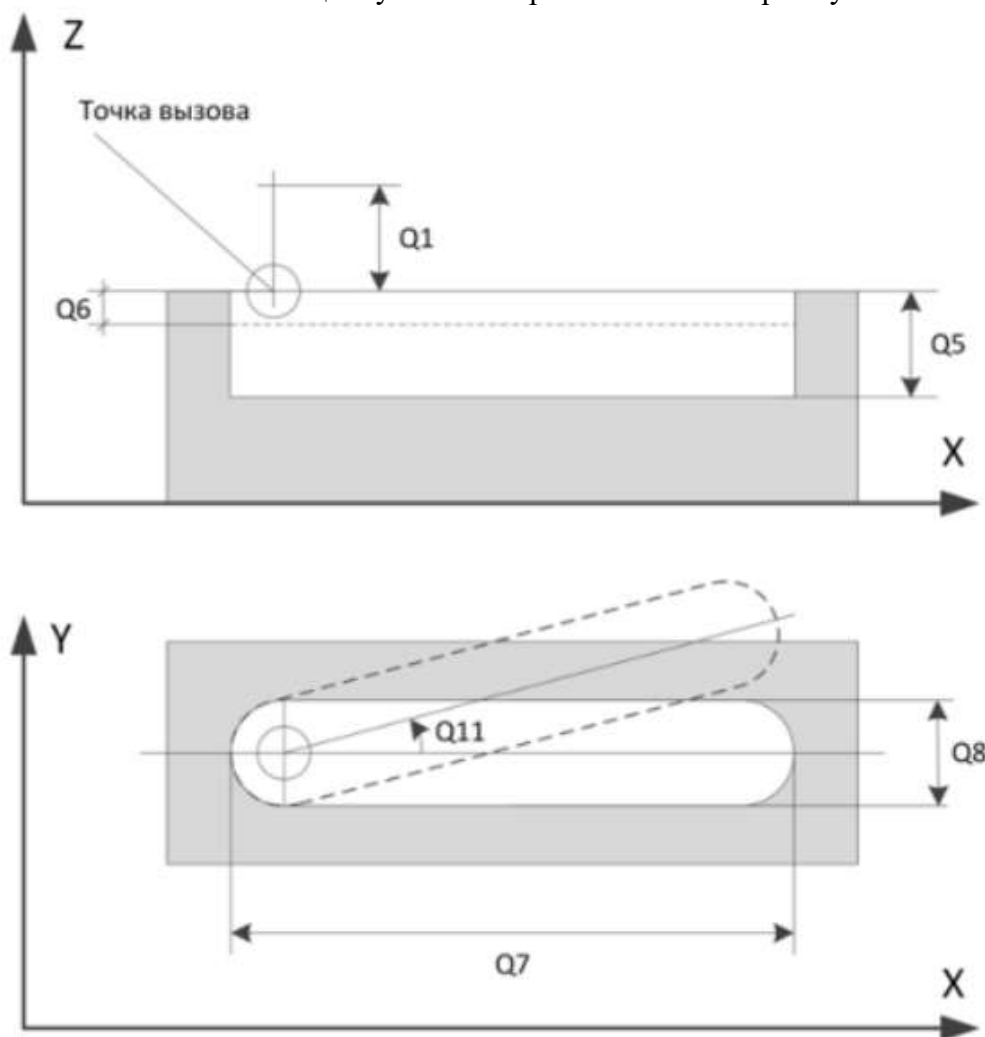


Рисунок 2 – Фрезерование паза

Параметры цикла:

Q5 – глубина паза. Может быть задана как положительная, так и отрицательная

1

1

величина. Знак определяет направление резания по оси, перпендикулярной рабочей

плоскости. Нулевое значение не допускается.

Q6 – глубина одного прохода. Положительное значение.

Q7 – длина паза вдоль оси X (первой оси рабочей плоскости). Положительное значение.

Q8 – ширина паза. Положительное значение.

Q9 (1,-1) – направление последовательности режущих движений при обработке паза. (1 – против часовой стрелки, -1 – по часовой стрелке, если смотреть на рабочую плоскость сверху). По умолчанию – против часовой стрелки.

Q11 – угол поворота паза вокруг оси, перпендикулярной рабочей плоскости. По умолчанию – 0.

Q12 – явное задание радиуса инструмента. При отсутствии параметра радиус определяется исходя из параметров ранее выбранного в программе инструмента (инструмент должен быть в этом случае выбран, иначе произойдет останов цикла по ошибке 603). Диаметр инструмента не может быть больше линейных размеров паза.

Q13 – величина шага периферийного фрезерования. Положительное значение, меньшее диаметра инструмента.

Ход цикла:

1) Инструмент перемещается в точку старта цикла (левый центр скругления паза) параллельно рабочей плоскости с подачей ускоренного перемещения G00.

2) Инструмент опускается до безопасного расстояния 1 (Q1) над заданным уровнем поверхности детали (перпендикулярно рабочей плоскости) с подачей ускоренного перемещения G00.

3) Производится погружение в материал на величину шага врезания Q6 с

1

2

подачей Q3.

4) Производится движение резания ко второму центру скругления паза параллельно рабочей плоскости. Подача Q3.

5) Шаги 3-4 повторяются до достижения заданной глубины паза.

6) Производится периферийное фрезерование стенок паза последовательными движениями. Подача Q3.

7) Производится отвод до безопасного расстояния 1 (Q1) с подачей Q4, затем до безопасного расстояния 2 или исходной точки с подачей позиционирования G00.

Пример:

G00 G15 G17 G40 G49 G53 G71 G80 G90 G94 G97 G153 G191 G193 //

Строка безопасности

N10 Z60

N20 G388 Q3=500 Q5=10 Q6=2 Q7=50

N30 Q8=15 Q11=45 Q12=4 Q13=1

N40 X30 Y0 Z0

M30

Пояснение:

Выполняется фрезерование паза 50x15 мм, глубиной 10 мм, с подачей 500 мм/мин в точке X30 Y0. Уровень поверхности Z0. Угол поворота кармана – 45 градусов. Радиус инструмента 4 мм, шаг периферийного фрезерования 1 мм.

3.3 Фрезерование круглого кармана (цикл G389)

Синтаксис: G389 Q1 Q2 Q3 Q4 Q5 Q6 Q7 Q9 Q12 Q13

Цикл предназначен для многопроходного фрезерования круглого кармана (рис.

3). Точка вызова находится над центром кармана. Обработка производится от

1

3

центра к периферии, послойно (карман фрезеруется целиком несколько раз, пока не будет достигнута заданная глубина).

В целях унификации синтаксиса назначение параметров сделано по возможности аналогично циклу обработки прямоугольного кармана G387.

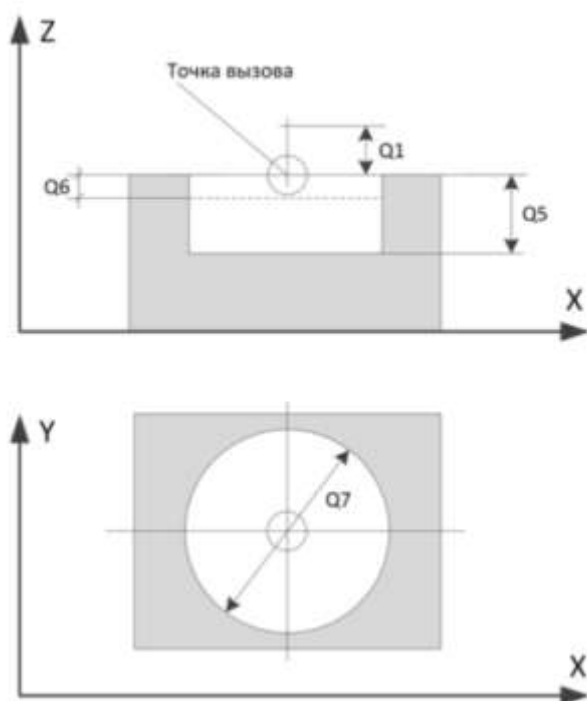


Рисунок 3 – Фрезерование круглого кармана

Параметры цикла:

Q5 – глубина кармана. Может быть задана как положительная, так и отрицательная величина. Знак определяет направление резания по оси, перпендикулярной рабочей плоскости. Нулевое значение не допускается.

Q6 – глубина одного прохода. Положительное значение.

Q7 – диаметр кармана. Положительное значение.

1

4

Q9 (1,-1) – направление последовательности режущих движений при обработке кармана. (1 – против часовой стрелки, -1 – по часовой стрелке, если смотреть на рабочую плоскость сверху). По умолчанию – против часовой стрелки.

Q12 – явное задание радиуса инструмента. При отсутствии параметра радиус определяется исходя из параметров ранее выбранного в программе инструмента (инструмент должен быть в этом случае выбран, иначе произойдет останов цикла по ошибке 603). Диаметр инструмента не может быть больше диаметра кармана.

Q13 – перекрытие врезаний инструмента. Положительное значение, меньшее диаметра инструмента.

Ход цикла:

1) Инструмент перемещается в точку старта цикла (центр кармана) параллельно рабочей плоскости с подачей ускоренного перемещения G00.

2) Инструмент опускается до безопасного расстояния 1 (Q1) над заданным уровнем поверхности детали (перпендикулярно рабочей плоскости) с подачей ускоренного перемещения G00.

3) Производится погружение в материал на величину шага врезания Q6 с подачей Q3.

4) Фрезеруется вся площадь кармана последовательными движениями с пошаговым удалением от центра. Подача Q3.

5) Производится отвод до безопасного расстояния 1 (Q1), затем – в центр кармана параллельно рабочей плоскости. Подача Q4.

6) Шаги 3-5 повторяются до достижения заданной глубины кармана.

7) Производится отвод до безопасного расстояния 2 или исходной точки вызова цикла с подачей позиционирования G00.

15

Пример:

G00 G15 G17 G40 G49 G53 G71 G80 G90 G94 G97 G153 G191 G193 //

Строка безопасности

N10 Z60

N20 G389 Q3=500 Q5=10 Q6=2

N30 Q7=40 Q12=4 Q13=1

N40 X30 Y0 Z0

M30

Пояснение:

Выполняется фрезерование кармана диаметром 40 мм и глубиной 10 мм с подачей 500 мм/мин в точке X30 Y0. Уровень поверхности Z0. Радиус инструмента 4 мм, перекрытие врезаний 1 мм.

### **Форма представления результата:**

Оформленный отчет

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое «стандартный цикл»?
2. Для чего предназначены стандартные циклы?
3. Что такое параметры стандартных циклов?
4. Как программируются стандартные циклы?
5. Как осуществляется активация цикла?
6. Что необходимо для вызова цикла (т.е. чтобы он начал работать)?
7. Какой командой отключается цикл?
8. Для чего используются базовые параметры циклов?
9. Назовите назначение и диапазон допустимых значений для параметра Q1.
10. Назовите назначение и диапазон допустимых значений для параметров Q2, Q3 и Q4.
11. Перечислите циклы фрезерования?
12. Для чего применяется фрезерование прямоугольного кармана?
13. Для чего применяется фрезерование паза?
14. Для чего применяется фрезерование круглого кармана?
15. За что отвечает параметр Q5?
16. Что произойдет, если не указать радиус инструмента Q12?
17. Может ли глубина кармана быть отрицательным числом?
18. Может ли диаметр инструмента быть больше линейных размеров паза?

### **Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание.

## **Лабораторное занятие №12**

### **Программирование изготовления детали (токарная обработка) в САМ-системе.**

**Цель:** формирование умений программировать станки ЧПУ

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Программировать станки ЧПУ

**Материальное обеспечение:**

Компьютер с программным обеспечением САМ-система, симулятор или станок ЧПУ

**Задание:**  
1 Напишите программу, установите заготовку, выполните пробную обработку

2. Оформить отчет.

**Порядок выполнения работы:**

#### **1. Создание 3D-модели детали:**

- В специализированном программном обеспечении создается трехмерная модель детали, которая будет изготавливаться на станке с ЧПУ.

**Настройка обработки:**

- Выбираются и настраиваются инструменты (резцы, сверла), которые будут использоваться для обработки.
- Определяются режимы резания (скорость вращения шпинделя, подача, глубина резания) и система координат.

**Разработка траектории движения инструмента:**

- С помощью инструментов САМ-системы задается последовательность перемещения инструмента по поверхности заготовки для удаления припуска металла.
- Автоматически или вручную генерируются G-коды – команды для станка с ЧПУ.

**Формирование управляющей программы:**

- На основе разработанных траекторий создается полная управляющая программа, которая содержит все инструкции для станка.

**Симуляция и проверка:**

- Программа проверяется на наличие ошибок путем симуляции процесса обработки в САМ-системе.
- На этом этапе можно выявить некорректные траектории, столкновения инструмента или неправильные режимы резания.

**Вывод на станок:**

- После успешной проверки управляющая программа выводится на станок с ЧПУ для реального изготовления детали.

**Краткие теоретические сведения:**

SprutCAM содержит полный набор стратегий для токарной обработки деталей любой сложности. Для этого используются операции чернового и чистового радиального и торцевого точения и растачивания, операции нарезания канавок, обработка осевых отверстий и всех видов резьбонарезания. SprutCAM поддерживает все известные циклы токарной обработки. Все траектории строятся с автоматическим учетом остаточного материала. Режимы резания

устанавливаются автоматически из библиотеки инструмента. Система обеспечивает возможность программного управления любыми рабочими органами станка: люнет, задняя бабка, зажим заготовки, уловитель деталей и пр.

Токарные станки предназначены для обработки резанием (точением) заготовок из металлов и др. материалов в виде тел вращения. На токарных станках выполняют обточку и расточку цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, нарезание резьбы, подрезку и обработку торцов, сверление, зенкерование и развертывание отверстий и т. д.

Отдельное внимание стоит уделить возможности системы SprutCAM формировать объемную деталь вида тела вращения, взяв за основу контур, представляющий собой кривую, либо набор кривых. Имея в наличии чертеж детали для токарной обработки, технолог, создав контур во встроенной среде 2D геометрических построений и определив его в рабочем задании как тело вращения, получает визуальное трехмерное отображение детали, что в значительной степени упрощает процесс формирования технологического процесса обработки.

При изменении и корректировке параметров контуров система автоматически перестраивает объемное отображение детали.

При формировании набора режущих инструментов для технологического процесса токарной обработки, технолог может воспользоваться существующими в системе базами режущих пластин и державок, либо создать собственную базу инструментов, получая в свое распоряжение полный доступ ко всем необходимым геометрическим параметрам создаваемого инструмента.

При использовании типовых токарных операций (кроме токарного контура), большинство основных технологических параметров заполняются системой автоматически с учетом вида выбранной операции. Это позволяет упростить и ускорить формирование технологического процесса при обработке деталей, имеющих простые геометрические формы. Относительно типовых, операция «Токарный контур» — гораздо более универсальная в плане возможностей. Она обеспечивает гибкое и удобное управление получаемой траекторией перемещения инструмента интерактивно, в самом графическом окне. Так же, она позволяет внутри одной операции сгруппировать сразу несколько стратегий обработки: черновую, чистовую, обработку канавок, нарезание резьбы, добавить фаски, скругления граней и т.д. Полностью может заменить любую из типовых операций, но в отличие от них, при создании требует от пользователя более глубокого подхода при формировании набора параметров. Все токарные операции в системе SprutCAM доступны для использования на токарных станках с ЧПУ, оборудованных различными системами крепления инструмента, начиная от простых однопозиционных державок, заканчивая станками, имеющими несколько револьверных головок, а так же шпиндели, с возможностью установки в них режущих токарных инструментов. Работа с таким типом станков, позволяет разрабатывать управляющие программы для синхронной обработки (обработка несколькими инструментами одновременно). При создании новой технологической операции система автоматически устанавливает весь набор параметров операции в значения по умолчанию с учетом метода обработки и геометрических параметров детали.

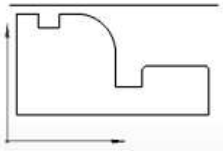
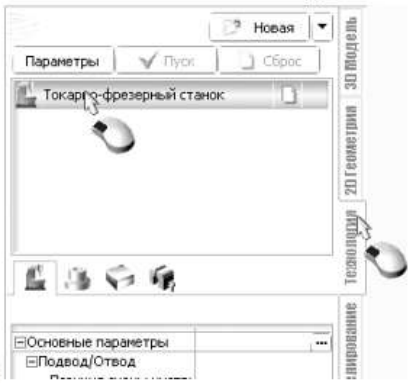
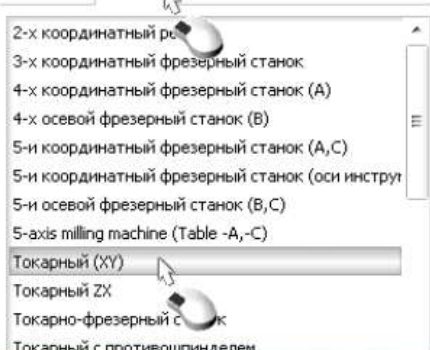
Управляющая программа для токарной обработки.

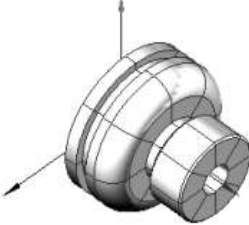
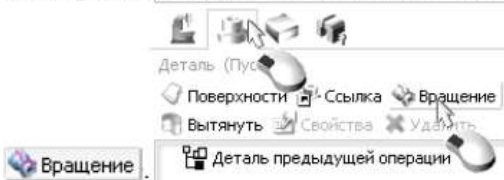
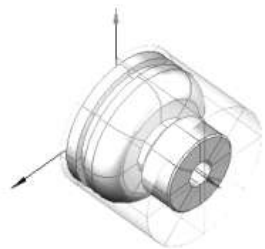
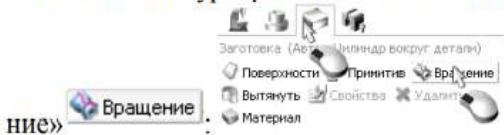
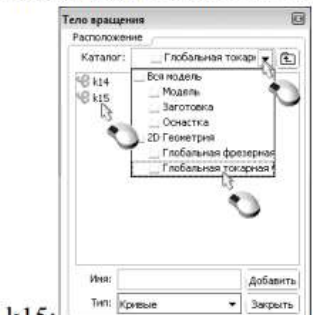
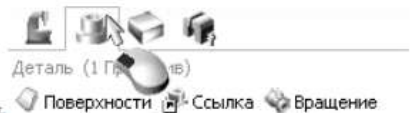
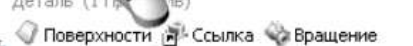
Цель занятия - изучение процесса разработки управляющей программы для токарной обработки поверхностей 3D моделей в системе SprutCAM.

Задания:

На основе известного профиля создать технологию обработки

Таблица 3.2 – Основные действия и пояснения к упражнению.

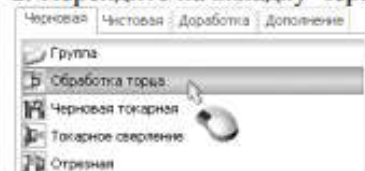
| № | Действие                                                                                              | Пояснение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Загрузка проекта<br> | <p>1. Нажмите кнопку . В открывшемся диалоговом окне зайдите в каталог с именем Tutorial, далее откройте каталог Projects и выберите проект с именем Lathe_Face.</p> <p>2. Откройте закладку 2D геометрия, нажмите кнопку  (показать все) и в графическом окне должны отобразиться контур детали и контур заготовки:</p> |
| 2 | Выбор оборудования                                                                                    | <p>1. Выберите закладку Технология, если она не выбрана.</p> <p>2. Кликните дважды курсором в поле Технологического оборудования (по имени станка в дереве технологии):</p>  <p>3. На экране отобразится диалоговое окно параметров оборудования. Перейдите на вкладку Станки и выберите Токарный (XY):</p>          |

|   |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | <p>Настройка обработки детали</p>  | <p>1. Откройте закладку Деталь и нажмите кнопку «Вращение»</p>  <p>2. В открывшемся диалоговом окне Тело вращения перейдите в каталог с названием Глобальная токарная. В этом каталоге выберите контур k14:</p>  <p>Добавьте этот контур нажатием кнопки Добавить и закройте окно.</p> <p>На панели Стандартные виды перейдите в режим вида Правая верхняя изометрия  и включите видимость геометрической модели</p>  |
| 4 | <p>Задание заготовки</p>          | <p>1. Установите курсор в поле Заготовка и нажмите кнопку «Вращение»</p>  <p>2. В открывшемся диалоговом окне Тело вращения перейдите в каталог с названием Глобальная токарная. В этом каталоге выберите контур k15:</p>  <p>Нажмите кнопку Добавить, чтобы добавить выбранный контур и закройте окно.</p>  <p>3. Переключитесь на закладку Деталь</p>                                                        |



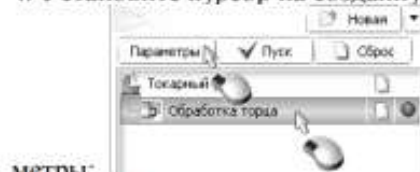
5 Определение операции обработки

1. Для создания операции нажмите кнопку:
2. Перейдите на вкладку Черновая и добавьте операцию Обработка торца:



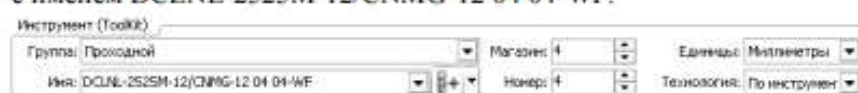
3. Нажмите кнопку «Создать», чтобы добавить новую операцию в список для обработки.
4. Установите курсор на созданную операцию и нажмите кнопку Пара-

метры:



метры:

Откроется диалоговое окно параметров операции. Перейдите в нем на вкладку Инструмент, значение группы инструментов выберите Проходной, откройте список наименований инструментов и выберите инструмент с именем DCLNL-2525M-12/CNMG-12 04 04-WF:



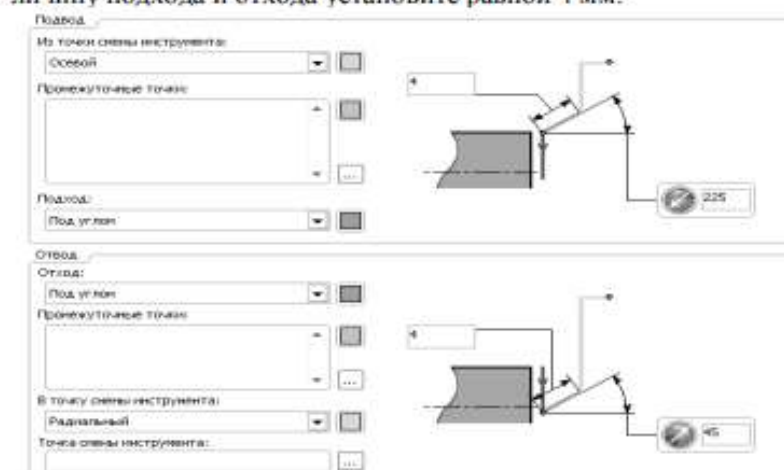
Примечание: При выборе особое внимание обратите на первые пять букв в наименовании инструмента. Пятым должен быть символ L, обозначающий, что инструмент левосторонний.

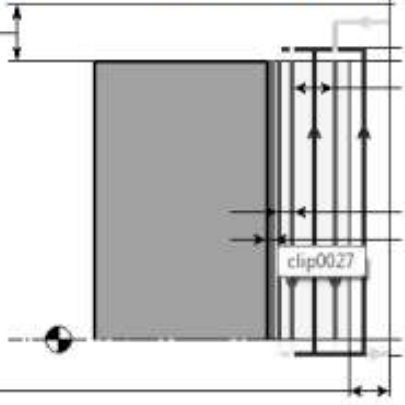
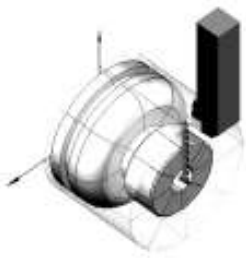
5. Перейдите на вкладку Подача. В группе Скорость установите следующие значения:

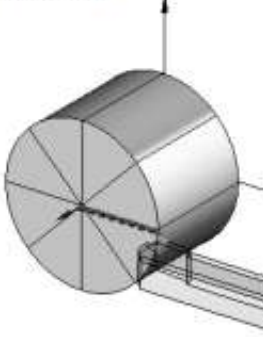
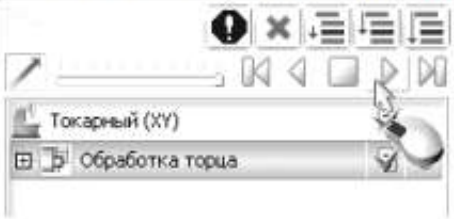
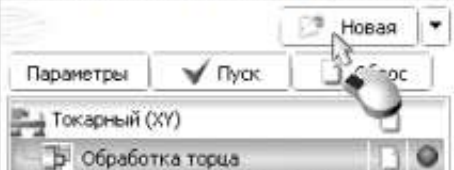
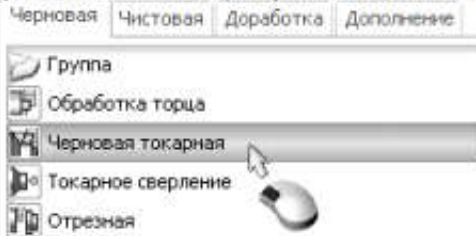
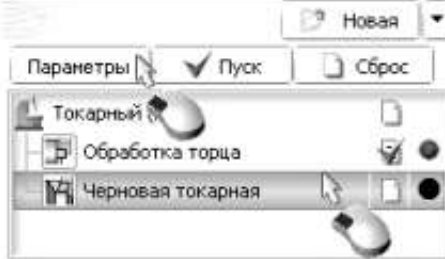


щие значения:

6. Перейдите на вкладку Подход-Отход. Виды подхода, отхода, значения углов, а также конечную и начальную точку оставьте без изменений. Величину подхода и отхода установите равной 4 мм:



|   |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                                                                                                            | <p>7. Перейдите на вкладку Стратегия. Установите тип коррекции: На стойке:</p> <div data-bbox="587 280 1002 414"> <p>Коррекция</p> <p>Тип: На стойке</p> <p>№ корректора: 1</p> </div> <p>Величины радиальной и осевой безопасных плоскостей задайте равными 5</p> <div data-bbox="646 459 1276 862"> <p>Радиальная</p> <p>Относительная</p> <p>5</p> <p>Осевая</p> <p>Относительная</p> <p>5</p>  </div> <p>ММ:</p> <p>Да</p> <p>Закройте диалоговое окно нажатием кнопки , чтобы подтвердить внесенные изменения.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 6 | <p>Произведение расчета траектории</p>  | <p>1. Нажмите кнопку «Пуск» .</p> <p>2. Дождитесь конца выполнения расчета траектории и выберите в главном меню функцию Файл - Сохранить как...:</p> <div data-bbox="582 1131 965 1624"> <p>Файл Правка Вид Настройки Инс</p> <p>Новый Ctrl+N</p> <p>Открыть... Ctrl+O</p> <p>Открыть повторно</p> <p>Сохранить Ctrl+S</p> <p>Сохранить как...</p> <p>Печать</p> <p>Импорт Ctrl+I</p> <p>Экспорт в DXF</p> <p>Export simulation result...</p> <p>Генератор постпроцессоров</p> <p>Выход Ctrl+Q</p> </div> <p>В открывшемся окне перейдите в каталог Tutorial, далее в каталог User Projects (если он отсутствует, создайте его), задайте имя проекта Lesson1 и сохраните проект, нажав кнопку Сохранить.</p> <p>3. Включите видимость элемен-</p> <div data-bbox="582 1803 1197 1892">  <p>тов</p> </div> <p>4. Режимы отображения элементов установите следующие:</p> <div data-bbox="1324 1892 1452 1937">  </div> |

|   |                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | <p>Моделирование обработки</p>  | <p>1. Откройте закладку Моделирование:</p> <p>2. Включите видимость элементов:</p>  <p>3. Нажмите кнопку «В конец операции»:</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 8 | <p>Задание операции обработки</p>                                                                                | <p>1. Для создания операции нажмите кнопку :</p>  <p>2. Перейдите на вкладку Черновая и добавьте операцию Черновая токарная:</p>  <p>3. Нажмите кнопку <u>Создать</u> , чтобы добавить новую операцию в список для обработки.</p> <p>4. Установите курсор на созданную операцию и нажмите кнопку Параметры:</p>  <p>Откроется диалоговое окно параметров операции. Перейдите в нем на вкладку Инструмент, значение группы инструментов выберите Проходной, откройте список наименований инструментов и выберите инструмент с именем DCLNL-2525M-12/CNMG-12 04 04-WF:</p>  <p>5. Перейдите на вкладку Подача. В группе Скорость установите следующие значения:</p> |

**Форма представления результата:**

Оформленный отчет

**Контрольные вопросы:**

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание.

**Лабораторное занятие №13****Программирование изготовления детали (фрезерная обработка) в САМ-системе.**

**Цель:** формирование умений программировать станки ЧПУ

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Программировать станки ЧПУ

**Материальное обеспечение:**

Компьютер с программным обеспечением САМ-система, симулятор или станок ЧПУ

**Задание:**

1. Напишите программу, установите заготовку, выполните пробную обработку
2. Оформить отчет.

**Порядок выполнения работы:****Создание 3D-модели детали:**

- В специализированном программном обеспечении создается трехмерная модель детали, которая будет изготавливаться на станке с ЧПУ.

**Настройка обработки:**

- Выбираются и настраиваются инструменты (резцы, сверла), которые будут использоваться для обработки.
- Определяются режимы резания (скорость вращения шпинделя, подача, глубина резания) и система координат.

**Разработка траектории движения инструмента:**

- С помощью инструментов САМ-системы задается последовательность перемещения инструмента по поверхности заготовки для удаления припуска металла.
- Автоматически или вручную генерируются G-коды – команды для станка с ЧПУ.

**Формирование управляющей программы:**

- На основе разработанных траекторий создается полная управляющая программа, которая содержит все инструкции для станка.

**Симуляция и проверка:**

- Программа проверяется на наличие ошибок путем симуляции процесса обработки в САМ-системе.
- На этом этапе можно выявить некорректные траектории, столкновения инструмента или неправильные режимы резания.

**Вывод на станок:**

- После успешной проверки управляющая программа выводится на станок с ЧПУ для реального изготовления детали.

### **Краткие теоретические сведения:**

При обработке заготовки на металлообрабатывающем станке инструмент совершает относительные перемещения (ходы). Совокупность перемещений, повторяющихся при изготовлении каждой детали, называется циклом обработки. Каждый цикл характеризуется величиной ходов и их последовательностью. В общем случае программа управления станком – это последовательность команд, обеспечивающих заданное функционирование его рабочих органов станка.

При ручном управлении станком необходимую последовательность команд задает рабочий, который, изучив чертеж и техническую документацию, составляет программу работ, обрабатывает заготовку, контролирует деталь, сравнивает ее с чертежом и при наличии рассогласования устраняет возникшие неточности.

При автоматическом управлении станком необходимая последовательность команд задается программноносителем, который может быть выполнен в виде материального аналога (кулачков, копиров, упоров и т. д.). Однако при смене объекта производства нужно изготовить новый программноноситель и осуществить переналадку станка. Станки с таким программным управлением обладают высокой производительностью, но время их переналадки достаточно велико.

Наибольшей гибкостью и быстротой переналадки обладают станки с ПУ, управляемые системами, задающими программу работ в алфавитно-цифровом коде. Управляющая программа (УП) может быть записана на программноносителях в виде перфоленты, перфокарты, гибких магнитных дисков, магнитной ленты. УП можно вводить и вручную, посредством клавишных панелей.

Числовое программное управление или ЧПУ – означает компьютеризованную систему управления, считывающую инструкции специализированного языка программирования (например, **G-код**) и управляющую приводами металло-, дерево- и пластмассообрабатывающих станков и станочной оснасткой.

### **Основные преимущества станков с ЧПУ:**

Высокий уровень автоматизации производства. Случаи вмешательства оператора в работу станка сведены к минимуму.

Производственная гибкость. Для обработки разных деталей надо всего лишь заменить программу. Сокращаются сроки подготовки и перехода на изготовление новых деталей благодаря предварительной подготовке программ, более простой и универсальной технологической оснастке;

Высокая точность и повторяемость обработки. По одной и той же программе можно изготовить тысячи практически идентичных деталей.

Возможность обработки, которые не возможно изготовить на обычном оборудовании.



Производительность станка повышается в 1,5... 2,5 раза по сравнению с производительностью аналогичных станков с ручным управлением;

Снижается потребность в квалифицированных рабочих-станочниках, а подготовка производства переносится в сферу инженерного труда;

Интерпретатор системы ЧПУ производит перевод программы из входного языка в команды управления главным приводом, приводами подач, контроллерами управления узлов станка (включить/выключить охлаждение, например). Для определения необходимой траектории движения рабочего органа в целом (инструмента/заготовки) в соответствии с управляющей программой (УП) используется интерполятор, рассчитывающий положение промежуточных точек траектории по заданным в программе конечным.

Аббревиатура ЧПУ соответствует двум англоязычным NC и CNC, отражающим эволюцию развития систем управления оборудованием.

Наиболее распространенный язык программирования ЧПУ для металлорежущего оборудования описан документом [ISO 6983](#) Международного комитета по стандартам (подробнее [G-код](#)). В отдельных случаях, например, системы управления гравировальными станками, язык управления принципиально отличается от стандарта.

Для станков с ЧПУ стандартизованы направления перемещения и их символика. Стандартом ISO-R841 принято за положительное направление перемещения элемента станка считать то, при котором инструмент или заготовка отходят один от другого. Исходной осью (ось Z) является ось рабочего шпинделя. Если эта ось поворотная, то ее положение выбирают перпендикулярно плоскости крепления детали. Положительно направление оси Z-от устройства крепления детали к инструменту. Тогда оси X и Y расположены так, как это показано на рис.1.

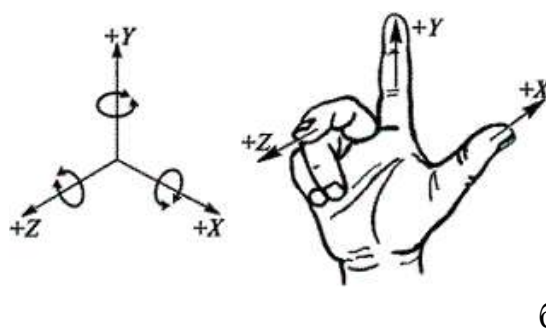


Рисунок 1– а) -расположение осей координат в станках с ЧПУ; б) – правосторонняя система координат

По технологическому назначению и функциональным возможностям системы ЧПУ подразделяют на четыре группы:

Позиционные, в которых задают только координаты конечных точек положения исполнительных органов после выполнения ими определенных элементов рабочего цикла (сверлильные, расточные и координатно-расточные станки);

Контурные или непрерывные, управляющие движением исполнительного органа по заданной криволинейной траектории (различные токарные, фрезерные и круглошлифовальные станки);

Универсальные (комбинированные), в которых осуществляется программирование как перемещений при позиционировании, так и движения исполнительных органов по траектории, а также смены инструментов и загрузки-выгрузки заготовок (многоцелевых токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков).

Многоконтурные системы, обеспечивающие одновременное или последовательное управление функционированием ряда узлов и механизмов станка (бесцентровые круглошлифовальные станки, в которых от систем ЧПУ управляют различными механизмами: правки, подачи бабок и т.д.).

По способу подготовки и ввода управляющей программы различают так называемые оперативные системы ЧПУ (в этом случае управляющую программу готовят и редактируют непосредственно на станке, в процессе обработки первой детали из партии или имитации ее обработки) и системы, для которых управляющая программа готовится независимо от места обработки детали. Причем независимая подготовка управляющей программы может выполняться либо с помощью средств вычислительной техники, входящих в состав системы ЧПУ данного станка, либо вне ее (вручную или с помощью системы автоматизации программирования).

## **Фрезерные станки с ЧПУ**

Фрезерные станки можно классифицировать по различным признакам.

По расположению шпинделя:

Вертикальные; Горизонтальные.

Вертикальные станки являются наиболее универсальными и применяются в большинстве случаев. На горизонтальных станках обрабатываются в основном крупногабаритные корпусные детали.

По количеству управляемых осей (степеней свободы):

Однокоординатные.

Двухкоординатные.

Трехкоординатные.

Четырехкоординатные.

Пятикоординатные.

Ос шпинделя всегда является осью Z и направлена на инструмент. Оси X и Y перпендикулярные направления перемещения режущего инструмента в плоскости стола. Оси A, B, C – это вращение вокруг осей X, Y, Z.

По типу стола:

С неподвижным столом. С подвижным столом.

Наиболее распространенной является компоновка станка, где оси станка X и Y реализованы перемещением стола относительно шпинделя. Для обработки крупногабаритных деталей и для улучшения обзора рабочей зоны изготавливают станки, где стол неподвижен, а вся шпиндельная бабка перемещается относительно него. Многокоординатные станки различаются по способу реализации 4, 5 и более осей:

С поворотным столом; С поворотной головкой. Программирование  
Программа для станка с ЧПУ Fanuc выглядит следующим образом:  
%

O \_\_\_\_\_ Номер программы

\_ \_\_\_\_\_ Кадр

\_ \_\_\_\_\_ Кадр

.....

.....

M30 Конец программы

В начале и конце программы ставиться знак «%». По этому символу система определяет область, где находится программа. Далее идет заголовок программы, обозначенный буквой «O» или «:» с последующим номером (максимум 4 цифры). Каждая строка программы называется кадром. Каждый кадр заканчивается символом

«;». Концом программы является команда M2, M30 или M99.

Кадр состоит из следующих элементов:

|                  |                          |            |      |      |                        |                  |                     |
|------------------|--------------------------|------------|------|------|------------------------|------------------|---------------------|
| N 0000           | G00                      | X000       | Y000 | Z000 | M00                    | S00              | T00                 |
| Порядковый номер | Подготовительная функция | Координаты |      |      | Дополнительная функция | Функция шпинделя | Функция инструмента |

N – порядковый номер кадра. Не обязателен для написания.

G – подготовительная функция. Отвечает, практически за все действия станка. Тип траектории перемещения, включение – выключение системы координат, выбор размерности подачи и т.д.



X, Y, Z – координаты перемещений.

S – дополнительная функция. Отвечает за включение – выключение рабочих узлов станка (шпиндель, насос СОЖ и т.д.), обозначает конец программы.

S – функция шпинделя. Задаёт частоту вращения шпинделя.

T – функция инструмента. Задаёт номер инструмента.

F – функция подачи. Задаёт значение подачи.

Список основных G-функций для систем с ЧПУ:

– G00 – позиционирование. Код G00 используется для выполнения ускоренного перемещения. Ускоренное перемещение или позиционирование необходимо для быстрого перемещения режущего инструмента к позиции обработки или безопасной позиции. Ускоренное перемещение никогда не используется для выполнения обработки, так как скорость движения исполнительного органа станка очень высока и непостоянна.

– G01 –линейная интерполяция. Код G01 - это команда линейной интерполяции, обеспечивающая перемещение инструмента по прямой линии с заданной скоростью.

– G02 – круговая интерполяция/винтовая интерполяция по часовой стрелке. Код G02 предназначен для выполнения круговой интерполяции, то есть для перемещения инструмента по дуге (окружности) в направлении часовой стрелки с заданной скоростью.

– G03 –круговая интерполяция/винтовая интерполяция против часовой стрелке. Код G03 предназначен для выполнения круговой интерполяции, то есть для перемещения инструмента по дуге (окружности) против часовой стрелки с заданной скоростью.

– G33 – нарезка резьбы.

– G63 – режим нарезания резьбы метчиком. Режим нарезания резьбы метчиком активируется при помощи кода G63 и используется в циклах нарезания резьбы. В этом режиме невозможна корректировка скорости подачи при помощи специальной рукоятки на панели УЧПУ станка. Режим отменяется программированием команды режима резания G64.

– G73 –цикл сверления с периодическим выводом сверла.

– G94 –подача за минуту. При помощи команды G94 указанная скорость подачи устанавливается в дюймах за 1 минуту или в миллиметрах за 1 минуту.

– G95 – подача за оборот. При помощи команды G95 указанная скорость подачи устанавливается в дюймах на 1 оборот шпинделя или в миллиметрах на 1 оборот шпинделя.

Список дополнительных M-функций:

– M0 –остановка программы.

– M2 – конец программы.

– M3 –включение вращения шпинделя по часовой стрелке.

– M4 – включение вращения шпинделя против часовой стрелке.

– M5 – остановка шпинделя.

– M6 – автоматическая смена инструмента.

– M7 – включение обдувки воздухом.

– M8 – включение охлаждения СОЖ.

– M9 – выключение охлаждения СОЖ.

– M10 –отключение обдувки воздухом.

– M11 –зажим инструмента.

– M12 –разжим инструмента.

Существует три основных способа разработки управляющих программ: ручное программирование (manual programming techniques), программирование на стойке ЧПУ(shop-floor) и программирование при помощи САМ-систем.

## **Ручное программирование**

Ручное программирование является весьма утомительным занятием. Однако все программисты-технологи обязаны иметь хорошее понимание техники ручного программирования независимо от того, действительно ли они ее используют.

Все еще остается немало компаний, в которых применяют исключительно ручное программирование для станков с ЧПУ. Если в компании используется несколько станков с ЧПУ, а изготавливаемые детали предельно просты, то грамотный технолог-программист с великолепной техникой ручного программирования будет способен превзойти по производительности труда мощного программиста-технолога, использующего САМ-систему. Или скажем, компания использует свои станки для выполнения ограниченной номенклатуры изделий. Как только обработка таких изделий запрограммирована, она вряд ли будет изменена когда-либо в будущем. В этом случае ручное программирование для ЧПУ наиболее экономически эффективно.

Наконец, даже в случае применения САМ-системы нередко возникает потребность коррекции кадров УП вследствие обнаружения ошибок на этапе верификации. Также, общепринятой является коррекция кадров УП после ряда первых пробных прогонов на станке с ЧПУ. Если для выполнения этих, часто элементарных корректировок программист должен опять использовать САМ-систему, то это неоправданно удлинит процесс подготовки производства.

## **Программирование на пульте системы ЧПУ**

Этот метод программирования стал весьма популярен в последние годы. Программы создаются и вводятся непосредственно на стойке системы ЧПУ, используя клавиатуру, дисплей, а также систему графических пиктограмм и меню. Программист может немедленно верифицировать кадры УП путем графической имитации обработки на экране стойки.

Некоторые компании используют исключительно метод программирования на стойке ЧПУ. Другие рассматривают такой метод экономически неэффективным, даже расточительным.

Компании, использующие ограниченное число наемных рабочих и выпускающие широкий ассортимент деталей, склонны использовать метод программирования непосредственно у станка с ЧПУ. В таких фирмах, один работник

может использоваться для выполнения разнообразных задач, связанных с обслуживанием станков с ЧПУ. Например, на многих малых заводах оператор станка с ЧПУ занимается установкой заготовки; ее креплением; вводом УП; проверкой и оптимизацией УП, наконец, он фактически следит за обработкой. В этом случае метод программирования «у стойки с ЧПУ» весьма оправдан и более эффективен, чем оплата услуг некоего «удаленного» программиста-технолога. В более крупных производственных фирмах основная цель состоит в максимальной загрузке станка с ЧПУ. Этот тип компаний использует уже целый штат сотрудников, поддерживающих максимальную загрузку станков и бесперебойное изготовление деталей на каждом станке. Независимо от причины, время простоя станка будет воспринято руководством компании как потеря времени и денег. Один человек может устанавливать инструменты для изготовления следующей детали в то время как обрабатывается текущая деталь. Другой сотрудник зажимает деталь. Остальные работники в этот момент загружают УП и верифицируют их. В этом случае оператор станка только устанавливает заготовки и снимает готовые детали. Штат поддержки минимизирует потери времени, связанные с установкой и наладкой, а также разгрузкой станка, выполняя главную задачу – минимизировать время, в течение которого станок простаивает.

### **Программирование при помощи САМ-систем**

САМ-системы позволяют «поднять» программирование для станков с ЧПУ на более высокий уровень по сравнению с рутинным ручным программированием. САМ-системы постоянно привлекают на свою сторону все большее число сторонников. САМ-системы облегчают труд технолога-программиста в трех главных направлениях: избавляют технолога-программиста от необходимости делать математические вычисления вручную; позволяют создавать на одном базовом языке управляющие

программы для различного оборудования с ЧПУ, наконец, они обеспечивают технолога типовыми функциями, автоматизирующими ту или иную обработку.

Для использования САМ-системы, технолог-программист применяет персональный компьютер или рабочую станцию. Компьютерная программа автоматически генерирует управляющую программу (G-код). Затем управляющая программа передается тем или иным способом в память стойки станка с ЧПУ.

### **3 Примеры решения задач**

**Пример.** Написать программу для фрезеровки буквы «А» на фрезерном станке с ЧПУ Reabin (Рис. 2.)

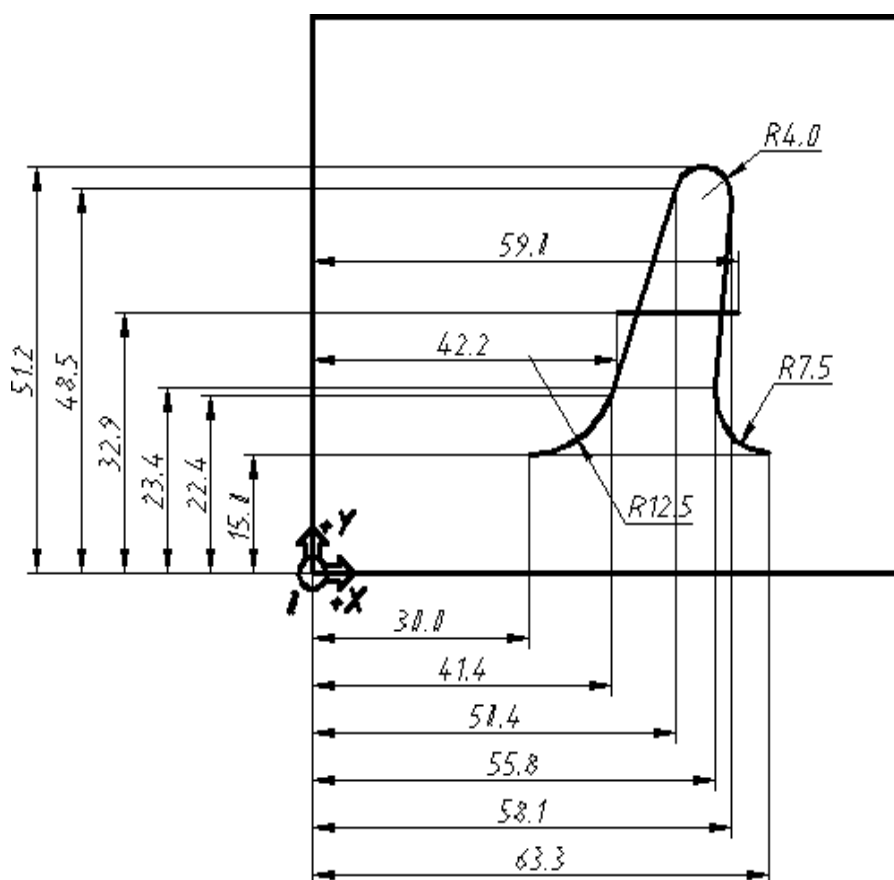


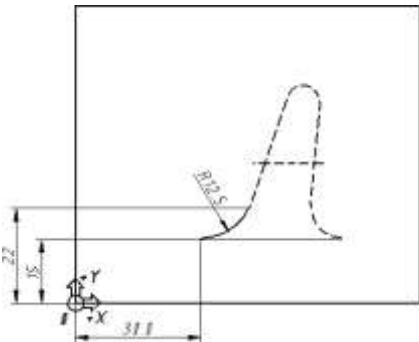
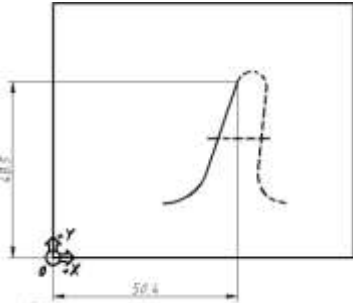
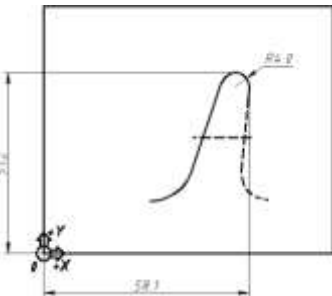
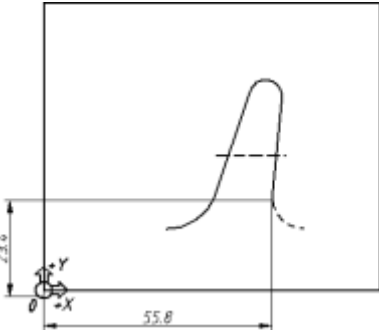
Рисунок 2 – Эскиз детали

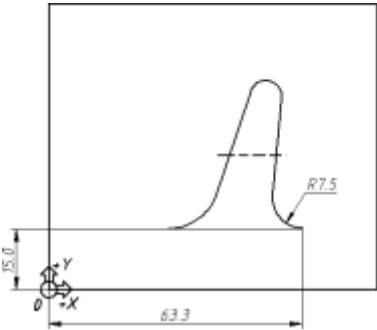
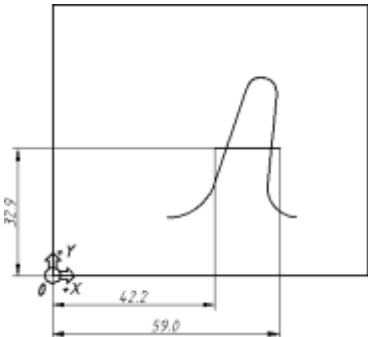
Для написания программы будут использоваться следующие G коды: G00, G01, G02, G03.

Программа с пояснениями представлена в табл. 2.

Таблица 1 – Программа для детали фрезерования буквы «А»

| № | Программа | Описание, эскиз |
|---|-----------|-----------------|
|---|-----------|-----------------|

|   |                                                        |                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | G00 X30 Y15 G01<br>Z-1 F20<br>G03 X30 Y22 R12.5<br>F18 | Быстрое перемещение фрезы в точку с координатами X30 Y15. Углубление фрезы на 1мм.<br>Фрезеровка части окружности против часовой стрелке.<br> |
| 2 | G01 X50,4 Y48,5 F25                                    | Фрезеровка по прямой. Подача 25мм/мин.<br>                                                                                                    |
| 3 | G02 X58,1 Y22 R4<br>F18                                | Фрезеровка части окружности по часовой стрелке.<br>Подача 18мм/мин.<br>                                                                      |
| 4 | G01 X55,8 Y23,4<br>F25                                 | Фрезеровка по прямой. Подача 25мм/мин.<br>                                                                                                   |

|   |                                         |                                                                                                                                                                      |
|---|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 | G03 X63,3 Y15 R7,5<br>F18               | Фрезеровка части окружности против часовой стрелке.<br>Подача 18мм/мин.<br>         |
| 6 | G01 Z1<br>G00 X 59 Y32.9 F25<br>G01 Z-1 | Поднятие фрезы (G01 Z1).<br>Быстрое перемещение фрезы в точку с координатами.<br>Углубление фрезы.                                                                   |
|   | G01 X 42.2 Y32.9 G01<br>Z1<br>G00 X0 Y0 | Фрезеровка по прямой.<br>Поднятие фрезы.<br>Возвращение фрезы в нулевую точку.<br> |

### Форма представления результата:

Оформленный отчет

### Контрольные вопросы:

1. Виды станков
2. Преимущества и недостатки станков с ЧПУ
3. Расположение осей координат в станках с ЧПУ
4. Классификация станков с ЧПУ по технологическому назначению и функциональным возможностям
5. Классификация станков с ЧПУ по способу подготовки и ввода управляющей программы
6. Классификация токарных станков с ЧПУ
7. Основные части токарных станков с ЧПУ
8. Центровые, патронные, патронно-центровые и карусельные станки с ЧПУ
9. Классификация фрезерных станков с ЧПУ
10. Основные части фрезерных станков с ЧПУ
11. Программирование станков с ЧПУ
12. Кадр программы.
13. Подготовительная функция, дополнительная функция, функция шпинделя, функция инструмента, функция подачи.

14. Список основных G-функций для систем с ЧПУ (G00, G01, G02, G03).
15. Список дополнительных M-функций
16. Ручное программирование, программирование на стойке ЧПУ и программирование при помощи САМ-систем.

#### **Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание.

### **Лабораторное занятие №14**

#### **Изучение интерфейса CAD-системы, создание моделей простых деталей.**

**Цель:** формирование умений использовать CAD-системы

**Выполнив работу, вы будете уметь:**  
использовать CAD-системы

#### **Материальное обеспечение:**

Компьютер с программным обеспечением CAD-система, симулятор или станок ЧПУ

#### **Задание:**

1. Изучить методические указания по ссылке:  
[https://adem.ru/assets/files/downloads/adem\\_dlya\\_spo\\_i\\_npo/uchebniy\\_kurs\\_po\\_3d\\_dlya\\_adem\\_8.0.0/ADE\\_M3D-tutorial80.pdf](https://adem.ru/assets/files/downloads/adem_dlya_spo_i_npo/uchebniy_kurs_po_3d_dlya_adem_8.0.0/ADE_M3D-tutorial80.pdf)

2. Создать простую модель в CAD-системе.

3. Оформить отчет.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучение интерфейса и основных инструментов

- Изучите рабочую область: Ознакомьтесь с основными элементами интерфейса: меню, панели инструментов, командная строка и рабочее пространство.

- Познакомьтесь с навигацией: Научитесь вращать, масштабировать и перемещать 3D-модель.

- Изучите примитивы: Освойте инструменты для создания базовых геометрических форм, таких как кубы, сферы, цилиндры и конусы.

- Овладейте инструментами выдавливания (Extrude) и вращения (Revolve): Это основные операции для создания трехмерных объектов.

2. Создание моделей простых деталей

- Начните с простого: Создайте базовую форму, например, куб или цилиндр.

- Примените операции: Используйте инструменты выдавливания или вращения, чтобы придать объекту нужную форму.

- Работайте с вырезами и скруглениями: Используйте операции вычитания (Cut) для создания отверстий и скруглений (Fillet/Chamfer) для обработки краев детали.

-Практикуйтесь: Повторяйте эти действия, создавая все более сложные модели, такие как чашки, болты или простые механизмы.

#### **Краткие теоретические сведения:**

ADEM - интегрированная CAD/CAM/CAPP/PDM система содержит средства автоматизации для различных видов инженерной деятельности, оперативное взаимодействие которых является ключом к рентабельному производству. Статья посвящена краткой ретроспективе развития продукта и взаимному влиянию рынка, технологий и задач автоматизации.

Обычно понимание главной цели происходит не сразу, а в результате кропотливой работы, которая может занимать годы. Даже если задача сформулирована правильно, то для ее решения необходимы ресурсы и инструменты, которых может и не существовать на данный момент времени. Когда задача решена, то оказывается, что это лишь еще один шаг на пути к главной цели.

#### **Форма представления результата:**

Оформленный отчет

#### **Контрольные вопросы:**

#### **Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание.

### **Лабораторное занятие №15**

#### **Изучение интерфейса САМ-систем, создание простых управляющих программ для 3D-печати.**

**Цель:** формирование умений использовать САМ-системы

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Создавать простые управляющие программы

#### **Материальное обеспечение:**

Компьютер с программным обеспечением САМ-система, симулятор или станок ЧПУ

#### **Задание:**

1                    1.Изучить                    методические                    указания                    по                    ссылке:  
[https://adem.ru/assets/files/downloads/adem\\_dlya\\_vuzov/podgotovka\\_upravlyayushih\\_programm\\_v\\_cam\\_adem/making\\_NC\\_in\\_ADEM\\_CAM.pdf](https://adem.ru/assets/files/downloads/adem_dlya_vuzov/podgotovka_upravlyayushih_programm_v_cam_adem/making_NC_in_ADEM_CAM.pdf)

2. Создать простую управляющую программу в САМ-системе.

3. Оформить отчет.

#### **Порядок выполнения работы:**



1. Изучить методические указания по ссылке:  
[https://adem.ru/assets/files/downloads/adem\\_dlya\\_vuzov/podgotovka\\_upravlyayushzih\\_programm\\_v\\_cam\\_adem/making\\_NC\\_in\\_ADEM\\_CAM.pdf](https://adem.ru/assets/files/downloads/adem_dlya_vuzov/podgotovka_upravlyayushzih_programm_v_cam_adem/making_NC_in_ADEM_CAM.pdf)

2 Создать простую управляющую программу в CAM-системе.

### **Краткие теоретические сведения:**

ADEM CAM позволяет создавать УП для следующих видов обработки: фрезерования, точения, сверления, электро-физической, лазерной и листопробивной.

ADEM CAM позволяет задавать технологические переходы как для конструктивных элементов состоящих из плоских 2D-контуров и 3D моделей, созданных в модуле ADEM CAD, так и для импортированных плоских и объемных моделей. ADEM CAM включает инструменты для редактирования технологического маршрута и моделирования процесса обработки.

Результатом работы модуля ADEM CAM является, отложенная в процессе моделирования, управляющая программа для станка с ЧПУ. Технологические объекты, составляющие технологический процесс обработки, ассоциативно связаны с геометрической моделью, созданной в ADEM CAD или импортированной из других систем проектирования. То есть все изменения, внесенные конструктором в геометрическую модель проектируемого изделия, автоматически отражаются на технологическом процессе обработки.

Процесс создания технологического объекта на основе созданной или импортированной геометрической модели включает следующие стадии:

1. Создание конструктивного элемента (колодец, уступ, плоскость, отверстие, поверхность и т.п.). На этом этапе задаётся геометрия поверхностей, подлежащих обработке.

2. Задание технологического перехода (фрезеровать, сверлить, точить, пробить и т.п.).

Результатом выполнения шагов 1 и 2 является «Технологический объект» (ТО).

3. Повторение шагов 1-2 для каждого технологического объекта.

4. Задание технологических команд (начало цикла, плоскость холостых ходов, стоп и т.п.).

5. Расположение созданных технологических объектов в правильном порядке (управление последовательностью выполнения ТО).

6. Расчет траектории движения инструмента с генерацией файла CLDATA.

7. Выполнение моделирования процесса обработки.

8. Создание управляющей программы.

До начала генерации управляющей программы, Вы должны выбрать тип оборудования и указать ряд дополнительных параметров. Это можно сделать на любом этапе работы в ADEM CAM, однако рекомендуется задать все необходимые установки в начале работы над проектом, так как информация, содержащаяся в постпроцессоре, может оказывать влияние на формирование траектории движения инструмента (например, отсутствие кругового интерполятора вызовет формирование траектории движения инструмента, содержащей только линейные перемещения).

### **Форма представления результата:**

Оформленный отчет

### **Контрольные вопросы:**

1. Для каких видов обработки CAM ADEM позволяет генерировать управляющие программы?

2. В какой последовательности разрабатывается управляющая программа в CAM ADEM?

3. Что такое постпроцессор?

### **Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание

## Лабораторное занятие №16

### Разработка моделей и управляющих программ для деталей, требующих значительной пост-обработки (с элементами опорной структуры, поддержками).

**Цель:** формирование умений программировать станки ЧПУ

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Разрабатывать модель и создавать управляющую программу в САМ-системе

**Материальное обеспечение:**

Компьютер с программным обеспечением САМ-система, симулятор или станок ЧПУ

**Задание:**

1 1.Изучить методические указания по ссылке:

[https://adem.ru/assets/files/downloads/adem\\_dlya\\_vuzov/podgotovka\\_upravlyayushzih\\_programm\\_v\\_cam\\_adem/making\\_NC\\_in\\_ADEM\\_CAM.pdf](https://adem.ru/assets/files/downloads/adem_dlya_vuzov/podgotovka_upravlyayushzih_programm_v_cam_adem/making_NC_in_ADEM_CAM.pdf)

2. Разработать модель и создать управляющую программу в САМ-системе

3. Оформить отчет.

**Порядок выполнения работы:**

1.Изучить методические указания по ссылке.

2 Разработать модель и создать управляющую программу в САМ-системе.

**Краткие теоретические сведения:**

#### 1. Создание 3D-модели:

Деталь разрабатывается в САД-системе, учитывая ее геометрию и необходимость поддержек.

#### 2. Подготовка к печати:

Модель разбивается на слои в Slicing-программе (слайсер), где определяются параметры печати и генерация опорных структур.

#### 3. Генерация управляющей программы (УП):

- **САМ-система:** Используется для создания траекторий движения инструмента и генерации G-кода – языка команд, понятного станку с ЧПУ.
- **Определение технологических параметров:** Включает выбор скорости резания, подачи, глубины резания и других параметров для каждого этапа обработки.
- **Генерация поддержек:** Важный этап для деталей, требующих значительной пост-обработки, поскольку опоры обеспечивают устойчивость детали во время печати или механической обработки.

**Пост-обработка:**

После завершения процесса печати или механической обработки, опоры и другие вспомогательные элементы удаляются.

**Контроль качества:**

Готовая деталь проходит контроль на соответствие заданным параметрам и требованиям.

**Форма представления результата:**

Оформленный отчет

**Контрольные вопросы:**

1. Для каких видов обработки CAM ADEM позволяет генерировать управляющие программы?
2. В какой последовательности разрабатывается управляющая программа в CAM ADEM?
3. Что такое постпроцессор?

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание

## **Лабораторное занятие №17**

### **Подбор оборудования, материалов и параметров печати согласно технологическим требованиям к качеству детали.**

**Цель:** формирование умений в подборе оборудования, материалов и параметров печати согласно технологическим требованиям к качеству детали.

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Подбирать оборудование, материалы и параметры 3 Д печати.

**Материальное обеспечение:**

Не требуется

**Задание:**

1. Изучить методические указания
2. Подобрать оборудование, материалы и параметры печати по заданию
3. Оформить отчет.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить методические указания по ссылке.
2. Подобрать оборудование, материалы и параметры печати по заданию

**Краткие теоретические сведения:**

Для подбора оборудования, материалов и параметров печати, соответствующих технологическим требованиям к качеству детали, необходимо: проанализировать технологическую документацию (технические условия, ГОСТы), определить тип детали и её геометрические и эксплуатационные требования, а также выбрать аддитивную технологию печати и соответствующие ей материалы, которые обеспечат необходимые свойства детали при заданных параметрах процесса.

1. Анализ технологических требований и документации
  - Изучите технологическую документацию:

Начните с анализа существующих стандартов (ГОСТы) или технических условий (ТУ) на деталь. Эти документы содержат требования к материалам, размерам, внешнему виду и механическим свойствам детали, которые необходимо обеспечить в процессе печати.

- Определите требования к качеству:

На основании документации выделите ключевые показатели качества детали, например:

- Точность размеров и допуски.
- Шероховатость поверхности.
- Механические свойства (прочность, износостойкость и т.д.).
- Внешний вид и цвет.
- Химическая стойкость и др.

## 2. Выбор аддитивной технологии

- Сопоставьте требования с технологиями: Разные аддитивные технологии ([3D-печать](#)) подходят для разных задач.
  - Экструзионная печать (FDM/FFF): Хорошо подходит для создания прототипов и функциональных деталей из полимеров, но может требовать постобработки для достижения высокой гладкости поверхности.
  - Стереолитография (SLA/DLP): Обеспечивает высокую точность и гладкость поверхности, что важно для создания детали с требованием к точности геометрии.
  - Селективное лазерное спекание/плавление (SLS/SLM): Используется для получения прочных металлических и полимерных деталей, часто с хорошими механическими свойствами.
  - Струйная печать (Binder Jetting): Подходит для создания металлических деталей, а также керамических, требуя последующей обработки.

## 3. Выбор материала

- Учитывайте свойства материалов: Выбранный материал должен обеспечивать требуемые характеристики детали.
  - Полимеры: Различные типы пластиков (ABS, PLA, PETG) имеют разные механические свойства и температурные характеристики.
  - Металлы: Порошковые металлы (алюминий, сталь, титан) используются в процессах SLS/SLM для создания прочных и функциональных деталей.
  - Керамика: Порошковая керамика применяется в Binder Jetting и SLS для производства высокотемпературных и износостойких деталей.

## 4. Определение параметров печати

- Настройте параметры процесса:

После выбора технологии и материала, настройте параметры печати, такие как:

- Температура печати и стола.
- Скорость печати.
- Высота слоя.
- Режим заполнения и плотность заполнения.
- Наличие поддержек и их структура.

Проведите тестовые печати:

Выполните тестовые образцы и проведите испытания, чтобы убедиться, что полученные детали соответствуют всем технологическим требованиям.

## 5. Постобработка детали

- Планируйте постобработку: Для достижения требуемого качества поверхности, размеров или механических свойств может потребоваться постобработка: шлифовка, полировка, термообработка, удаление поддержек.

Следуя этим шагам, вы сможете подобрать оптимальное оборудование, материалы и параметры для печати, чтобы получить деталь, соответствующую всем технологическим требованиям.

**Форма представления результата:**

Оформленный отчет

**Контрольные вопросы:**

1. Для каких видов обработки CAM ADEM позволяет генерировать управляющие программы?
2. В какой последовательности разрабатывается управляющая программа в CAM ADEM?
3. Что такое постпроцессор?

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание

**Лабораторное занятие №18****Разработка технологии пост-обработки деталей.**

**Цель:** формирование умений разрабатывать технологии пост-обработки деталей.

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Разрабатывать технологии пост-обработки деталей.

**Материальное обеспечение:**

Не требуется

**Задание:**

1. Изучить методические указания
2. Разработать технологию пост-обработки детали.
3. Оформить отчет.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить методические указания
2. Разработать технологию пост-обработки детали.

**Краткие теоретические сведения:**

После печати изделие может иметь следующие недостатки:

- видимые линии слоев
- шероховатая текстура
- небольшие дефекты геометрии
- лишние поддерживающие элементы

Постобработка 3D-печатной поверхности позволяет:

- сделать изделие гладким и эстетичным
- улучшить прочность за счет дополнительного уплотнения
- подготовить деталь к покраске или нанесению защитного покрытия
- придать изделию профессиональный, «заводской» внешний вид

Таким образом, постобработка 3D-печати является неотъемлемым этапом, особенно если изделие используется в дизайне, медицине, производстве или для конечного потребителя.

### **Основные методы постобработки 3D-печати**

#### **1. Механическая обработка и шлифовка**

Шлифовка 3D-изделий считается самым распространенным способом доведения поверхности до гладкого состояния.

Этапы шлифовки:

1. Удаление поддержек и грубых неровностей.
2. Обработка поверхности наждачной бумагой с крупным зерном (например, P100).
3. Последовательное использование более мелких абразивов (P400, P800 и выше).
4. Финальная полировка при необходимости.

Плюсы:

- высокая точность
- возможность локальной обработки
- универсальность для разных материалов (PLA, ABS, PETG, смолы)

Минусы:

- процесс занимает время
- при неосторожности можно повредить деталь

#### **2. Химическая обработка**

Для некоторых пластиков (особенно ABS) применяют химическую обработку парами ацетона.

Особенности метода:

- пары ацетона мягко плавят верхний слой
- поверхность становится глянцевой и гладкой
- изделие приобретает вид литой детали

Важно помнить: такой метод требует аккуратности, так как легко повредить мелкие элементы. Также необходима вентиляция и соблюдение техники безопасности.

#### **3. Термическая обработка**

С помощью теплового воздействия можно устранить микродефекты. Иногда применяется «пламенная полировка» - обработка поверхности открытым пламенем.

Однако этот способ требует профессионального подхода, так как чрезмерное нагревание способно деформировать изделие.

#### **4. Покраска и нанесение покрытий**

После механической или химической обработки изделие готово к покраске. Используют:

- грунтовки для 3D-печати
- акриловые краски
- защитные лаки

Эти покрытия не только улучшают внешний вид, но и защищают изделие от влаги, ультрафиолета и механических воздействий.

#### **5. Комбинированные методы**

На практике часто сочетают разные виды обработки: сначала механическая шлифовка, затем химическое сглаживание и финишная покраска. Такой подход дает максимально гладкий и прочный результат.

#### **Какие материалы требуют разной обработки**

- **PLA** - легко поддается шлифовке, но плохо реагирует на химическую обработку.
- **ABS** - идеально подходит для обработки ацетоном.
- **PETG** - требует осторожной шлифовки и последующей покраски.
- **Фотополимерные смолы** - часто нуждаются в дополнительном УФ-отверждении и полировке.

#### **Советы по шлифовке 3D-изделий**

1. Используйте защитные очки и маску, так как пыль от пластика может быть вредной.
2. Начинайте с крупного абразива и переходите к мелкому.
3. Для сложных форм удобно применять мини-дрель с насадками.
4. После шлифовки удаляйте пыль перед покраской.

**Форма представления результата:**

Оформленный отчет

**Контрольные вопросы:**

1. Для каких видов обработки CAM ADEM позволяет генерировать управляющие программы?
2. В какой последовательности разрабатывается управляющая программа в CAM ADEM?
3. Что такое постпроцессор?

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание.

## **Лабораторное занятие №19**

### **Оформление технологической документации на производство деталей методами аддитивных технологий.**

**Цель:** формирование умений разрабатывать технологии пост-обработки деталей.

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Разрабатывать технологии пост-обработки деталей.

**Материальное обеспечение:**

Не требуется

**Задание:**

- 1 Изучить методические указания по ссылке: <https://reader.lanbook.com/book/242990#50>
2. Разработать технологию пост-обработки детали.
3. Оформить отчет.

**Порядок выполнения работы:**

- 1 Изучить методические указания <https://reader.lanbook.com/book/242990#50>
2. Разработать технологию пост-обработки детали.

**Краткие теоретические сведения:**

Основные этапы формирования документации:

1. **Создание 3D-модели:**
  - Деталь проектируется с помощью CAD-программ.
  - Модель экспортируется в формат, понятный слайсеру, например, STL или 3MF.

**Подготовка файла для печати:**

- С помощью программы-слайсера (например, Cura или Simplify3D) создается G-код – файл с инструкциями для 3D-принтера.
- В настройках указываются:
  - **Тип материала:** пластик, металл, композит.
  - **Параметры печати:** толщина слоя, температура экструдера/камеры, скорость печати, параметры заполнения.
  - **Настройки поддержек:** тип, плотность, угол отрыва.

**Процесс производства:**

- На принтере запускается печать по G-коду.
- Документируется время производства, используемое оборудование, материалы и основные параметры.

**Постобработка:**

- Описываются методы удаления поддержек, шлифовки, покраски, термообработки и других финишных операций.

**Контроль качества:**

- Указываются методы проверки размеров (3D-сканирование, контактные измерения) и соответствия заданным требованиям, а также стандарты качества.

Формы технологической документации:

- **Технологическая карта:** описывает весь процесс от проектирования до контроля.
- **Инструкции для оператора:** подробные шаги по подготовке, запуску и обслуживанию 3D-принтера.
- **Формы для контроля качества:** чек-листы для проверки готовой детали.

**Форма представления результата:**

Оформленный отчет

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое CAD-программы?
2. Что такое G-код?

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание.

## Лабораторное занятие №20

### Настройка и программирование работы координатно-измерительных машин

**Цель:** формирование умений настройки и программирования работы координатно-измерительных машин

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

настраивать и программировать работу координатно-измерительных машин.



**Материальное обеспечение:**

координатно-измерительная машина

**Задание:**

1 Изучить методические указания

2. Оформить отчет.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить теоретическую часть. Ответить на контрольные вопросы.

2. Изучить чертеж детали типа «Корпус».

3. Включить компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд.

4. Запустить программу ТЕХНОкоорд (рабочий стол стандартная контактная схема).

5. Подготовить КИМ к работе:

- произвести тщательный осмотр изделия, протереть смоченной в обезжиривателе тряпочкой, которая не оставляет

ворса;

- убедиться, что никакие кабели не препятствуют работе подвижных частей

КИМ;

- проверить заземление и подключить КИМ к сети через сетевой фильтр типа «Pilot».

6. Включить КИМ с помощью кнопки включения-выключения, которая расположена на передней панели.

7. Выбрать CAD-модель детали.

8. Установить деталь на рабочий стол КИМ.

9. Проверить настройки щуповой системы.

10. Сделать скриншот щуповой системы.

11. Произвести привязку CAD-модели, сделав скриншот окна редактора до начала привязки.

12. Сделать скриншот окна редактора после окончания привязки CAD-модели.

13. Оформить отчет. Сделать вывод по работе.

**Краткие теоретические сведения:**

В настоящее время автоматизация процесса измерения является важной производственной задачей для повышения качества производства, в том числе машиностроительного. Одним из главных пунктов для достижения требуемого качества изделий является метрологическое обеспечение производства. В качестве прогрессивно внедряемого в технологический процесс измерительного оборудования являются координатно-измерительные машины (КИМ). В Российском государственном профессионально-педагогическом университете КИМ с ЧПУ модели НИИК-701 используется для выполнения лабораторных и практических работ. Её функции позволяют обучающимся непосредственно получить практические навыки по работе с современными КИМ, а также закрепить теоретические знания. Для того чтобы проводить лабораторные работы, была необходимость их разработать. Одной из таких работ является лабораторная работы на тему: «Математическое базирование деталей на координатно-измерительной машине». Лабораторно-практическое занятие – это форма организации учебной деятельности учащихся, в которой доминирует их практическая деятельность, осуществляемая на основе специально разработанных заданий в условиях лаборатории (специально оборудованного кабинета). Целью работы является формирование первичных навыков выполнения привязки системы координат детали к системе координат КИМ. Задачи работы состоят в следующем: 1. Изучить особенности выполнения привязки системы координат детали к системе координат КИМ по схеме «Привязка 3-2-1»; 2. Научиться устанавливать измеряемую деталь на рабочий стол; 3. Научиться выполнять привязку системы координат детали к системе координат КИМ по схеме «Привязка 3-2-1»; Данная лабораторная работа

рассчитана на 4 академических часа. Математическое базирование – процедура, которая заключается в расчете, расположения системы координат детали (СКД) по предварительно измеренным в системе координат машины (СКМ) точкам базовых элементов детали к последующей трансформации координат точек других элементов детали из СКМ в СКД. Для того чтобы производить перемещения машины вокруг детали, измерять точки на ее поверхности необходимо узнать, как расположена деталь на столе (рис. 1). Такой процесс называется привязка текущего расположения детали к CAD-модели. Привязка производится в ручном режиме, то есть с помощью джойстика. Пользователю необходимо измерить несколько точек, расположенных на определенных поверхностях детали, после чего будет выполнен расчет перевода координат из системы координат модели в систему координат детали. Далее необходимо установить деталь на измерительный стол. Это можно сделать только при неподвижных элементах координатной измерительной машины. Размещать деталь необходимо так, чтобы ее основные поверхности были не параллельны осям выбранной системы координат. Детали должны быть всегда прочно закреплены, чтобы они не могли двигаться или упасть с измерительного стола.

После установки детали необходимо включить компьютер и запустить программу ТЕХНОкоорд. Для этого необходимо на рабочем столе двойным кликом нажать на приложение «Стандартная контактная схема измерения. Затем выбрать CAD-модель детали. В открытой программе ТЕХНОкоорд нажать меню работы с файлом, затем открыть файл ТЕХНОкоорд документы, примеры НИИК-701.10.002\_Корпус. Для того, чтобы проверить настройку щуповой системы следует нажать «Настройка» и «Щуповая система». На главной странице мастера настройки щуповой системы расположен список всех доступных щуповых систем, которые уже были созданы. Щуповая система, учетная запись которой находится в верхней части окна, является текущей используемой системой. Чтобы начать привязку следует нажать кнопку в главном меню «Выполнить привязку 3-2-1». Для данной привязки требуется обязательное наличие трех непараллельных плоскостей. Первым шагом мастера будет выбор трех непараллельных плоскостей. При выборе плоскостей рекомендуется руководствоваться следующими правилами: - Выбирать плоскости, расположенные перпендикулярно осям машины. Это связано с тем, что при измерении в ручном режиме важно производить измерение, двигаясь по нормали к поверхности детали, а проще всего это сделать, если поверхность перпендикулярна одной из осей. - Рекомендуется выбирать плоскости с большой площадью. После выбора плоскостей мастер по очереди будет предлагать измерить три, две и одну точку на соответствующих плоскостях, поочередно подсвечивая их. Рекомендуется выбирать наиболее удаленные друг от друга точки. Запрещается: - первые три точки выбирать лежащие на одной прямой; - две точки на второй плоскости измерять на прямой, перпендикулярной линии пересечения первой и второй плоскости. Если привязка выполняется некорректно: - проверьте, что не было измерено одинаковых точек; - постарайтесь измерять точки, наиболее удаленные друг от друга; - попробуйте выбрать плоскости с большей площадью; - проверьте, что точки на отмеченных поверхностях были измерены соответствующими щупами.

#### **Форма представления результата:**

1. Титульный лист. 2. Наименование работы. 3. Цель работы. 4. Краткое поэтапное описание хода математического базирования детали. 5. Скриншоты щуповой системы и окон редактора до и после привязки CAD-модели. 6. Вывод по работе

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какие и в каком количестве требуются плоскости для выполнения «Привязки 3-2-1»? 2. Почему при выполнении «Привязки 3-2-1» происходит измерение координат именно шести точек? 3. Что запрещается делать при выполнении «Привязки 3-2-1» и почему? 4. Что называется щуповой системой? 5. Что называется геометрией щуповой системы? 6. Для чего используется геометрия щуповой системы? 7. Что такое допустимая зона? 8. Какое количество равномерно распределенных

по поверхности сферы точек надо измерить в ручном режиме при калибровке, чтобы узнать положение сферы относительно щупа? 9. С какой целью выполняется калибровка?

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание.

## **Лабораторное занятие №21**

### **Интерфейс систем для программирования промышленных манипуляторов. Настройка параметров работы манипулятора для перемещения заготовок и деталей.**

**Цель:** формирование умений работы и программирования промышленных манипуляторов

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

настраивать и программировать работу манипулятора для перемещения заготовок и деталей..

**Материальное обеспечение:**

Компьютер с программным обеспечением САМ-система, симулятор или станок ЧПУ **Задание:**

1) привести особенности кинематики промышленного робота РБ 211; 2) дать полную классификацию системы управления промышленного робота РБ 211; 3) сформулировать полученные в ходе выполнения лабораторной работы знания, навыки и умения.

**Порядок выполнения работы:**

1. Титульный лист, цель работы. 2. Материальное оснащение. 3. Назначение и область применения робота. 4. Укрупненная схема системы управления РБ 211. 5. Последовательность настройки и основные команды, используемые при настройке робота. 6. Выводы.

**Краткие теоретические сведения:**

Промышленный робот - автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций. Манипулятор - управляемое устройство или машина для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека при перемещении объектов в пространстве, оснащенное рабочим органом. В качестве рабочего органа могут служить сварочные клещи, окрасоч- 4 ный пистолет, сборочный инструмент, захватное устройство. В дальнейшем будут применяться следующие термины: -захватное устройство (ЗУ) - устройство, фиксирующее перемещаемый объект относительно кисти; - -кисть - элемент конструкции, несущий ЗУ и обеспечивающий требуемую угловую ориентацию перемещаемого объекта в процессе манипулирования; - рука - устройство, перемещающее кисть (самостоятельно или с использованием дополнительных движений основания) в заданную точку рабочей зоны; - основание - узел, на котором расположены неподвижные направляющие каретки, а при отсутствии последней - направляющие руки; - каретка - узел, несущий продольные направляющие руки и перемещаемый перпендикулярно к ним относительно основания; - тележка - перемещаемое основание; - рабочая зона промышленного робота - пространство, в котором может находиться рабочий орган промышленного робота при его функционировании. Рабочая зона характеризуется формой, системой координат манипулятора и размерами, определяемыми максимальными

перемещениями по степеням подвижности. Кинематическая структура манипуляторов промышленных роботов и их двигательные возможности определяются видом и последовательностью расположения кинематических пар. В свою очередь требуемый характер движения рабочих органов промышленных роботов при выполнении вспомогательных и технологических операций и переходов определяется производственными условиями. При этом различают глобальные, региональные и локальные движения. Глобальные (перестановочные) - перемещения на расстояния, превосходящие размер как самого манипулятора, так и обслуживаемой им единицы оборудования (для передвижных роботов). Региональные (установочные) - перемещения захвата в пределах рабочей зоны, определяемой размерами звеньев руки манипулятора. Локальные (ориентирующие) - перемещения захвата, определяемые размерами звеньев кисти руки манипулятора. Стационарные роботы обеспечивают только установочные и ориентирующие движения. Трех степеням подвижности устройства для позиционирования руки соответствуют три обобщенные координаты манипулятора. В зависимости от выбора этих координат различают роботы и манипуляторы с прямоугольной, цилиндрической и сферической координатными системами. В прямоугольной системе перемещение объекта манипулирования в определенную точку пространства осуществляется за счет прямолинейных перемещений звеньев механической системы по трем (по двум - при плоской системе) взаимно перпендикулярным координатным осям. Прямоугольная система координат часто используется в станках, но в роботах редко. Примерами практического применения такой системы могут служить устройства подачи заготовок к станку через загрузочное окно. Недостаток исполнения - чрезмерное увеличение габаритов устройства. Кроме того, при перемещении детали по трем осям в прямоугольных координатах увеличивается продолжительность выполнения заданной циклограммы. Цилиндрическая система координат характеризуется перемещением объекта за счет вращения и двух поступательных движений. Рабочая зона - цилиндрический сегмент или целый цилиндр. Сферическая (полярная) система координат характеризуется перемещением объекта манипулирования в точку пространства за счет радиального  $R$  и угловых перемещений и в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Рабочее пространство - сферический сегмент. В ангулярной плоской системе координат объект манипулирования перемещается в координатной плоскости за счет относительного поворота звеньев руки, имеющих постоянную длину. Ангулярная сферическая система характеризуется перемещением объекта в пространстве только за счет относительных угловых поворотов звеньев руки, при этом хотя бы одно звено имеет возможность поворота на углы и в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Рабочая зона - сферический сегмент. Ангулярная цилиндрическая система координат характеризуется дополнительным смещением относительно основной координатной плоскости в направлении перпендикулярной к ней координаты.

#### **Форма представления результата:**

1. Титульный лист, цель работы. 2. Материальное оснащение. 3. Назначение и область применения робота. 4. Укрупненная схема системы управления РБ 211. 5. Последовательность настройки и основные команды, используемые при настройке робота. 6. Выводы.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Область применения промышленного робота РБ 211. 2. Дать определение промышленного робота. 3. Перечислите основные составные части промышленного робота. 4. Дать определение манипулятора и перечислить его основные составные части. 5. Какая система координат наиболее часто используется в промышленных роботах. 6. Управляющим устройством какого типа оснащен данный робот. 7. Как понять термин «антропоморфная кинематическая схема». 8. Какой способ программирования используется для ввода программной информации в данном роботе. 9. Каким типом привода оснащен данный робот. 10. Как происходит отслеживание перемещений робота. 11. Перечислите основные функции блока «Сервоусилителей и интерфейса». 12. Назначение и функции блока «Управления диска». 13. Какой вид программноносителей использован в устройстве

управления РБ211. 14. На какие группы можно условно разделить интерфейс УУ РБ 211. 15. Назначение и основные функции центрального логического блока. 16. Перечислите основные режимы работы УУ РБ 211. 17. Дайте краткую характеристику режима воспроизведения. 20 18. Дайте краткую характеристику режима коррекции. 19. Дайте краткую характеристику ручного режима. 20. Дайте краткую характеристику режима программирования.

#### **Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание.

## **Лабораторное занятие №22**

### **Разработка простейших программ управления промышленными манипуляторами.**

**Цель:** формирование умений работы и программирования промышленных манипуляторов  
**Выполнив работу, вы будете уметь:**

настраивать и программировать работу манипулятора для перемещения заготовок и деталей.

#### **Материальное обеспечение:**

Компьютер с программным обеспечением САМ-система, симулятор или станок ЧПУ **Задание:**

Студенты делятся на группы по два человека и выполняют 2 программы. После выполнения двух общих программ, студенты берут в соответствии со своим вариантом задание и выполняют его индивидуально.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с методическими указаниями. 2. Выполнить настройку программы робота.

#### **Краткие теоретические сведения:**

Многозадачность- свойство среды выполнения обеспечивать возможность параллельной обработки нескольких процессов. Цикл — разновидность управляющей конструкции в высокоуровневых языках программирования, предназначенная для организации многократного исполнения набора инструкций. Блок «Начало» ( )- отмечает начало последовательности программного блока в вашей программе. Ваша программа может иметь более одной последовательности, Все последовательности с блоком «Начало» начнутся автоматически при запуске программы, и последовательность будет выполняться одновременно. Блок «Рулевое управление» ( )- может заставлять робота двигаться вперед, назад, поворачиваться или останавливаться. Вы можете регулировать рулевое управление, чтобы заставить вашего робота идти прямо, двигаться по дуге или делать резкие повороты. Используйте блок «Рулевое управление» для роботизированных транспортных средств, в которых имеются два больших мотора, где один мотор управляет левой стороной транспортного средства, а второй мотор управляет правой стороной. Блок «Рулевое управление» управляет обоими моторами одновременно, чтобы ваше транспортное средство двигалось в выбранном вами направлении. Блок «Ожидание» ( )- заставляет вашу программу ждать чего-либо, прежде чем перейти к следующему блоку в последовательности. Можно ждать определенное количество времени до тех пор, пока датчик не достигнет определенного значения, или, пока значение датчика не изменится. Блок «Цикл» ( ) – это контейнер, содержащий последовательность программных блоков. Он заставляет последовательность блоков, находящихся

внутри него, повторяться. Вы можете выбрать постоянное повторение блоков, определенное количество раз или до того, пока проверка датчика или другие условия не будут истиной. Повторяются только блоки, находящиеся внутри цикла. После окончания цикла программа продолжит с блоками, находящимися за пределами цикла.

**Форма представления результата:**

1. Титульный лист, цель работы. 2. Материальное оснащение. 3. Назначение и область применения робота. 4. Выводы.

**Контрольные вопросы:**

1. Область применения промышленного робота РБ 211. 2. Дать определение промышленного робота. 3. Перечислите основные составные части промышленного робота. 4. Дать определение манипулятора и перечислить его основные составные части. 5. Какая система координат наиболее часто используется в промышленных роботах. 6. Управляющим устройством какого типа оснащен данный робот. 7. Как понять термин «антропоморфная кинематическая схема». 8. Какой способ программирования используется для ввода программной информации в данном роботе. 9. Каким типом привода оснащен данный робот. 10. Как происходит отслеживание перемещений робота. 11. Перечислите основные функции блока «Сервоусилителей и интерфейса». 12. Назначение и функции блока «Управления диска». 13. Какой вид программноносителей использован в устройстве управления РБ211. 14. На какие группы можно условно разделить интерфейс УУ РБ 211. 15. Назначение и основные функции центрального логического блока. 16. Перечислите основные режимы работы УУ РБ 211. 17. Дайте краткую характеристику режима воспроизведения. 18. Дайте краткую характеристику режима коррекции. 19. Дайте краткую характеристику ручного режима. 20. Дайте краткую характеристику режима программирования.

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание.

## **Лабораторное занятие №23**

### **Редактирование технологических данных в CAPP-системах, PDM-системах и MDM-системах**

**Цель:** формирование умений работы и программирования промышленных манипуляторов.

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

настраивать и программировать работу манипулятора для перемещения заготовок и деталей.

**Материальное обеспечение:**

Компьютер с программным обеспечением

**Задание:**

Студенты делятся на группы по два человека и выполняют 2 программы. После выполнения двух общих программ, студенты берут в соответствии со своим вариантом задание и выполняют его индивидуально.

**Порядок выполнения работы:**

1. Перед началом лабораторного занятия студент обязан самостоятельно ознакомиться с данными методическими указаниями, усвоить теоретические сведения согласно п. 3, назначение и структуру объекта исследования (модуль ADEM CAPP) согласно п.4, подготовить бланк отчёта. Титульный лист оформить в соответствии с приложением 1. В начале занятия преподаватель производит проверку уровня подготовки студента к выполнению данной работы. В случае если уровень не соответствует перечисленным выше требованиям, студент не допускается к выполнению лабораторной работы.
2. Получить задание для выполнения работы (маршрут технологического процесса).
3. Включить компьютер, войти в операционную систему.
4. Запустить систему ADEM, модуль ADEM CAPP.
5. Создать новый технологический процесс, задать параметры операций и переходов, добавить сведения о средствах технологического оснащения.
6. Добавить эскизы для 2 – 3 операций механической обработки.
7. Сгенерировать комплект технологической документации, выполнить проверку его корректности.
8. Сохранить файл на диске в папке «Мои документы».
9. Внести данные по работе в отчёт.
10. Выйти из системы ADEM.
11. Записать выводы по работе согласно п.7.
12. Произвести защиту лабораторной работы согласно имеющемуся отчёту, созданным в результате работы файлам и контрольным вопросам, приведённым в п. 10.

**Краткие теоретические сведения:**

Для автоматизации подготовки технологической информации используются системы автоматизированного проектирования классов TDM (Technologic Data Management) и CAPP (Computer-Aided Product Processing). Системы данных классов предназначены для создания технологических процессов изготовления изделий и разработки комплекта технологической документации, а также обеспечивают полную информационную поддержку данных технологического процесса.

Информация о технологическом процессе в таких системах, как правило, представляется в иерархическом виде (рис. 1):

- на первом уровне сосредоточены данные, касающиеся проекта в целом;
- на втором уровне – данные об операциях, выполняемых в технологическом процессе;
- на третьем уровне – данные о технологических и вспомогательных переходах;
- на четвёртом уровне – о средствах технологического оснащения.

В соответствии с порядком следования уровней информации выстраивается и порядок проектирования технологического процесса. Причём при создании маршрута в качестве основы могут использоваться техпроцессы-аналоги.

Основой автоматизации в системах TDM и CAPP являются базы данных (библиотеки), которые содержат информацию о стандартных и типовых средствах технологического оснащения, оборудовании, типовых переходах и операциях, припусках, режимах обработки, бланках документации установленной формы и т. д.

Основными преимуществами использования систем автоматизированной подготовки технологической документации являются:

- сокращение сроков технологической подготовки производства за счёт частичной автоматизации труда технолога;
- простота внесения изменений в разработанный технологический процесс;
- надёжность хранения данных за счёт возможности использования политик учётных записей и дублирования ценной информации;
- простота тиражирования;
- возможность совместной (коллаборативной) работы технологов над различными частями одного проекта;
- простота обмена информацией между различными подразделениями предприятия.

В состав системы «CAD/CAM/CAPP ADEM» входит модуль, реализующий функциональность системы автоматизированной подготовки технологической документации. Данный модуль предназначен для выполнения следующих задач:

- накопление, редактирование и хранение исходной информации, необходимой для формирования документации;
- взаимодействие с другими модулями системы ADEM для создания эскизов и разработки управляющих программ;
- извлечение нормативно-справочной информации из таблиц баз данных;
- формирование документации, т.е. получение всех необходимых при проектировании техпроцесса технологических документов;
- просмотр результатов формирования.



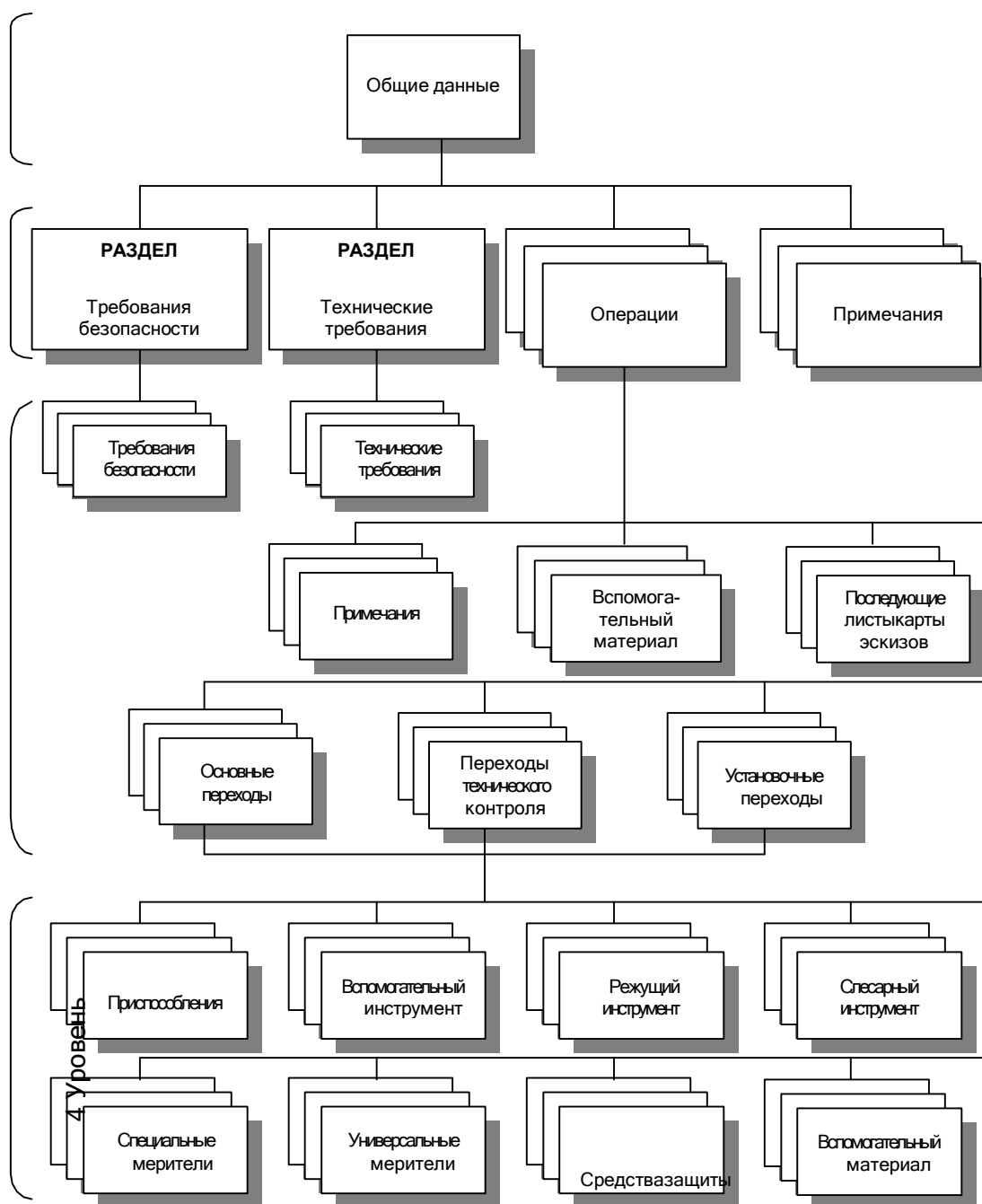


Рис. 1 Типовая схема представления данных в системах автоматизированной подготовки технологической документации

На рис. 2 представлено окно модуля CAPP ADEM, на котором указаны основные элементы управления, использующиеся в процессе создания технологических процессов. Техпроцесс в системе представляется в виде структурированного дерева, аналогичного дереву, которое представлено на рис. 1. При работе с CAPP ADEM данное дерево выводится в окно проекта на вкладку

«Маршрут». Дерево маршрута может содержать объекты, перечисленные в таблице 1.

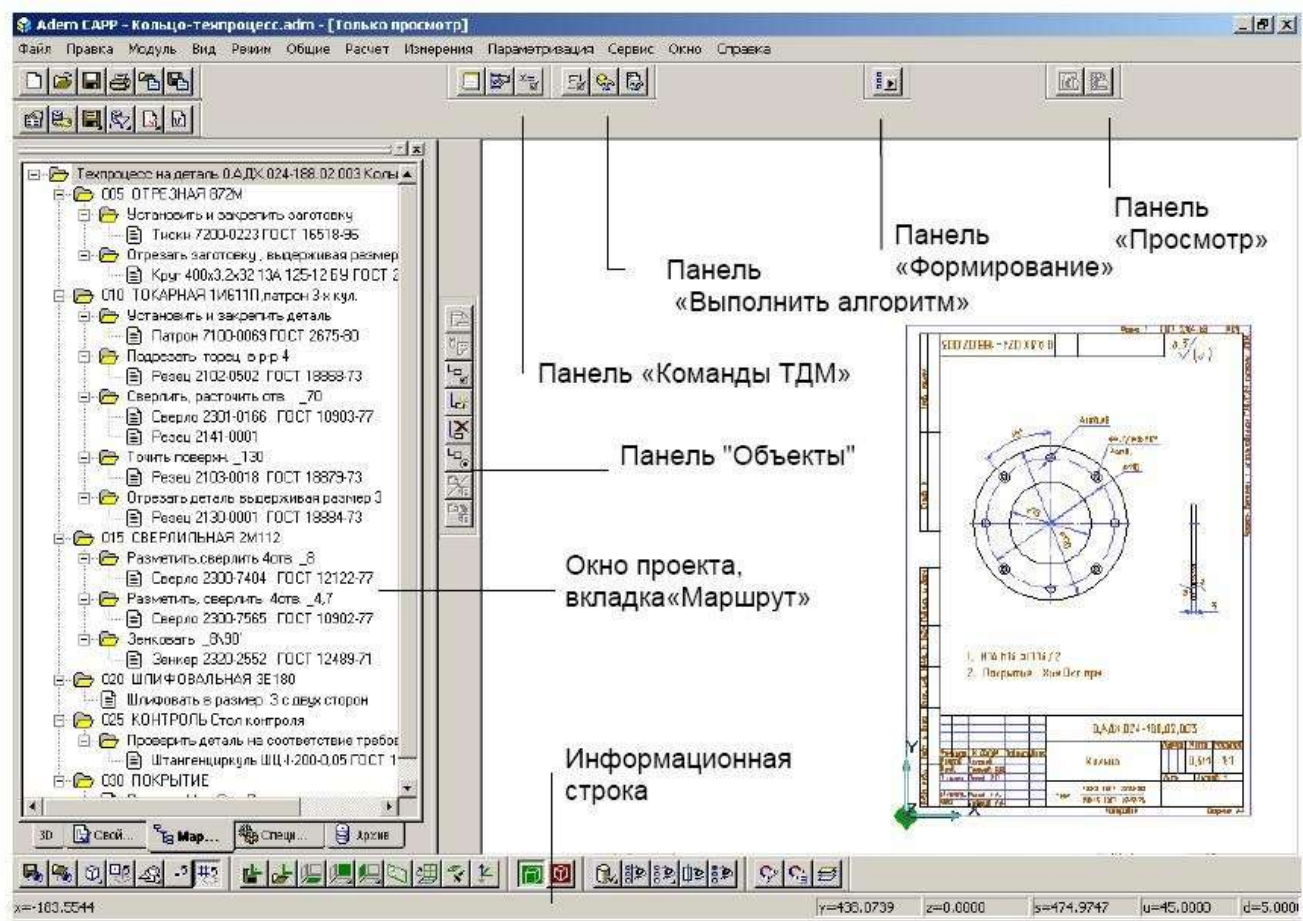


Рис. 2 Окно модуля CAPP ADEM

Таблица 1

Основные объекты дерева технологического маршрута

| Уро-<br>вень | Наименование<br>объекта | Описание                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1            | Общие данные            | Корень дерева техпроцесса, с его создания начинается проектирование маршрута обработки. Содержит информацию, которая заносится на титульный лист и в шапки технологических карт, а также параметры управления комплектом создаваемых документов. |

|   |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | <b>Операция</b>                      | Содержит параметры операции, параметры оборудования, параметры нормирования для расчета Тшт, геометрическую информацию для первого листа карты эскизов. Имеет вложенные объекты: установочные переходы, переходы технического контроля, основные переходы, вспомогательный материал, примечание, последующие листы карты эскизов.                                     |
|   | <b>Примечание</b>                    | Содержит текст примечания. Не содержит вложенных объектов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|   | <b>Технические требования</b>        | Промежуточный объект. Требуется исключительно для группировки пунктов технических требований в дереве техпроцесса. Создается автоматически после создания объекта «Общие данные».                                                                                                                                                                                     |
|   | <b>Требования безопасности</b>       | Промежуточный объект. Требуется исключительно для группировки пунктов требований безопасности в дереве техпроцесса. Создается автоматически после создания объекта «Общие данные».                                                                                                                                                                                    |
| 3 | <b>Установочный переход</b>          | Содержит параметры установочного перехода, параметры нормирования для расчета Тшт. Текст перехода заносится в маршрутную и карту и в операционную карту, если она создается, в строку под литерой «О». Имеет вложенные объекты: «Приспособления», «Режущий инструмент», «Слесарный инструмент», «Универсальный меритель» и т. д.                                      |
|   | <b>Переход технического контроля</b> | Содержит параметры перехода технического контроля, параметры нормирования для расчета Тшт. Текст перехода заносится в маршрутную и карту и в операционную карту, если она создается, в строку под литерой «О». Имеет вложенные объекты: «Приспособления», «Режущий инструмент», «Слесарный инструмент», «Универсальный меритель» и т. д.                              |
|   | <b>Основной переход</b>              | Содержит параметры основного перехода, параметры рекомендуемых режимов резания, параметры нормирования для расчета Тшт. Текст перехода заносится в маршрутную и карту и в операционную карту, если она создается, в строку под литерой «О». Имеет вложенные объекты: «Приспособления», «Режущий инструмент», «Слесарный инструмент», «Универсальный меритель» и т. д. |
|   | <b>Техническое требование</b>        | Содержит текст технического требования. Технические требования заносятся в начало маршрутной карты. Не имеет вложенных объектов.                                                                                                                                                                                                                                      |

|          |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <b>Требования безопасности</b>        | Содержит текст требования безопасности. Требования безопасности заносятся в начало маршрутной карты после технических требований, если они есть. Не имеет вложенных объектов.                                                                                                  |
|          | <b>Последующий лист карты эскизов</b> | Содержит геометрическую информацию листа карты эскизов. Не имеет вложенных объектов.                                                                                                                                                                                           |
| <b>4</b> | <b>Приспособление</b>                 | Содержит параметры приспособления. Заносится в маршрутную карту и в операционную карту, если она создается, в строку под литерой «Т» после строк с описанием текста перехода и в ведомость оснастки, если она создается. Не имеет вложенных объектов.                          |
|          | <b>Режущий инструмент</b>             | Содержит параметры режущего инструмента. Заносится в маршрутную карту и в операционную карту, если она создается, в строку под литерой «Т» после строк с описанием текста перехода и в ведомость оснастки, если она создается. Не имеет вложенных объектов.                    |
|          | <b>Специальный меритель</b>           | Содержит параметры специального мерительного инструмента. Заносится в маршрутную карту и в операционную карту, если она создается, в строку под литерой «Т» после строк с описанием текста перехода и в ведомость оснастки, если она создается. Не имеет вложенных объектов.   |
|          | <b>Универсальный меритель</b>         | Содержит параметры универсального мерительного инструмента. Заносится в маршрутную карту и в операционную карту, если она создается, в строку под литерой «Т» после строк с описанием текста перехода и в ведомость оснастки, если она создается. Не имеет вложенных объектов. |
|          | <b>Средства защиты</b>                | Содержит параметры средств защиты. Заносится в маршрутную карту и в операционную карту, если она создается, в строку под литерой «Т» после строк с описанием текста. Не имеет вложенных объектов.                                                                              |

Для создания объекта любого уровня необходимо наличие объекта более высокого уровня. К примеру, для того, чтобы заложить в техпроцесс оснастку необходимо, чтобы были созданы объекты первого, второго и третьего уровня, т.е. необходимо наличие следующих объектов: «Общие данные» – «Операция» – «Переход».

Таким образом, в целом разработка технологического процесса заключается в составлении маршрута и последовательной детализации его составляющих.

## То есть в последовательном добавлении и редактировании объектов маршрута. СОЗДАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ МАРШРУТА. ПАРАМЕТРЫ ОБЪЕКТОВ

Для работы с объектами используются три основные команды: «Создать», «Редактировать» и «Удалить». Вызов этих команд может осуществляться при помощи кнопок на панели «Объекты» (рис. 3), либо при помощи контекстного меню, вызываемого правым щелчком мыши в окне проекта. Выполняемая команда всегда применяется к выделенному в данный момент в окне проекта (текущему) объекту.

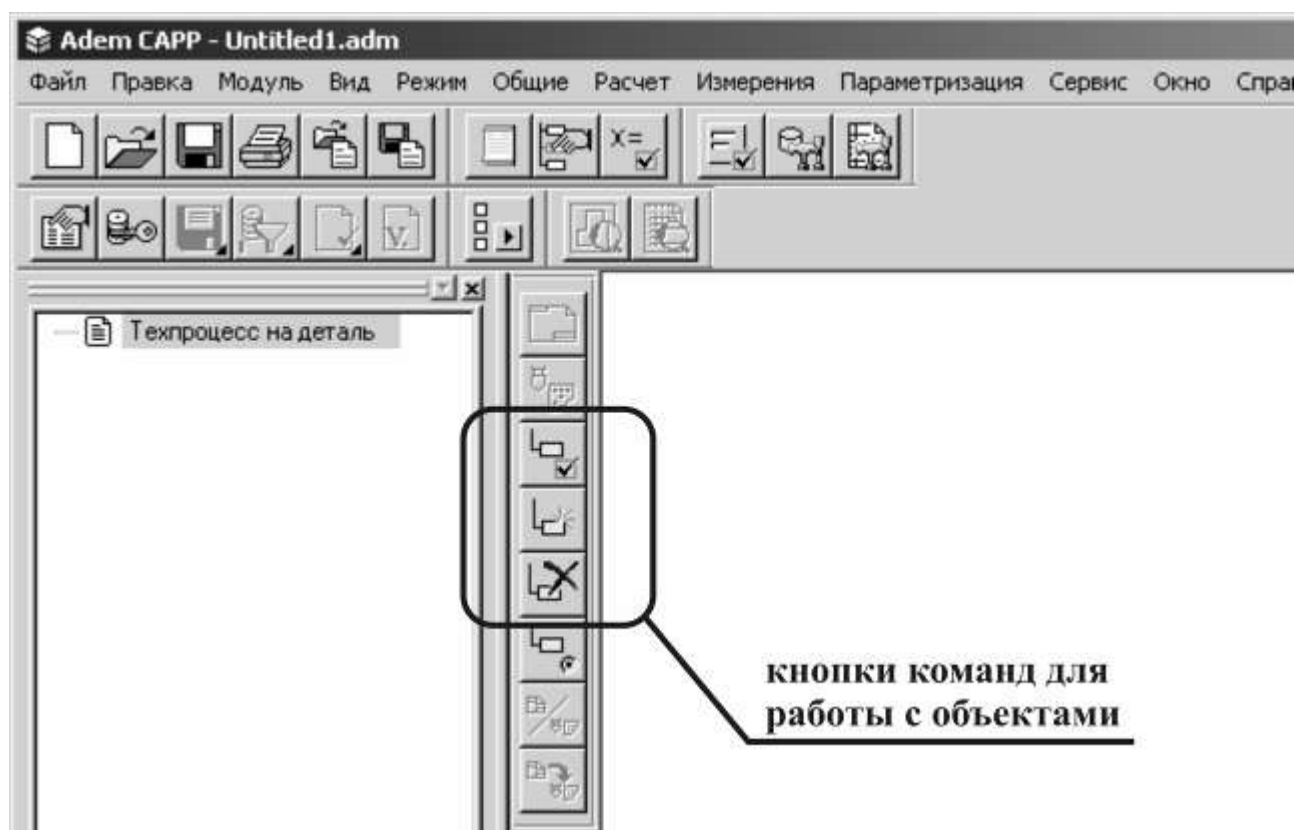


Рис. 3 Команды для работы с объектами

Команда «Создать»  предназначена для добавления нового объекта в маршрут. Создаваемый объект включается в состав объекта более высокого уровня, выделенного в данный момент в окне проекта. При её выполнении появляется диалоговое окно «Параметры объекта» (рис. 4), при помощи которого необходимо внести все требующиеся данные.

Команда «Редактировать»  предназначена для изменения параметров уже существующего текущего объекта. При её выполнении появляется диало-

говое окно «Параметры объекта» (рис. 4), при помощи которого необходимо внести требующиеся изменения.

Команда «Удалить»  предназначена для удаления текущего объекта.



Рис. 4 Вариант диалогового окна «Параметры объекта» для объекта «Рас- точная операция»

Каждый из объектов маршрута обладает рядом специфичных параметров, задаваемых в диалоге «Параметры объекта». Ниже перечислен состав параметров основных объектов.

1. Объект «Общие данные»:

- обозначение детали;
- наименование детали;
- разработал;
- проверил;
- утвердил;
- Т.контр.;
- Н.контр.;
- сортамент заготовки;
- профиль заготовки;
- масса заготовки;
- масса детали;
- единицы величины;
- единицы нормирования;
- количество деталей из заданной заготовки;
- номер ТП;
- номер ВО;
- номер МК.

2. Объект «Операция»:

- номер операции;
- номер ОК (если есть);
- цех;
- участок;
- код ОК (если есть);
- код операции;
- операция;
- код профессии;
- разряд профессии;
- состав документов;
- оборудование;
- номер эскиза;
- текст для оформления эскиза;
- параметры для расчета Тшт. – Тпз., Тв., То., ЕН для Тшт.

### 3. Объект «Установочный переход»:

- текст перехода;
- Тв.

### 4. Объект «Основной переход»:

- текст перехода;
- параметры режимов резания: диаметр или ширина обработки, длина пути, глубина резания, число проходов, подача, число оборотов, ско- рость резания;
- То. и Тв.

### 5. Объект «Инструмент»:

- наименование;
- обозначение;
- материал режущей части;
- ГОСТ.

### **Форма представления результата:**

- титульный лист;
- цель работы;
- задачи работы;
- конфигурация оборудования;
- данные по работе: технологический маршрут механической обработки с указанием моделей оборудования, перечень средств технологического оснащения;
- результаты формирования документации: объём и состав сгенерированной документации;
- выводы по работе

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие системы используются при автоматизированной подготовке технологической документации? 2. Какие основные задачи систем автоматизированной подготовки технологической документации? 3. В каком виде хранится технологическая информация в системах САРР? 4. Каковы основные достоинства систем автоматизированной подготовки

технологической документации? 5. Каковы основные объекты дерева технологического маршрута в CAPP ADEM?

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание.

## **Лабораторное занятие №24**

### **Организация технологических данных в CAPP-системах, PDM-системах и MDM-системах.**

**Цель:** формирование умений оформлять технологическую документацию

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

оформлять технологическую документацию

**Материальное обеспечение:**

Компьютер с программным обеспечением

**Задание:**

Оформить технологическую документацию.

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с методическими указаниями. 2. Оформить технологическую документацию

**Краткие теоретические сведения:**

Организация технологических данных в CAPP-системах включает их сбор, систематизацию и хранение в виде единой базы данных, позволяющей автоматизировать проектирование технологических процессов (ТП) путем повторного использования информации. В системе происходит накопление данных об инструменте, обрабатывающем оборудовании, материалах и других параметрах, что затем используется для построения маршрутов обработки, формирования выходной документации и других задач подготовки производства.

Основные принципы организации данных:

- **Централизованное хранение:**

Все технологические данные хранятся в единой базе, что исключает их многократный ввод и обеспечивает единообразие.

- **Модульность и повторное использование:**

Данные организованы таким образом, чтобы их можно было использовать в различных частях технологического процесса (например, данные об инструменте могут использоваться в маршрутной карте и ведомости оснастки).

- **Автоматизация:**

Система автоматически использует накопленные данные для формирования выходных документов (маршрутных карт, ведомостей и т.д.).

- **Интеграция с другими САПР:**

Ввод данных может осуществляться из других систем, например, из 3D-моделей деталей, что сокращает время разработки ТП.

Этапы организации технологических данных:

1. **Ввод и накопление данных:**



Технолог вводит в систему первичную информацию об изделии (чертежи, ТУ, 3D-модели), а также данные об оснастке, инструменте, материалах и т.д.

## **2. Систематизация:**

Данные группируются и организуются в соответствии с задачами технологического процесса (например, создание библиотеки стандартных операций).

## **3. Формирование выходных документов:**

Система автоматически генерирует технологическую документацию на основе накопленных данных.

Примеры данных, организуемых в CAPP-системах:

- Информация о детали (3D-модель, чертеж, ТУ).
- Данные об инструменте (тип, размеры, характеристики).
- Информация об обрабатываемом оборудовании.
- Режимы обработки (скорость, подача и т.д.).
- Перечень стандартных технологических операций.

### **Форма представления результата:**

- титульный лист;
- цель работы;
- задачи работы;
- конфигурация оборудования;
- данные по работе: технологический маршрут механической обработки с указанием моделей оборудования, перечень средств технологического оснащения;
- результаты формирования документации: объём и состав сгенерированной документации;
- выводы по работе

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие команды используются для работы с объектами в CAPP ADEM? 2. Каким образом графическая информация добавляется в технологический процесс в системе ADEM? 3. Каким образом формируется комплект технологической документации в CAPP ADEM?

### **Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание.

## **Лабораторное занятие №25**

### **Оформление технологической документации на внедрение операций на токарных станках с ЧПУ.**

**Цель:** формирование умений оформлять технологическую документацию

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

оформлять технологическую документацию

**Материальное обеспечение:**

Компьютер с программным обеспечением

**Задание:**

Оформить технологическую документацию.

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с методическими указаниями. 2. Оформить технологическую документацию

**Краткие теоретические сведения:**

Кроме ОК и КЭ при обработке на станках с ЧПУ разрабатывают карту наладки инструментов КН/П на формах 4 и 4а ГОСТ 3.1404–86 и карту кодирования информации (ККИ) на формах 5 и 5а ГОСТ 3.1404–86. Кроме того, как известно, обработка на станках с ЧПУ ведется в определенных системах координат, что накладывает определенные некоторые требования при оформлении операционного эскиза. Так, все размеры, получаемые на операции, привязываются к системе координат (X, Y, Z), принятой для данного станка и устройства ЧПУ. Поскольку на станке возможно вести многоинструментную обработку, на поле эскиза, например, для станка 16К20Ф3 с шестипозиционной резцедержкой необходимо показать упрощенное изображение инструментальной резцедержки с установленными в нем вспомогательными и режущими инструментами, необходимыми для выполнения данной операции. Обязательным является указание настроечных размеров для каждого из инструментов в принятых координатах. Все позиции резцедержки, используемые для установки инструментов, обозначаются индексами ПИ1, ПИ2, ПИ3 и т. д. Крайнее исходное положение резцедержки обозначают координатами (X, Z). Пример оформления КЭ для обработки детали на токарном станке с ЧПУ модели 16К20Ф3 дан в прил. Э. Пример оформления карты наладки инструмента (КН/П) приведен в прил. Ю. Основная надпись карт заполняется так же, как и для ОК и КЭ (в соответствии с вышеприведенными пояснениями). При заполнении строк карт наладки инструмента используются служебные символы У и Т. В строке со служебным символом У последовательно заполняются графы: «Опер» – указывается номер операции (процесса) в технологической последовательности изготовления детали. Если карта оформляется на одну операцию, то графа не заполняется. В этом случае номер операции указывается в основной надписи документа. То же относится и к обозначению детали в следующей графе строки со служебным символом У. 41 Указание номера программы предусмотрено для тех случаев, когда на предприятии программе присваивается индекс либо используется уже разработанная программа из библиотеки, также имеющая индекс. Оборудование указывают в виде обозначения модели станка, то же относится к устройству ЧПУ. Информацию следует указывать через разделительный знак «;». В следующей строке со служебным символом Т последовательно указывают номер перехода; позицию инструмента в соответствии с обозначениями на КЭ; обозначения и наименования вспомогательных и режущих инструментов в соответствии с действующими стандартами; наладочные размеры, на которые установлены режущие инструменты в данной позиции; корректируемые размеры с предельными отклонениями; номер корректора в программе, соответствующий корректируемому размеру. Номер корректора указывается в тех случаях, когда он предусматривается в программе для данного конкретного устройства ЧПУ. Карта кодирования информации (ККИ) служит для записи управляющей программы, которая разрабатывается для определенного станка и устройства ЧПУ (прил. Я). Основная надпись ККИ заполняется так же, как в для ОК и КЭ. Все кадры программы имеют последовательную нумерацию в порядке выполнения технологических переходов и вспомогательных функций, согласно правилам программирования для данного устройства ЧПУ. Для того, чтобы представить содержание выполняющих переходов, а также всех вспомогательных функций программы, в графе «Содержание перехода» приводятся соответствующие пояснения.

**Форма представления результата:**

- титульный лист;
- цель работы;
- задачи работы;
- конфигурация оборудования;

- данные по работе: технологический маршрут механической обработки с указанием моделей оборудования, перечень средств технологического оснащения;
- результаты формирования документации: объём и состав сгенерированной документации;
- выводы по работе

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие команды используются для работы с объектами в CAPP ADEM? 2. Каким образом графическая информация добавляется в технологический процесс в системе ADEM? 3. Каким образом формируется комплект технологической документации в CAPP ADEM?

### **Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание

## **Лабораторное занятие №26**

### **Оформление технологической документации на внедрение операций на фрезерных станках с ЧПУ.**

**Цель:** формирование умений оформлять технологическую документацию

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

оформлять технологическую документацию

### **Материальное обеспечение:**

Компьютер с программным обеспечением

### **Задание:**

Оформить технологическую документацию.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с методическими указаниями. 2. Оформить технологическую документацию

### **Краткие теоретические сведения:**

Оформление документации для фрезерных станков с ЧПУ включает составление операционной технологической карты (ОТК), карты наладки (КНС) и программы для станка. ОТК описывает этапы обработки и содержит информацию о режимах, а КНС визуализирует траекторию инструмента, опорные и контрольные точки, а также особенности оснастки и инструмента. Текст программы, или распечатка, представляет собой детальный набор команд для станка.

Типы документов для ЧПУ

#### **• Операционная технологическая карта (ОТК):**

Описывает последовательность выполнения операций и содержит текстовую и графическую информацию о технологическом процессе обработки, включая режимы резания.

#### **• Карта наладки станка (КНС):**

Графический документ, изображающий эскиз детали в системе координат, траекторию движения инструмента, опорные и контрольные точки.

#### **• Текст программы (распечатка):**

Файл с командами (кодами) для станка с ЧПУ, определяющий его работу.

Процесс оформления

## 1. Разработка ОТК:

Составляется поэтапное описание процесса обработки конкретной детали с указанием режимов.

## 2. Создание КНС:

- Начертите эскиз детали и обозначьте начальную точку обработки.
- Отметьте зоны крепления оснастки.
- Изобразите траекторию движения инструмента с опорными точками (с цифровым обозначением и направлением движения) и контрольными точками.
- Внесите уточняющие данные: последовательность операций, характеристики инструмента и особенности обработки.

### Формирование текста программы:

На основе карты наладки и технологической карты создается управляющая программа для ЧПУ-станка.

Основные требования к документации

#### • Детализация:

Документация должна быть подробной и содержать всю необходимую информацию для наладки и выполнения операции.

#### • Наглядность:

Использование графических элементов (эскизы, схемы) помогает наглядно представить процесс.

#### • Стандартизация:

Следуйте требованиям [ГОСТ 3.1118-82](#) для карт наладки и другим соответствующим стандартам для единообразия.

### Форма представления результата:

- титульный лист;
- цель работы;
- задачи работы;
- конфигурация оборудования;
- данные по работе: технологический маршрут механической обработки с указанием моделей оборудования, перечень средств технологического оснащения;
- результаты формирования документации: объём и состав сгенерированной документации;
- выводы по работе

### Контрольные вопросы:

1. Какие команды используются для работы с объектами в CAPP ADEM? 2. Каким образом графическая информация добавляется в технологический процесс в системе ADEM? 3. Каким образом формируется комплект технологической документации в CAPP ADEM?

### Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание

## Лабораторное занятие №27

### Отработка внедрения управляющих программ для деталей типа тел вращения.

**Цель:** формирование умений работы на станках ЧПУ

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

составлять управляющие программы для токарных станков с ЧПУ

**Материальное обеспечение:**

Компьютер с программным обеспечением САМ-система, симулятор или станок ЧПУ

**Задание:**

1. Изучить особенности программирования обработки деталей для токарного станка.
2. Разработать технологическую операцию обработки заготовки.  
(Варианты заданий приведены в приложении и выдаются преподавателем.)
3. Составить управляющую программу.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить методические указания к лабораторной работе.
2. Пройти собеседование с преподавателем и получить задание для выполнения работы.
3. Составить текст управляющей программы для обработки заданной детали (рис. 4.6 и 4.7).
4. Включить комплекс станок с ЧПУ.
5. Вывести рабочий орган в фиксированную точку станка и определить положение нуля детали относительно нуля станка.
6. Произвести настройку необходимых режущих инструментов относительно нулевого инструмента.
7. Ввести с пульта текст подготовленной управляющей программы.
8. Заблокировать оси и осуществить отладку управляющей программы. Произвести проверку правильности траектории инструментов с помощью графической видеостраницы.
9. Выполнить обработку по управляющей программе.
10. Выключить комплекс станок с ЧПУ и произвести уборку стружки.
11. Выполнить индивидуальный вариант задания в соответствии с эскизами деталей, показанными на рис. 4.8–4.12, и их размерами, приведенными в табл. 4.1–4.5.
12. Оформить и защитить отчет.

**Краткие теоретические сведения:**

Размерные перемещения у токарных станков с ЧПУ кодируют с адресами X (радиальное) и Z (продольное). В большинстве устройств ЧПУ с адресом X в абсолютных размерах указывается диаметральный размер, а в приращениях – радиальное смещение. Кроме того, размеры в приращениях могут кодироваться с адресами U (вдоль оси X) и W (вдоль оси Z) без указания функции G91. По технологическому признаку геометрические элементы контура детали разделяют на основные и дополнительные. Основные элементы контура детали – образующие поверхностей этой детали, которые могут быть обработаны резцом для контурной обработки с главным углом в плане  $\phi = 95^\circ$  и вспомогательным углом в плане  $\phi_1 = 30^\circ$ . Для наружных и торцевых поверхностей такой резец принадлежит к числу проходных, для внутренних – к числу расточных. К основным элементам относятся главным образом цилиндрические, конические и фасонные поверхности вращения, а также плоскости торцов и уступов. Дополнительные элементы контура детали – образующие поверхностей этой детали, формообразование которых не может быть выполнено указанным резцом для обработки основных элементов. К дополнительным элементам относятся торцевые и угловые канавки для выхода шлифовального круга, канавки на наружных и внутренних поверхностях, резьбовые поверхности. При разработке операционной технологии рассмотрению также подлежит контур заготовки, который в условиях мелко- и среднесерийного производства обычно представляет собой прямоугольник (заготовка – резанный прокат). При диаметрах заготовок 50 мм и выше применяют штучные заготовки на одну деталь. Для деталей, максимальный диаметр которых меньше 50 мм, можно использовать одну заготовку на несколько деталей. Заготовки деталей, обрабатываемых в центрах, должны быть зацентрированы с двух сторон, а один из торцов подрезан. В условиях крупносерийного и массового производства заготовки, как правило, являются фасонными (штамповки, поковки, литые). Контур таких заготовок является похожим на контур детали и состоит из отрезков прямых и дуг окружностей. Между контурами детали и заготовки располагается тот материал (припуск), который должен быть удален в процессе обработки на токарном станке с ЧПУ. В этом удаляемом материале можно выделить черновую и чистовую области обработки. Область черновой обработки (область выборки объемов материала) представляет собой слой материала, расположенный между контуром заготовки и черновым контуром детали (рис. 2.1). Черновым контуром детали называют контур, который

должен быть получен перед осуществлением чистовой обработки за счет удаления объемов материала над основными элементами и обработки дополнительных элементов. Областью чистовой обработки является слой материала, в процессе удаления которого должна быть обеспечена требуемая точность размеров, формы и относительного расположения поверхностей детали. Данная область обработки располагается между черновым и чистовым контурами детали (рис. 4.1). Чистовым контуром детали называется контур, который должен быть получен по окончании токарной операции. Этот контур может не совпадать с контуром детали, если после токарной операции предусмотрены другие операции обработки.

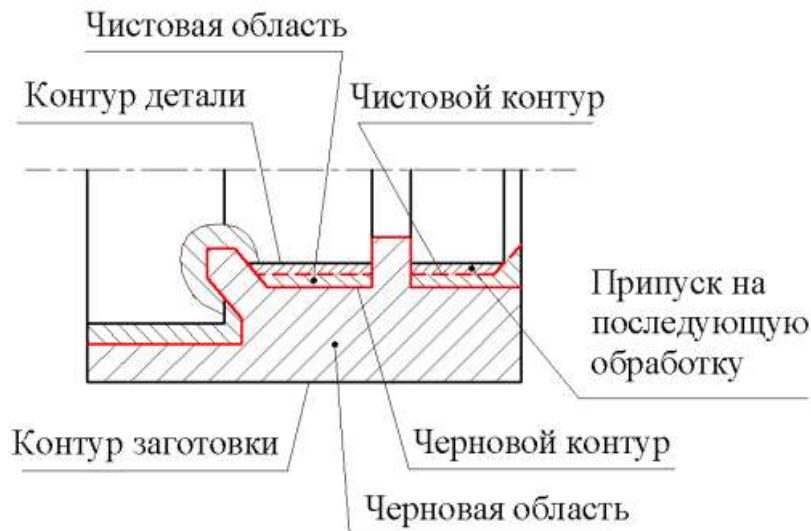


Рис. 4.1. Контуры детали и области токарной обработки

Поскольку черновая обработка обычно осуществляется за несколько переходов, то область черновой обработки разбивают на зоны обработки, соответствующие одному технологическому переходу. В зависимости от конфигурации чернового контура детали выделяют следующие зоны обработки: 1) открытые зоны (ограничены черновым контуром с одной стороны) (рис. 4.2, а); 2) полуоткрытые зоны (ограничены черновым контуром с двух сторон) (рис. 4.2, б); 3) закрытые зоны (ограничены черновым контуром с трех сторон) (рис. 4.2, в).

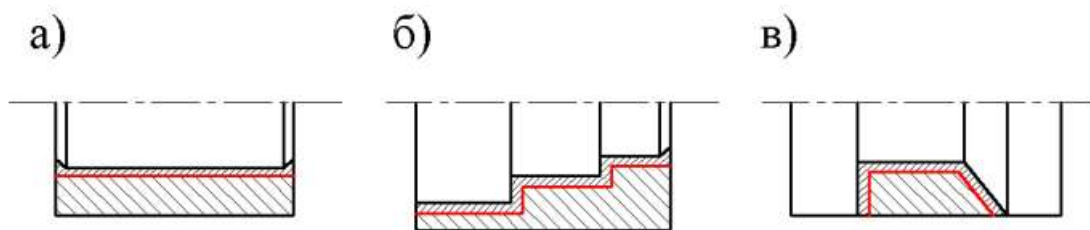


Рис. 4.2. Зоны токарной обработки: а) открытая; б) полуоткрытая; в) закрытая

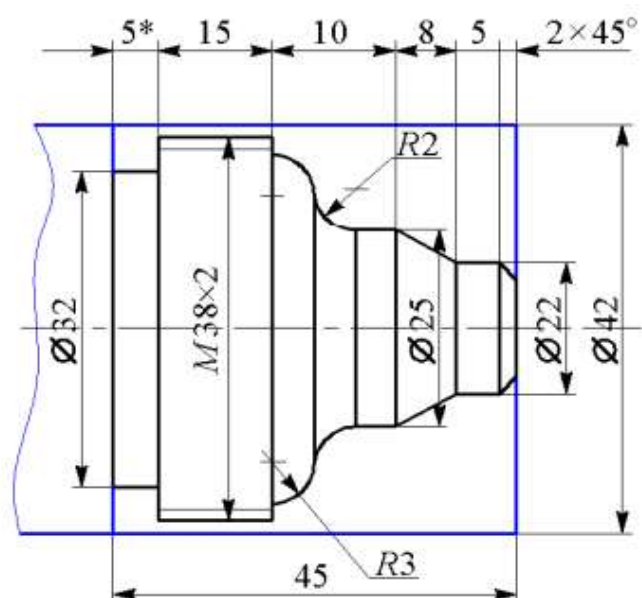


Рис. 4.6. Эскиз обрабатываемой детали для подгруппы 1

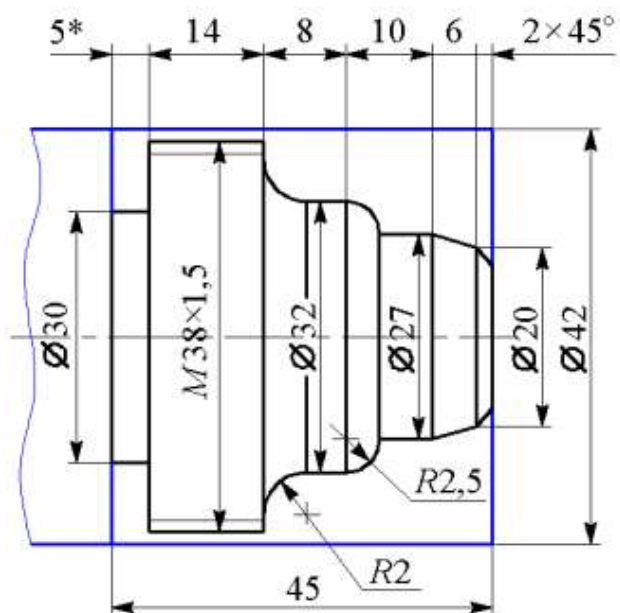


Рис. 4.7. Эскиз обрабатываемой детали для подгруппы 2

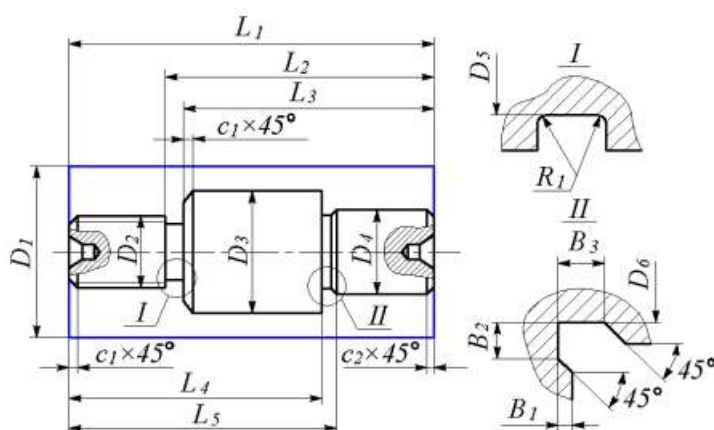


Рис. 4.8. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 1, 6, 11, 16, 21

Таблица 4.1

Размеры детали для вариантов 1, 6, 11, 16, 21

| Размер | Вариант |      |      |        |       |
|--------|---------|------|------|--------|-------|
|        | 1       | 6    | 11   | 16     | 21    |
| $L_1$  | 81      | 89,1 | 72,9 | 101,25 | 60,75 |
| $L_2$  | 59      | 64,9 | 53,1 | 73,75  | 44,25 |
| $L_3$  | 54      | 59,4 | 48,6 | 67,5   | 40,5  |
| $L_4$  | 57      | 62,7 | 53,1 | 71,25  | 42,75 |
| $L_5$  | 67      | 73,7 | 60,3 | 83,75  | 50,25 |
| $D_1$  | 49      | 53,9 | 44,1 | 61,25  | 36,75 |
| $D_2$  | 26      | 28,6 | 23,4 | 32,5   | 19,5  |
| $D_3$  | 42      | 46,2 | 37,8 | 52,5   | 31,5  |
| $D_4$  | 30      | 33   | 27   | 37,5   | 22,5  |
| $D_5$  | 20      | 22   | 18   | 25     | 15    |
| $D_6$  | 24      | 26,4 | 21,6 | 30     | 18    |
| $C_1$  | 2,5     | 2,75 | 2,25 | 3,13   | 1,88  |
| $C_2$  | 3       | 3,3  | 2,7  | 3,75   | 2,25  |
| $B_1$  | 2       | 2,2  | 1,8  | 2,5    | 1,5   |
| $B_2$  | 5       | 5,5  | 4,5  | 6,25   | 3,75  |
| $B_3$  | 7       | 7,7  | 6,3  | 8,75   | 5,25  |
| $R_1$  | 1       | 1,1  | 0,9  | 1,25   | 0,75  |

### Форма представления результата:

1. Наименование работы.
2. Краткое описание особенностей данного устройства ЧПУ.
3. Эскиз детали (по заданному варианту).
4. Эскизы режущих инструментов.
5. Содержание операции.
6. Режимы резания.
7. Управляющая программа.

### Контрольные вопросы:

1. Каковы особенности записи размерных перемещений в управляющих программах для токарных станков с ЧПУ? 2. По какому признаку разделяют основные и дополнительные элементы контура детали при токарной обработке? 3. Какие выделяют типовые схемы движения инструмента при токарной обработке? 4. Каковы основные особенности программирования круговой интерполяции в системе NC-201? 5. Как осуществляется вызов и отмена коррекции на радиус режущей кромки при вершине резца? 6. Каким образом в системе NC-201 производится определение профиля детали? 7. С помощью каких циклов токарной обработки в системе NC-201 может быть произведен вызов профиля детали? 8. Каким образом кодируется проход для нарезания резьбы резцом при токарной обработке?



**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание

**Лабораторное занятие №28****Отработка внедрения управляющих программ для плоских деталей на фрезерных станках с ЧПУ.**

**Цель:** формирование умений работы на станках ЧПУ

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

составлять управляющие программы для фрезерных станков с ЧПУ

**Материальное обеспечение:**

Компьютер с программным обеспечением САМ-система, симулятор или станок ЧПУ

**Задание:**

1. Изучить особенности программирования обработки деталей для фрезерного станка.
  2. Разработать технологическую операцию обработки заготовки.
- (Варианты заданий приведены в приложении и выдаются преподавателем.)
3. Составить управляющую программу.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить методические указания к лабораторной работе.
2. Пройти собеседование с преподавателем и получить задание для выполнения работы.
3. Составить текст управляющей программы для обработки заданной детали (рис. 4.6 и 4.7).
4. Включить комплекс станок с ЧПУ.
5. Вывести рабочий орган в фиксированную точку станка и определить положение нуля детали относительно нуля станка.
6. Произвести настройку необходимых режущих инструментов относительно нулевого инструмента.
7. Ввести с пульта текст подготовленной управляющей программы.
8. Заблокировать оси и осуществить отладку управляющей программы. Произвести проверку правильности траектории инструментов с помощью графической видеостраницы.
9. Выполнить обработку по управляющей программе.
10. Выключить комплекс станок с ЧПУ и произвести уборку стружки.
11. Выполнить индивидуальный вариант задания в соответствии с эскизами деталей, показанными на рис. 4.8–4.12, и их размерами, приведенными в табл. 4.1–4.5.
12. Оформить и защитить отчет.

**Краткие теоретические сведения:**

Процесс создания управляющей программы Процесс создания управляющей программы условно делится на 7 действий: 1. Создание технологического перехода (фрезерование, сверление, точение и т.д.) и задание места обработки (конструктивного элемента). Результатом первого шага является один технологический объект (ТО). 2. Повторение первого действия для создания остальных ТО. 3. Если это необходимо, создание технологических команд (Начало Цикла, Плоскость Холостых ходов, Стоп и т.д.). 4. Создание оптимального маршрута обработки (упорядочивание ТО). Этот шаг не является обязательным. 5. Расчет траектории движения инструмента. 6. Моделирование процесса обработки. Этот шаг не является обязательным. 7. Создание, просмотр и сохранение управляющей программы.

**Форма представления результата:**

1. Наименование работы.
2. Краткое описание особенностей данного устройства ЧПУ.

3. Эскиз детали (по заданному варианту).
4. Эскизы режущих инструментов.
5. Содержание операции.
6. Режимы резания.
7. Управляющая программа.

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение устройства ЧПУ.
2. Виды информации, перерабатываемой устройством ЧПУ.
3. Способы ввода информации в устройство ЧПУ.
4. Циклы, обрабатываемые на станке.
5. Выбор нулевой точки детали.
6. Временное смещение системы координат.
7. Назначение группы коррекции.

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание

## **Лабораторное занятие №29**

**Наладка металлорежущего оборудования. Подготовка приспособлений, режущего и мерительного инструмента. Поиск ошибок в управляющей программе.**

**Цель:** формирование умений работы на станках ЧПУ

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Подготавливать к работе металлорежущее оборудование

**Материальное обеспечение:**

станок ЧПУ

**Задание:**

1. Собрать инструмент
2. Создать инструмента и загрузить в станок
3. Рамерить длину инструмента.
4. Установка заготовки и привязка нулевой точки
5. Произвести пробную обработку детали
6. Выявить ошибки в УП

**Порядок выполнения работы:**

1. Собрать инструмент
2. Создать инструмента и загрузить в станок
3. Рамерить длину инструмента.
4. Установка заготовки и привязка нулевой точки
5. Произвести пробную обработку детали
6. Выявить ошибки в УП

**Краткие теоретические сведения:**

Сборка режущего инструмента

Интерфейсы:

- со стороны шпинделя станка,
- со стороны режущего инструмента.

Что касается шпинделя, в этом случае нельзя обойтись без переходников, в качестве которых выступают оправки.

Виды оправок:

- для торцевых головок,
- силовые с цилиндрической цангой,
- стандартные с конической цангой,
- гидропластовые,
- универсальные сверлильные трехкулачковые.

Мы будем использовать гидропластовые патроны.

Выбор цанги

Для зажатия фрезы необходимо выбрать цангу, соответствующую диаметру хвостовика. Номинальный диаметр фрезы и диаметр хвостовика могут отличаться. Например, для фрезы диаметром 16 мм нужна цанга, имеющая диаметр 16 мм. Цанги имеют размерный диапазон, который указан на самой цанге. Цанга 16–15 мм может зажать цилиндрическую фрезу от 15 и до 16 мм включительно.

Важно

Максимальный диаметр цанги, т. е. ее диаметр в разжатом состоянии, должен быть не меньше диаметра хвостовика инструмента

Собираем инструмент:

Вставляем выбранную цангу в патрон.

Устанавливаем фрезу, контролируя вылет фрезы из оправки штангенциркулем.

Зажимаем цангу в патроне при помощи динамометрического ключа.

По аналогии собираем весь оставшийся инструмент.

Создание инструмента и загрузка в станок

1. Нажимаем кнопку «Оффсет».

2. Выбираем «Список инструмента». В таблице «Список инструмента» видим инструменты, загруженные в магазин станка.

3. Нажимаем кнопку «Новый инструмент» и выбираем нужный нам тип. В данном случае это концевая фреза.

4. Переходим к заполнению данных инструмента и задаем параметры для всего инструмента.

5. Выбираем инструмент и в вертикальном ряде многофункциональных клавиш нажимаем кнопку «Загрузить инструмент».

6. Вставляем инструмент в магазин, в нужную ячейку и правильной стороной, как указано на самом магазине.

Замер длины

Есть несколько способов замера длины инструмента.

1. Измерение длины автоматически, используя датчик измерения инструмента «Цикл станка».

2. Ручное измерение длины от заданной поверхности с помощью специальных приспособлений, концевой меры длины.

3. Через касание вращающимся инструментом.

Разберем ручной способ.

Вызываем калибровочный инструмент «Калибр». Переходим в «Вызов инструмента» и выбираем «Калибр». Нажимаем кнопку «Пуск».

Подводим инструмент к тискам. Устанавливаем на тиски специальное приспособление Zero Setter.

Для ручной работы с открытой дверью сбоку на стойке ставим третий режим работы станка. Берем маховик и касаемся подвижной части приспособления. Обнуляем на нем значение, после этого ставим нулевую точку на стойке ЧПУ.

Чтобы обнулить значения системы координат в данной позиции, открываем вкладку «Установить ворк оффсет» и нажимаем на правой боковой панели клавишу «X, Y, Z равняется нулю».

Вызываем инструмент для измерения длины, перейдя в меню и выбрав TSM. В графе вызова инструмента выбираем нужный инструмент и нажимаем «Пуск».

Чтобы не подводить инструмент вручную, сделаем это автоматически. Переходим на вкладку «Позиция», в ячейках координат вводим X0, Y0, Z10», нажимаем «Ускоренное перемещение» и затем кнопку «Пуск».

С помощью осевых клавиш перемещения доводим инструмент по оси Z до нуля. Сделав это, на стойке ЧПУ переходим на вкладку «Измерить инструмент», выбираем «Длина ручная» и нажимаем «Задать длину».

По аналогии вызываем и измеряем весь инструмент.

Установка заготовки и привязка нулевой точки

Выбираем параллельные призмы для установки на них заготовки.

Установив заготовку на подкладки, зажимаем ее в тисках, пристукивая молотком.

Устанавливаем нулевые точки. Для этого вызываем 3D-щуп: выбрав TSM в графе «Вызов инструмента», указываем его и нажимаем «Пуск».

Нужно указать нулевые значения координат заготовки по трем осям: X, Y и Z. Для указания нуля по Z подводим щуп к торцу детали, но не касаемся вручную. Заходим на вкладку «Нулевые точки детали», выбираем «Нулевая точка по одной оси», следом выбираем ось Z.

Вписываем в графу координат то значение, которое находится на торце заготовки, — 1,5 мм.

Нажимаем «Пуск» и наблюдаем за автоматическим измерением.

Установив нулевую точку по оси Z, переходим к осям X и Y. Выбираем функцию автоматического измерения прямоугольной цапфы. Подводим щуп в примерный центр заготовки, на стойке ЧПУ вписываем значение габаритов заготовки по ширине и длине, указываем, насколько может углубиться измерительный щуп по оси Z и какие координаты будут находиться в центре этой прямоугольной цапфы.

Задав все параметры, нажимаем «Пуск».

**Форма представления результата:**

1. Наименование работы.
2. Краткое описание особенностей данного устройства ЧПУ.
3. Эскиз детали (по заданному варианту).
4. Эскизы режущих инструментов.
5. Содержание операции.
6. Режимы резания.
7. Управляющая программа.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Назначение устройства ЧПУ.
2. Виды информации, перерабатываемой устройством ЧПУ.
3. Способы ввода информации в устройство ЧПУ.
4. Циклы, обрабатываемые на станке.
5. Выбор нулевой точки детали.
6. Временное смещение системы координат.
7. Назначение группы коррекции.

#### **Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание

### **Лабораторное занятие №30**

**Изготовление пробных деталей. Контроль показателей точности линейных размеров, допусков формы и расположения, качества поверхности. Проверка возможных столкновений инструмента с деталью и приспособлениями. Контроль износа режущего инструмента.**

**Цель:** формирование умений работы на станках ЧПУ

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Подготавливать к работе металлорежущее оборудование и производить контроль линейных размеров.

**Материальное обеспечение:**

станок ЧПУ, контрольно-измерительные приборы.

**Задание:**

- 1.определить погрешность показаний штангенинструмента и дать заключение о его годности;
- 2.с помощью штангенинструмента измерить заданный размер детали и дать заключение о годности детали.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изготовить пробную деталь
2. Произвести контроль показателей точности линейных размеров, допусков формы и расположения, качества поверхности
3. Произвести контроль износа режущего инструмента
4. Проверить возможность столкновения инструмента с деталью и приспособлениями.

**Краткие теоретические сведения:**

Различают три типа штангенциркулей: ШЦ-I с двусторонним расположением губок для наружных и внутренних измерений и с линейкой для определения глубин (рис. 4.8, а), ШЦ-II – с двусторонним расположением губок для измерения и для разметки (рис. 4.8, б), ШЦ-III – с односторонними губками для наружных и внутренних измерений (рис. 4.8, в). Технические характеристики штангенциркулей приведены в [1, 9, 11]. Штангенциркуль (см. рис. 4.8) состоит из штанги 7, неподвижных губок 1, изготовленных заодно со штангой, рамки 3 с подвижными губками 2, нониуса 10 и рамки 6. Рамки 3 и 6 соединены между собой микрометрическим винтом с гайкой 9. При помощи этого устройства осуществляется точная подача рамки 3. Положение рамок 3 и 6 фиксируется винтами 4 и 5. В рамке 3 установлена плоская изогнутая пружина, которая обеспечивает постоянное прилегание рамки 3 к ребру штанги.

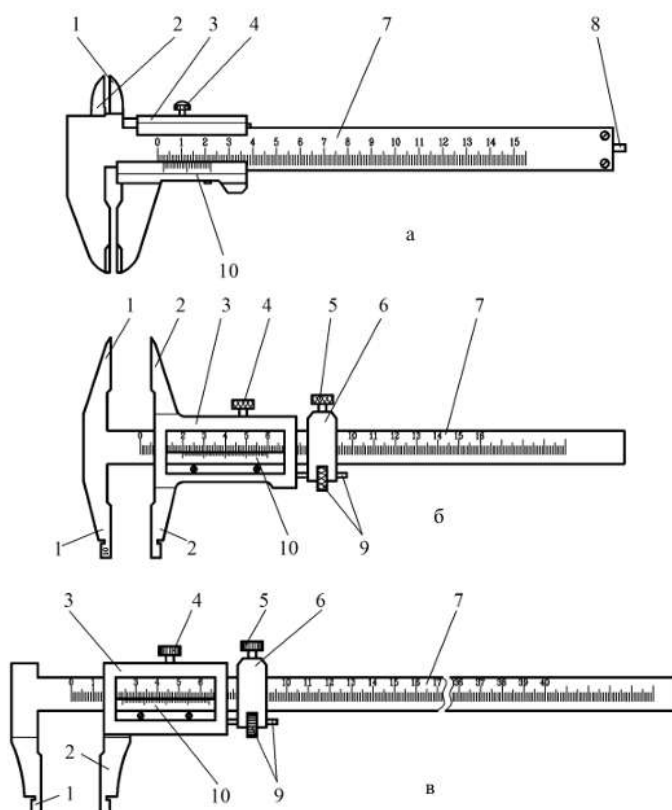


Рис. 4.8. Штангенциркули: а – ШЦ-I; б – ШЦ-II; в – ШЦ-III; 1 – неподвижные губки; 2 – подвижные губки; 3 – рамка; 4 – зажим рамки; 5 – зажим рамки микро-метрической подачи; 6 – рамка микрометрической подачи; 7 – штанга; 8 – линейка глубиномера; 9 – винт и гайка микрометрической подачи; 10 – нониус

Нижние губки предназначены для измерения как внутренних, так и наружных размеров. Верхние губки служат для измерения на ружных размеров, а их заостренные концы – для выполнения разме точных работ. Точность показаний штангенциркуля зависит от правильности его установки на изделии (рис. 4.9).

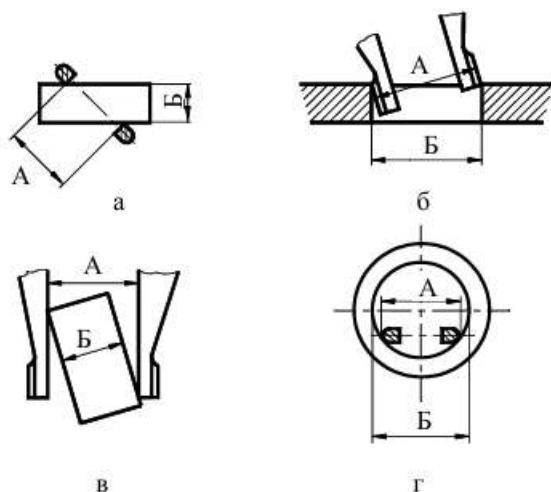


Рис. 4.9. Примеры неправильной установки штангенциркуля: а, в –  $A > B$ ; б, г –  $A < B$

Для измерения изделия штангенциркулем необходимо: – открепить рамки 3 и 6, передвинуть их вдоль штанги и расположить рамку 3 так, чтобы измеряемое изделие можно было установить между измерительными плоскостями губок; – с помощью микровинта передвинуть рамку 3 до получения плотного прилегания поверхностей обеих губок к поверхностям из меряемого изделия; – закрепить стопорный винт 4; – сняв инструмент с изделия, считать показания по шкале штанги и по нониусу.

При измерении внутренних размеров необходимо учесть толщину губок штангенциркуля.

#### Форма представления результата:

1. Наименование работы.
2. Краткое описание особенностей данного устройства ЧПУ.
3. Эскиз детали (по заданному варианту).
4. Эскизы режущих инструментов.
5. Содержание операции.
6. Режимы резания.
7. Управляющая программа.

#### Контрольные вопросы:

1. Назначение устройства ЧПУ.
2. Виды информации, перерабатываемой устройством ЧПУ.
3. Способы ввода информации в устройство ЧПУ.
4. Циклы, обрабатываемые на станке.
5. Выбор нулевой точки детали.
6. Временное смещение системы координат.
7. Назначение группы коррекции.

#### Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание

## Лабораторное занятие №31

### Оценка траекторий обработки для различных управляющих программ. Оценка нагрузки на инструмент и параметров врезания.

**Цель:** формирование умений оценивать траекторию обработки для различных управляющих программ

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

оценивать траекторию обработки для различных управляющих программ

**Материальное обеспечение:**

Компьютер с программным обеспечением САМ-система, симулятор или станок ЧПУ.

**Задание:**

1. Проанализировать разные УП
2. Сравнить разные УП и оценить траекторию и параметры обработки, а также их влияние на режущий инструмент.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучение УП
2. Оценка траекторий
3. Оценка нагрузки на инструмент
4. Анализ эффективности
5. Сделать вывод.

**Краткие теоретические сведения:**

Лабораторная работа по оценке траекторий обработки, нагрузки на инструмент и параметров врезания включает в себя анализ управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ. В рамках работы следует сравнивать различные УП, чтобы оценить, как их траектории и параметры обработки (например, глубина врезания) влияют на нагрузку на режущий инструмент, выбирая наиболее эффективные варианты для достижения технологических целей.

Основные этапы лабораторной работы

#### 1. Изучение УП:

Анализ нескольких управляющих программ для одной и той же детали, но с разными траекториями движения инструмента и параметрами врезания.

#### 2. Оценка траекторий:

Сравнение различных траекторий обработки, например, линейных или круговых, для определения их эффективности и влияния на качество обработки.

#### 3. Оценка нагрузки на инструмент:

Анализ параметров врезания (глубины и подачи), чтобы определить, как они влияют на нагрузку на режущий инструмент, предотвращая его износ или поломку.

#### 4. Анализ эффективности:

Сравнение различных УП по показателям, таким как:

- Время обработки
- Стойкость инструмента
- Качество обрабатываемой поверхности
- Безопасность обработки

**Выводы:**

Формулировка выводов о том, какие УП и их параметры являются наиболее предпочтительными с точки зрения эффективности и надежности процесса обработки.

**Форма представления результата:**

Оформленный отчет.

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение устройства ЧПУ.



2. Виды информации, перерабатываемой устройством ЧПУ.
3. Способы ввода информации в устройство ЧПУ.
4. Циклы, обрабатываемые на станке.
5. Выбор нулевой точки детали.
6. Временное смещение системы координат.
7. Назначение группы коррекции.

#### **Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание

### **Лабораторное занятие №32**

#### **Оптимизация управляющих программ за счет подбора режимов резания и режущего инструмента**

**Цель:** формирование умений оптимизировать управляющие программы

**Выполнив работу, вы будете уметь:**

Оптимизировать УП с учетом смены инструментов и режимов резания

**Материальное обеспечение:**

Не требуется

**Задание:**

1. Выбрать инструмент
2. Подобрать режим резания путем использования таблиц.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить методические указания. Выбрать инструмент
2. Подобрать режим резания путем использования таблиц.
3. Сделать вывод.

**Краткие теоретические сведения:**

Оптимизация управляющих программ для станков с ЧПУ достигается за счет подбора оптимальных режимов резания (скорости резания, рабочей подачи, глубины резания) и режущего инструмента. Этот процесс предполагает балансирование между производительностью (время обработки, скорость выполнения) и долговечностью инструмента, учитывая материал заготовки и инструмента, а также тип обработки. Правильный подбор позволяет сократить время обработки, повысить качество поверхности, уменьшить износ инструмента и избежать поломок, что напрямую влияет на эффективность производства.

Основные параметры оптимизации

##### **1. Режимы резания:**

- **Скорость резания ( $V_c$ ):** Скорость, с которой режущая кромка инструмента перемещается относительно обрабатываемой заготовки, измеряется в метрах в минуту.
- **Рабочая подача ( $f_n$ ):** Расстояние, на которое перемещается инструмент за один оборот заготовки, измеряется в миллиметрах на оборот.
- **Глубина резания ( $t$ ):** Величина, на которую инструмент погружается в материал заготовки, измеряется в миллиметрах.

**Режущий инструмент:**

- **Материал инструмента:** Влияет на скорость резания и стойкость. Инструменты из твердых сплавов выдерживают высокие скорости и температуры.
- **Геометрия инструмента:** Угол заточки и другие параметры влияют на силы резания и качество обработки.
- **Форма и размеры инструмента:** Позволяют выбирать подходящие режимы для различных операций (точение, фрезерование, сверление).

Как оптимизировать процесс

- **Определите материал заготовки и инструмента:**

Для каждого материала существуют свои рекомендуемые режимы резания.

- **Используйте справочные таблицы и рекомендации производителей:**

Производители инструмента предоставляют данные для подбора режимов.

- **Учитывайте тип обработки:**

Операции черновой и чистовой обработки требуют разных скоростей и подач.

- **Балансируйте между скоростью и износом:**

Высокие скорости резания увеличивают производительность, но ускоряют износ инструмента. И наоборот, более низкие скорости и подачи продлевают срок службы инструмента.

- **Контролируйте параметры обработки:**

Отслеживайте вибрации, шумы, стружку, чтобы своевременно корректировать режимы.

Практические шаги

1. Выберите подходящий режущий инструмент для конкретной операции и материала.
2. Используя справочники, определите диапазон рекомендуемых режимов резания (скорость, подача, глубина).
3. В управляющей программе установите эти режимы, учитывая желаемый результат (например, максимальную производительность или минимальный износ инструмента).
4. Проведите пробные проходы, контролируя качество поверхности и износ инструмента.
5. При необходимости скорректируйте режимы резания для достижения наилучшего результата.

Произведем выбор инструмента для всех переходов механической обработки картера. Для всех инструментов подберем также режущие пластины (если инструмент не является цельным), корпуса для закрепления пластин, оправки, патроны или базовые держатели станка в соответствии с типом, подходящим к выбранному оборудованию. Весь режущий инструмент подберем от компании Sandvik Coromant, которая является одним из мировых лидеров в области проектирования и производства высококачественного инструмента. Фирма Sandvik производит всю номенклатуру инструмента, необходимого для обработки детали (сверла, цельные и сборные фрезы, расточной инструмент, а также инструментальную оснастку). В другом случае пришлось бы воспользоваться услугами нескольких компаний. Однако увеличение числа поставщиков ведет к росту риска срыва поставок.

Для черновой обработки поверхностей 1 и 7 выбираем расточной инструмент для черновой обработки с тремя пластинами CoroBore 820. Пластины настраиваются на  $\square$  86-97 мм независимо друг от друга. С помощью данного инструмента можно производить ступенчатое растачивание, растачивание одной пластиной. По диаметру растачивания выбираем корпус C6-R820E-AA3068A (рисунок 3.1). Корпус имеет возможность внутренней подачи СОЖ.

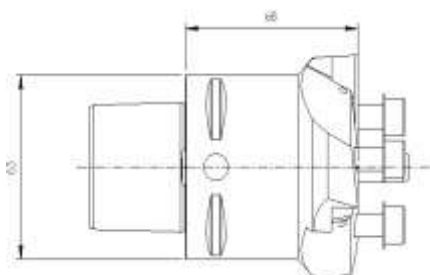


Рисунок 3.1 – Корпус C6-R820E-AA3068A ( $Zn = 3$ )

Для данного корпуса выбираем ползун-резцовую вставку R820E-AR22SSYC12A с главным углом в плане  $84^\circ$  для увеличения прочности режущей кромки пластины (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Ползун-резцовая вставка R820E-AR22SSYC12A Далее для резцовой вставки подбираем пластины CoroTurn 107

SCMT 12 04 08-KR (рисунок 3.3), материал GC 3210. Данный материал является сплавом с покрытием CVD и состоит из гладкого износостойкого покрытия и твердой основы. GC 3210 рекомендуется для высокоскоростной обработки высокопрочного чугуна.

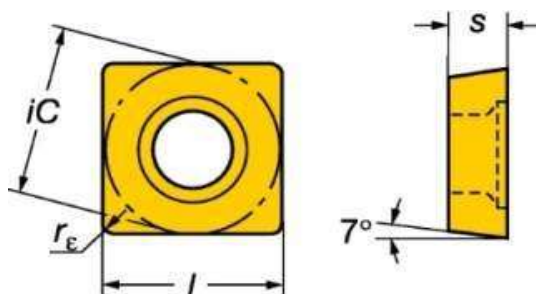


Рисунок 3.3 – Пластина SCMT 12 04 08-KR ( $l = 12$  мм,  $s = 4,76$  мм,  $ic = 12,7$  мм,  $re = 0,8$  мм)

Для данной пластины рекомендуются следующие режимы резания:  $ap = 2,4$  мм (1,2-4,8),  $fn = 0,3$  мм/об (0,14-0,42),  $Vc = 285$  м/мин (335-250). Здесь и далее в скобках указаны наибольшая и наименьшая величины. Для увеличения производительности режущие пластины настроим на одинаковый диаметр.

Выбираем базовый держатель станка C6-390.140-40 085 (рисунок 3.4) с исполнением конуса SK 40 по стандарту ISO 7388/1.

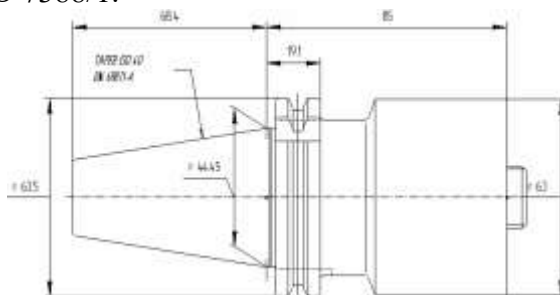


Рисунок 3.4 – Базовый держатель C6-390.140-40 085

Длины корпуса и базового держателя достаточно, чтобы расточить поверхность 1 на всю глубину без использования удлинителя.

#### Форма представления результата:

Оформленный отчет.

#### Контрольные вопросы:

1. От чего зависит выбор инструмента?

## 2. Как выбрать режим резания?

### **Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание

## **Лабораторное занятие №33**

### **Оценка показателей работы станков с ЧПУ. Расчет времени простоев, доли вспомогательных операций. Разработка плана повышения эффективности работы.**

**Цель:** формирование умений рассчитывать время простоев станка ЧПУ

#### **Выполнив работу, вы будете уметь:**

рассчитывать время простоев станка ЧПУ

#### **Материальное обеспечение:**

Компьютер с программным обеспечением.

#### **Задание:**

1. Подготовка
2. Сбор данных
3. Анализ данных и расчет показателей
4. Разработка плана повышения эффективности
5. Оценка эффективности

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Подготовка
2. Сбор данных
3. Анализ данных и расчет показателей
4. Разработка плана повышения эффективности
5. Оценка эффективности
6. Сделать вывод.

#### **Краткие теоретические сведения:**

Для оценки работы станков с ЧПУ и повышения их эффективности необходимо выполнить лабораторную работу, которая включает:

Анализ данных:

Сбор данных по времени выполнения операций, простоям, сбоям, вспомогательным действиям (загрузка, наладка, замена инструмента) и времени работы станка.

Расчет показателей:

Расчет времени простоев (технических, организационных, плановых) и доли вспомогательных операций от общего времени цикла, а также анализ производительности.

Разработка плана повышения эффективности:

На основе полученных данных разработка мероприятий для сокращения простоев и оптимизации вспомогательных операций, например, внедрение систем автоматической смены инструмента, оптимизация загрузки, улучшение планирования работ.

Этапы лабораторной работы

1. Подготовка

Изучение объекта исследования:

Определите тип станка с ЧПУ, его возможности и спецификацию, а также технологический процесс, который выполняется на нем.

Определение целей:

Сформулируйте конкретные цели работы, например, выявление «узких мест» в работе станка или оценка влияния нового вспомогательного оборудования на производительность.

Подготовка оборудования:

Убедитесь в исправности всех компонентов станка, включая систему ЧПУ, датчики и систему измерения времени.

## 2. Сбор данных

Хронометраж:

Проводите хронометраж работы станка, фиксируя время выполнения каждой операции:

Время обработки: Собственно процесс механической обработки детали.

Время вспомогательных операций: Время на загрузку/выгрузку детали, смену инструмента, приспособлений, очистку рабочей зоны.

Время простоев: Фиксируйте время, когда станок простаивает из-за:

Технических неисправностей (поломки, отказы).

Организационных причин (отсутствие заготовок, задание, инструмента).

Плановых простоев (техническое обслуживание, переналадка).

Сбор данных о сбоях:

Фиксируйте все сбои и их причины, а также время, затраченное на их устранение.

Фото- и видеофиксация:

Для лучшего понимания процесса можно использовать фото- и видеосъемку.

## 3. Анализ данных и расчет показателей

Время простоев:

Рассчитайте долю времени простоев в общем времени работы станка.

Коэффициент использования оборудования (КИО):  $\text{КИО} = (\text{Общее время работы станка} - \text{Время простоев}) / \text{Общее время работы станка}$ .

Доля вспомогательных операций:

Рассчитайте, какой процент от общего времени цикла составляет время вспомогательных операций.

Анализ производительности:

Определите фактическую производительность станка по сравнению с его паспортными данными.

## 4. Разработка плана повышения эффективности

Выявление проблем:

По результатам анализа определите наиболее существенные проблемы (например, длительные переналадки, частые сбои, неэффективная загрузка).

Предложения по оптимизации:

Разработайте конкретные предложения по улучшению:

Оптимизация вспомогательных операций: Внедрение автоматизированных систем смены инструмента, более быстрых методов загрузки и выгрузки заготовок.

Сокращение простоев: Разработка системы профилактического обслуживания, улучшение снабжения инструментами и материалами, внедрение системы предотвращения сбоев.

Повышение производительности: Оптимизация управляющих программ, использование более производительных режимов резания, совершенствование конструкций приспособлений.

Разработка нового плана:

На основе предложенных мероприятий разработайте план по внедрению изменений и оценке их эффективности.

## 5. Оценка эффективности

Реализация изменений:

Внедрите разработанные мероприятия в реальный рабочий процесс.

Повторный анализ:

После внедрения изменений повторите сбор данных и расчет показателей эффективности, чтобы оценить результат.

**Форма представления результата:**

Оформленный отчет.

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение устройства ЧПУ.
2. Виды информации, перерабатываемой устройством ЧПУ.

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, полный устный ответ на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за правильно выполненное лабораторное задание, устный ответ не на все вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное выполнение лабораторного задания, без устного ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за не выполненное лабораторное задание