

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

# ПРОГРАММИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности  
1-40 05 01 «Информационные системы и технологии  
(по направлениям)»  
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2021

УДК 004.9  
ББК 32.973-018.2  
П78

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты»  
«25» мая 2021 г., протокол № 14

Составитель канд. техн. наук, доц. Д. С. Галюжин

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Методические рекомендации к лабораторным работам предназначены для студентов специальности 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии (по направлениям)».

Учебно-методическое издание

## ПРОГРАММИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ответственный за выпуск	С. Н. Хатетовский
Корректор	Т. А. Рыжикова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 38 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2021

## Содержание

Введение .....	4
1 Лабораторная работа № 1. Кодирование траектории инструмента в заданном формате управляющей программы.....	5
2 Лабораторная работа № 2. Разработка расчетно-технологической карты на токарную операцию с числовым программным управлением .....	7
3 Лабораторная работа № 3. Разработка управляющей программы обработки детали на токарном станке с числовым программным управлением .....	10
4 Лабораторная работа № 4. Изучение режимов ввода, контроля и редактирования управляющей программы для устройства числового программного управления токарного станка .....	13
5 Лабораторная работа № 5. Разработка расчетно-технологической карты на фрезерную операцию с числовым программным управлением.....	15
6 Лабораторная работа № 6. Разработка управляющей программы для обработки детали на фрезерном станке с числовым программным управлением .....	17
7 Лабораторная работа № 7. Разработка расчетно-технологической карты на сверлильную операцию с числовым программным управлением .....	18
8 Лабораторная работа № 8. Разработка управляющей программы обработки детали на сверлильном станке с числовым программным управлением .....	20
9 Лабораторная работа № 9. Разработка управляющей программы обслуживающего робота в составе робототехнического комплекса .....	22
Список литературы .....	23

## Введение

На сегодняшний день почти каждое современное предприятие, занимающееся механической обработкой изделий, имеет в своем распоряжении станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Станки с ЧПУ выполняют все те же функции, что и обычные станки с ручным управлением, однако перемещения исполнительных органов этих станков управляются электроникой. Одним из основных преимуществ станков с ЧПУ является их более высокий уровень автоматизации производства. Случаи вмешательства оператора станка в процесс изготовления детали сведены к минимуму, что позволяет значительно уменьшить процент брака. Станки с ЧПУ могут работать почти автономно день за днем, неделю за неделей, выпуская продукцию с неизменно высоким качеством. Также станки с ЧПУ очень гибкие в производстве, что позволяет обрабатывать разные детали со сменой при этом только управляющей программы. Данное оборудование имеет высокую точность и повторяемость, а числовое программное управление позволяет обрабатывать такие детали, которые невозможно изготовить на обычном оборудовании. Это детали со сложной пространственной формой, например, штампы и пресс-формы. Следует отметить, что сама методика работы по программе позволяет более точно предсказывать время обработки некоторой партии деталей и, соответственно, более полно загружать оборудование, а также планировать производство.

В настоящее время разработка и выпуск продукции любого предприятия происходит под влиянием жестких требований рынка к качеству, себестоимости и срокам ее изготовления. Чтобы инженерные кадры предприятия смогли максимально сократить сроки и стоимость подготовки производства к выпуску новой, востребованной рынком продукции, необходима автоматизация рабочих мест конструкторов, технологов-программистов и внедрение сквозного проектирования. Этому способствует внедрение на предприятиях для обработки деталей на станках с ЧПУ современных САПР с САМ для быстрого создания управляющих программ (УП): Mactercam, Pro/ENGINEER, SolidWorks, NX и др.

# 1 Лабораторная работа № 1. Кодирование траектории в заданном формате управляющей программы

**Цель работы:** закодировать траекторию движения инструмента в заданном формате управляющей программы.

## *Общие сведения*

Каждая конкретная модель устройства с числовым программным управлением (УЧПУ) характеризуется форматом, т. е. принятым перечнем слов, их расположением в кадре, структурой и объемом каждого слова кадра.

Пример записи формата:

% : / DSN03G2X+053Y+053Z+043F031S04T03M2ПС

Анализ представленного формата указывает, что УЧПУ воспринимает следующие символы:

% – начало программы;

: – главный кадр;

/ – пропуска кадра;

DS – явная десятичная запятая;

N – номер кадра (трехзначное число от 000 до 999 (нули можно опускать);

G – подготовительная функция от G00 до G99;

X+053, Y+053, Z+053 – размерные перемещения по координатным осям X, Y, Z соответственно (знак «+» можно опускать, под целую часть числа отведено пять разрядов и три разряда под дробную часть числа);

F031 – функция подачи указывается тремя разрядами в целой части и одним разрядом дробной части рассчитанного значения скорости подачи;

S04 – четырехзначное значение функции главного движения;

T03 – трехзначное значение функции инструмента;

M2 – вспомогательная функция от 00 до M99 (незначащие нули опускать нельзя);

ПС – каждый кадр должен завершиться данным символом для ввода в память.

Незначащие нули во всех во всех словах (кроме адресов G и M) при записи кадров УП рекомендуется опускать в данном формате.

## *Порядок выполнения работы*

1 Проанализировать конкретный формат УП, приведенный в таблице 1.1 согласно варианту задания.

2 Вычертить предложенную траекторию движения инструмента в требуемых согласно формату УП координатных осях в произвольном редакторе или на листе миллиметровой бумаги.

3 Пронумеровать опорные точки траектории, указать направление

перемещения, рассчитать координаты точек по соответствующим координатным осям.

4 Закодировать траекторию движения инструмента в абсолютной и относительной системе отсчета перемещений, используя таблицу подготовительных и вспомогательных функций.

5 Оформить отчет.

Таблица 1.1 – Варианты формата УП

Вариант	Формат УП
1	% DS N3 G2 X32 Z32 I32 K32 F32 S04 T1 M2 ПС
2	N03 G02 X042 Y042 I042 j042 F3 S4 T02 M02 ПС
3	DS N04 G2X + 32Z + 32I + 32K + 32F4 S3 T2 M02 ПС
4	% N3 G2 Y53 Z53 j43 K43 F04 S04 T1M2 ПС
5	DS N2 G2X + 041Y + 031I + 041j + 031F04 S3 M02 T03 ПС
6	% DS N3G2 X42 Y32 I42 j32 F32 S41 T2 M02 ПС
7	DS N4 G2 X31 Z31 I31 K31 F31 S04 T1 M2 ПС
8	% N03 G02 X042 Y042 I042 j042 F03 S4 T2 M02 ПС
9	DS N4 G02X + 32Z + 32I + 32K + 32F21 S4 M02 T2 ПС
10	% N3 G2 Y43 Z43 j+43 K+43 F04 S04 T1M2 ПС
11	DS N02 G2X + 041Y + 031I + 041j + 031F2 S3 M2 T2 ПС
12	% N3G2 X42 Y32 I42 j32 F32 S41 T2 M02 ПС
13	DS N03 G2 X+32 Z+32 I+32 K+32 F032 S4 T1 M2 ПС
14	N03 G02 X042 Y042 I042 j042 F2 S32 M02 T02 ПС
15	% N3 G2 Y52 Z52 j42 K42 F03 S04 M2 T3 ПС

### ***Содержание отчета***

- 1 Тема.
- 2 Цель работы.
- 3 Эскиз траектории инструмента с нумерацией опорных точек движения соответствующих координатных осей.
- 4 Формат УП согласно варианту задания.
- 5 Текст УП в абсолютной и относительной системах отсчета перемещений.
- 6 Выводы о проделанной работе.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Дайте определение формата УП.
  - 2 Сущность написания конкретных слов в тексте УП.
  - 3 Перечислите особенности кодирования элементов траектории в абсолютной и относительной системах отсчета.
  - 4 Поясните схему построения кадров УП.
- Пример выполненной работы представлен на рисунке 1.1.

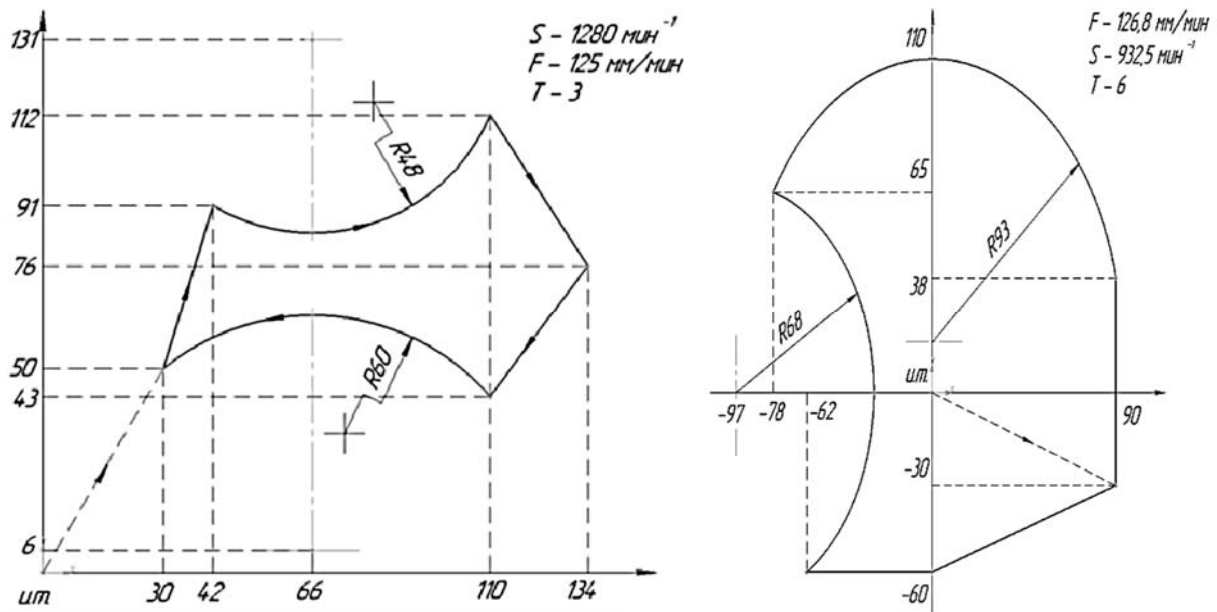


Рисунок 1.1 – Пример выполнения задания к лабораторной работе № 1

## 2 Лабораторная работа № 2. Разработка расчетно-технологической карты на токарную операцию с числовым программным управлением

**Цель работы:** разработать расчетно-технологическую карту на токарную операцию с ЧПУ.

### Общие сведения

Расчетно-технологическая карта (РТК) должна содержать полную информацию о маршрутной и операционной технологии обработки детали на станке с ЧПУ, используется для расчета координат опорных точек траектории движения при разработке УП.

На РТК приводится:

- наименование и код операции, модель станка и УЧПУ;
- эскиз детали обрабатываемой на данной операции;
- эскиз заготовки (если заготовка сложной формы);
- операционные эскизы для каждого перехода с указанием номера перехода, схемы установки заготовки на станке, выдерживаемых размеров, параметров шероховатостей обрабатываемых поверхностей, содержания перехода;
- траектория движения для каждого перехода с указанием направления движения и нумерацией опорных точек, начиная с исходной точки;
- таблица координат опорных точек траектории движения инструмента;
- перечень режущего и вспомогательного инструмента для каждого перехода;

– связь нулей системы координат станка, детали и инструмента.

Эскизы траектории вычерчиваются в координатных осях X и Z. Нули систем координат графически на эскизах отмечаются следующим образом:



– ноль станка;



– ноль детали;



– ноль инструмента;



– ноль револьверной головки (ноль приспособления).

В учебных целях РТК допускается оформлять на листах формата А4, размещая один или два перехода на листе.

### Порядок выполнения работы

1 Изучив эскиз детали (рисунки 2.1 и 2.2), предложенный преподавателем, определить состав технологических переходов токарной операции с ЧПУ.

2 Выбрать необходимый инструмент (наименование, ГОСТ, материал режущей части, вылеты для резцов  $W_X$ ,  $W_Z$  или диаметр и вылет для осевого инструмента), назначить конкретные позиции револьверной головки для каждого инструмента.

3 Вычертить эскизы обрабатываемой детали с траекторией движения каждого используемого инструмента по всем переходам.

4 Рассчитать координаты опорных точек каждой траектории от нуля детали. Результаты свести в таблицу.

5 Назначить режимы резания для каждого перехода табличным методом.

6 Оформить отчет.

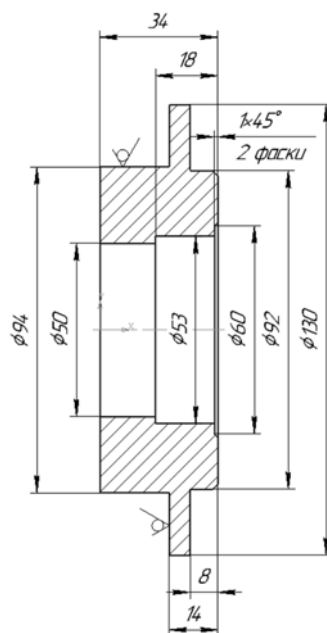


Рисунок 2.1 – Эскиз детали для разработки РТК



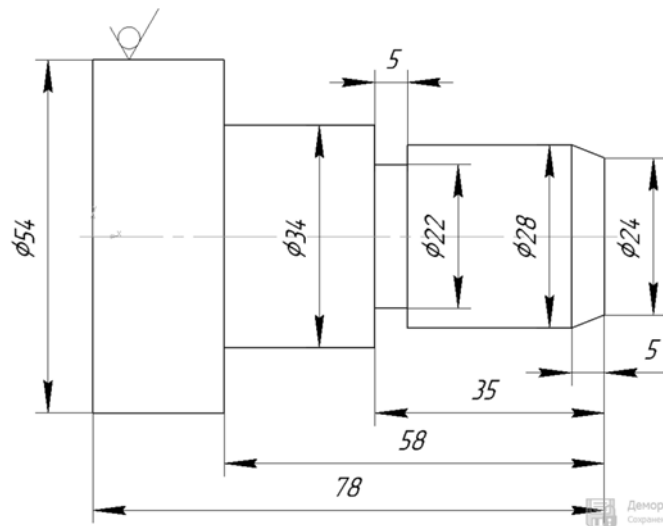


Рисунок 2.2 – Эскиз детали для разработки РТК

### ***Содержание отчета***

- 1 Тема.
- 2 Цель работы.
- 3 Эскиз детали.
- 4 Состав технологических переходов токарной операции.
- 5 Описание инструмента с указанием позиций револьверной головки, параметров инструмента.
- 6 Эскизы переходов с траекторией движения (по согласованию с преподавателем).
- 7 Таблица координат опорных точек траектории движения по осям  $X$  и  $Z$ .
- 8 Выводы о проделанной работе.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Поясните состав технологических переходов токарной операции с ЧПУ.
- 2 Опишите систему координат токарного станка и систему координат обрабатываемой детали, их связь.
- 3 Дайте перечень информации для оформления операционных эскизов.
- 4 Поясните методику расчета координат опорных точек траектории движения инструмента.

### 3 Лабораторная работа № 3. Разработка управляющей программы обработки детали на токарном станке с числовым программным управлением

**Цель работы:** научиться разрабатывать управляющие программы для обработки деталей на токарном станке с ЧПУ.

#### Общие сведения

Символы, применяемые при программировании для УЧПУ HAAS:

$N$  – номер кадра;

$X, Z$  – размерные перемещения по координатам  $X$  и  $Z$  в абсолютной системе отсчета;

$U, W$  – размерные перемещения по координатам  $X$  и  $Z$  в относительной системе отсчета;

$S$  – число оборотов шпинделя;

$F$  – подача (рабочая) или шаг резьбы;

$G$  – типовые подготовительные функции (автоматические циклы);

$T$  – номер позиции инструмента и номер корректора на данный инструмент;

$M$  – вспомогательные функции.

Подготовительные функции и циклы, используемые при программировании:

–  $G02, G03$  – круговая интерполяция по и против часовой стрелки:

$X\dots$  – координата конечной точки дуги по оси  $X$ ;

$Z\dots$  – координата конечной точки дуги по оси  $Z$ ;

$I\dots$  – проекция радиуса дуги, проведенного в начальную точку дуги из ее центра, на ось  $X$ ;

$K\dots$  – проекция радиуса дуги, проведенного в начальную точку дуги из ее центра, на ось  $Z$ ;

–  $G70$  – цикл чистовой обработки за один проход:

$P$  – номер начального кадра описания контура;

$Q$  – номер конечного кадра описания контура.

Цикл вызывает последовательность кадров, описывающих траекторию перемещения между:

$P$  – номер начального кадра;

$Q$  – номер конечного кадра;

–  $G71$  – многопроходный продольный черновой цикл:

$P$  – номер начального кадра описания контура;

$Q$  – номер конечного кадра описания контура;

$D$  – глубина резания на проход, положительная, на радиус;

$U$  – величина и направление (с учетом знака) припуска под чистовую обработку по оси  $X$ , на диаметр;

$W$  – величина и направление (с учетом знака) припуска под чистовую обработку по оси  $Z$ ;

$I$  – величина и направление припуска (с учетом знака) последнего чернового прохода по  $X$ , на радиус (припуск под черновую обработку);

$K$  – величина и направление припуска последнего чернового прохода по оси  $Z$ ;

$F$  – величина подачи черновых проходов;

–  $G72$  – многопроходный поперечный черновой цикл:

$P$  – номер начального кадра описания контура;

$Q$  – номер конечного кадра описания контура;

$D$  – глубина резания на проход;

$U$  – припуск по оси  $X$  под чистовую обработку на диаметр (с учетом знака);

$W$  – припуск по оси  $Z$  под чистовую обработку (с учетом знака);

$I$  – величина и направление припуска (с учетом знака) последнего чернового прохода по  $X$ , на радиус;

$K$  – величина и направление припуска (с учетом знака) последнего чернового прохода по оси  $Z$ ;

$F$  – величина подачи черновых проходов;

–  $G75$  – цикл нарезания наружных или внутренних цилиндрических канавок:

$X(U)$  – координата дна канавки по оси  $X$  на диаметр;

$Z(W)$  – конечная точка канавки по оси  $Z$ ;

$K$  – величина смещения инструмента по оси  $X$  на каждый проход;

$F$  – рабочая подача;

$I$  – длина прохода по оси  $X$  в цикле (на радиус);

–  $G76$  – цикл нарезания резьбы:

$X(U)$  – внутренний диаметр резьбы;

$Z(W)$  – конечная точка резьбы по оси  $Z$ ;

$K$  – высота профиля (на радиус);

$D$  – глубина резания первого прохода;

$F$  – шаг резьбы;

$I$  – конусность резьбы (на радиус, может быть со знаком «минус»);

$P$  – тип резания при нарезании резьбы;

$Q$  – начальный угол резьбы (применяется при нарезании многозаходной резьбы);

–  $G83$  – цикл глубокого сверления:

$Z$  – координата для отверстия;

$R$  – координата точки по оси  $Z$ , с которой будет начата работа по циклу. Если  $R$  не задана, обработка начнется с той точки, где в данный момент находится инструмент;

$Q$  – глубина сверления за проход;

$F$  – величина рабочей подачи;

$P$  – выдержка времени в конечной точке сверления, с;

$L$  – количество повторов цикла сверления;

–  $G84$  – цикл нарезания резьбы метчиком:

$Z(W)$  – конечная точка резьбонарезания;

$R$  – координата начальной точки работы цикла по оси  $Z$ ;

$F$  – шаг резьбы;

–  $G94$  – подача мм/мин;

–  $G95$  – подача мм/об;

–  $G96$  – постоянная скорость резания;

–  $G97$  – частота вращения в об/мин.

Вспомогательные функции для УЧПУ:

$M03$ ,  $M04$  – включение вращения шпинделя по и против часовой стрелки;

$M05$  – остановка шпинделя;

$M08$  – включение полностью СОЖ;

$M09$  – выключение СОЖ;

$M30$  – конец программы.

### ***Порядок выполнения работы***

1 Используя разработанную при выполнении лабораторной работы № 2 расчетно-технологическую карту и перечень подготовительных и вспомогательных функций, запрограммировать УП обработки детали на токарном станке с ЧПУ.

2 Оформить отчет

### ***Содержание отчета***

1 Тема.

2 Цель работы.

3 Расчетно-технологическая карта на токарную операцию с ЧПУ.

4 Текст составленной УП

5 Выводы о проделанной работе.

### ***Контрольные вопросы***

1 Назовите основные символы, используемые при программировании для УЧПУ HAAS.

2 Перечислите подготовительные функции (автоматические циклы), используемые при программировании, их назначение, особенности применения.

3 Перечислите вспомогательные функции, их назначение, особенности применения.

## 4 Лабораторная работа № 4. Изучение режимов ввода, контроля и редактирования управляющей программы для устройства числового программного управления токарного станка

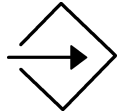
**Цель работы:** изучить назначение клавиш пульта УЧПУ токарного станка для режима ввода и режима редактирования УП, последовательность действий в данных режимах.

### *Краткие теоретические сведения*

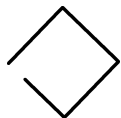
Основные режимы работы УЧПУ:

- от маховичка;
- от клавиш ручного управления;
- автоматический;
- ввода программы обработки;
- вывода (индикации) содержимого программы обработки и параметров;
- размерной привязки.

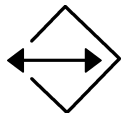
Клавиши пульта управления, используемые при вводе и редактировании управляющей программы обработки детали:



– режим ввода;



– деблокировка памяти;



– ввод каждого кадра программы;



– быстрый ход;

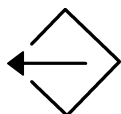
– признак кадра, входящего в группу;

\*



– выбор системы отсчета перемещений на станке;




+45, -45 – снятие фаски под углом  $\pm 45^\circ$ ;




– режим вывода на индикацию.


## ***Порядок выполнения работы***

Режим ввода управляющей программы.

На пульте УЧПУ нажать клавишу  и клавишу . Начиная с нулевого кадра, набрать кадры управляющей программы, разработанной при выполнении лабораторной работы № 1. При этом следует следить за набором информации на индикационных табло «номер кадра» и «буквенные адреса». Если при наборе была допущена ошибка, то устранить ее можно, нажав клавишу С – сброс – в том случае, если кадр не был записан в память нажатием клавиши .

Режим редактирования (отображения) информации.

Режим используется для редактирования кадров УП, записанных в память. Для выбора режима редактирования необходимо нажать клавишу отображения .

Набрать номер кадра, который необходимо отредактировать и вывести информацию данного кадра на индикацию нажатием клавиши .

В этом режиме осуществляется просмотр всех кадров управляющей программы перед запуском автоматического режима обработки программы.

## ***Содержание отчета***

- 1 Тема.
- 2 Цель работы.
- 3 Эскиз обрабатываемой детали.
- 4 Управляющая программа обработки детали, разработанная при выполнении лабораторной работы.
- 5 Перечень клавиш УЧПУ, необходимых для работы в режиме ввода и редактирования информации.

## ***Контрольные вопросы***

- 1 Назовите виды устройств ЧПУ, их классификацию, особенности программирования.
- 2 Приведите перечень клавиш УЧПУ для ввода текста УП.
- 3 Перечислите режимы работы УЧПУ, их назначение.
- 4 Приведите последовательность действий при работе в режиме ввода информации.
- 5 Приведите последовательность действий при работе в режиме вывода информации.

## **5 Лабораторная работа № 5. Разработка расчетно-технологической карты на фрезерную операцию с числовым программным управлением**

**Цель работы:** разработать расчетно-технологическую карту на фрезерную операцию с ЧПУ.

### **Общие сведения**

Расчетно-технологическая карта (РТК) должна содержать полную информацию о маршрутной и операционной технологии обработки детали на станке с ЧПУ, используется для расчета координат опорных точек траектории движения при разработке УП.

На РТК приводится:

- наименование и код операции, модель станка и УЧПУ;
- эскиз детали обрабатываемой на данной операции;
- эскиз заготовки (если заготовка сложной формы);
- операционные эскизы для каждого перехода с указанием номера перехода, схемы установки заготовки на станке, выдерживаемых размеров, параметров шероховатостей обрабатываемых поверхностей, содержания перехода;
- траектория движения для каждого перехода с указанием направления движения и нумерацией опорных точек начиная с исходной точки;
- таблица координат опорных точек траектории движения инструмента;
- перечень режущего и вспомогательного инструмента для каждого перехода;
- связь нулей системы координат станка, детали и инструмента.

Эскизы траектории вычерчиваются в двух проекциях: высотная траектория в координатных осях  $X$  и  $Z$  и контурная траектория в координатных осях  $X$  и  $Y$ . Нули систем координат графически на эскизах отмечаются следующим образом:

 – ноль станка;

 – ноль детали;

 – ноль инструмента;

 – ноль револьверной головки (ноль приспособления).

В учебных целях РТК допускается оформлять на листах формата А4, размещая один или два перехода на листе.

### **Порядок выполнения работы**

1 Изучив эскиз детали (рисунок 5.1), определить состав технологических переходов фрезерной операции с ЧПУ.

2 Выбрать необходимый инструмент, назначить конкретные позиции

инструментального магазина для каждого инструмента.

3 Вычертить эскизы обрабатываемой детали с траекторией движения каждого используемого инструмента по всем переходам.

4 Рассчитать координаты опорных точек каждой траектории от нуля детали. Результаты свести в таблицу.

5 Назначить режимы резания для каждого перехода табличным методом.

6 Оформить отчет.

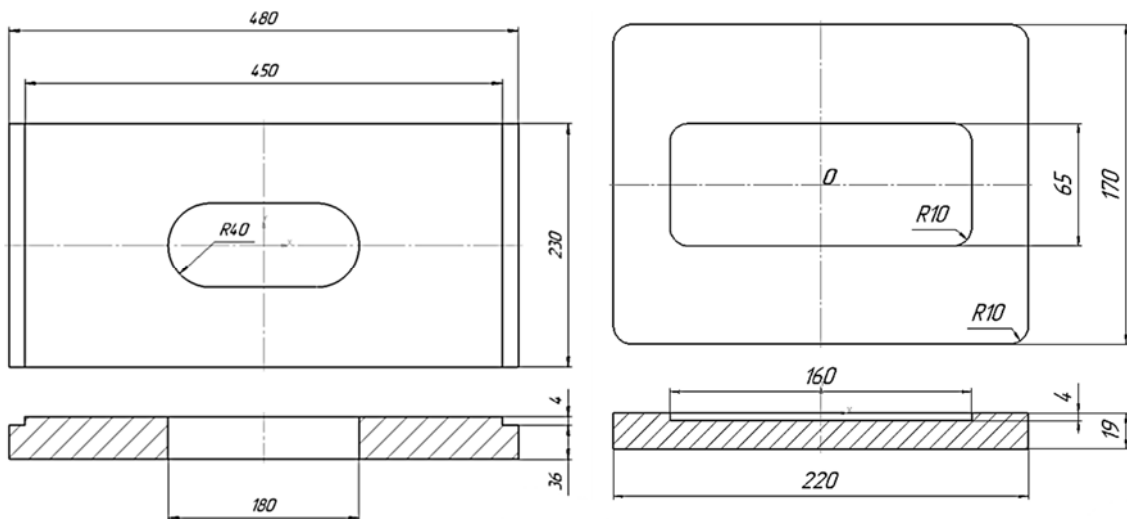


Рисунок 5.1 – Эскизы деталей для разработки РТК

### **Содержание отчета**

- 1 Тема.
- 2 Цель работы.
- 3 Эскиз детали.
- 4 Состав технологических переходов фрезерной операции.
- 5 Описание инструмента с указанием позиций инструментального магазина, параметров инструмента (наименование, ГОСТ, материал режущей части, диаметр и вылет для фрезы).
- 6 Эскизы переходов с траекторией движения (по согласованию с преподавателем).
- 7 Таблица координат опорных точек траектории движения по осям X, Y и Z.
- 8 Выводы о проделанной работе.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Поясните состав технологических переходов фрезерной операции с ЧПУ?
- 2 Поясните систему координат фрезерного станка и систему координат обрабатываемой детали, их связь.
- 3 Перечислите информацию для оформления операционных эскизов.



4 Дайте понятие эквидистанты, особенностей построения траектории движения фрезы.

5 Приведите методику расчета координат опорных точек траектории движения инструмента.

## **6 Лабораторная работа № 6. Разработка управляющей программы обработки детали на фрезерном станке с числовым программным управлением**

*Цель работы:* научиться разрабатывать УП для обработки деталей на фрезерном станке с УЧПУ.

### ***Общие сведения***

Основные символы, используемые при программировании:

$N$  – номер кадра;

$I, J, K$  – координаты начальной точки дуги по осям  $X, Y, Z$ ;

$F$  – функция подачи;

$G$  – подготовительная функция;

$L$  – коррекция;

$M$  – вспомогательная функция;

$S$  – функция скорости шпинделя;

$T$  – функция инструмента.

Основные подготовительные функции:

$G01$  – линейная интерполяция;

$G02, G03$  – круговая интерполяция по и против часовой стрелки соответственно;

$G04$  – пауза

$G17, G18, G19$  – выбор плоскостей обработки  $XY, XZ$  и  $ZY$  соответственно;

$G41$  – коррекция при линейном перемещении положительная;

$G42, G43$  – коррекция круговой интерполяции по и против часовой стрелки положительная;

$G51$  – коррекция при линейном перемещении отрицательная;

$G52, G53$  – коррекция круговой интерполяции по и против часовой стрелки отрицательная;

$G40$  – отмена коррекции.

Основные вспомогательные функции:

$M00$  – программируемый останов;

$M02$  – конец программы;

$M03, M04$  – задание вращения шпинделя по и против часовой стрелки;

$M05$  – останов шпинделя;

$M06$  – смена инструмента (если станок оснащен устройством автоматической смены инструмента).

### ***Порядок выполнения работы***

1 Используя разработанную при выполнении лабораторной работы № 4 расчетно-технологическую карту и перечень подготовительных и вспомогательных функций, запрограммировать УП обработки детали на фрезерном станке с ЧПУ.

2 Оформить отчет.

### ***Содержание отчета***

- 1 Тема.
- 2 Цель работы.
- 3 Эскиз детали.
- 4 Состав переходов операции, перечень требуемого инструмента.
- 5 Траектории движения каждого инструмента в системе координат детали.
- 6 Текст УП.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Перечислите подготовительные функции УЧПУ, поясните их назначение.
- 2 Перечислите вспомогательные функции, поясните их назначение.
- 3 Программирование линейной интерполяции, функции и их особенности.
- 4 Программирование круговой интерполяции, функции и их особенности.
- 5 Поясните программирование коррекции, функции и их особенности.
- 6 Поясните программирование подачи, функции и их особенности.

## **7 Лабораторная работа № 7. Разработка расчетно-технологической карты на сверлильную операцию с числовым программным управлением**

***Цель работы:*** разработать расчетно-технологическую карту на сверлильную операцию с ЧПУ

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


Расчетно-технологическая карта (РТК) должна содержать полную информацию о маршрутной и операционной технологии обработки детали на станке с ЧПУ, используется для расчета координат опорных точек траектории движения при разработке УП.

На РТК приводится:

- наименование и код операции, модель станка и УЧПУ;
- эскиз детали обрабатываемой на данной операции;
- эскиз заготовки (если заготовка сложной формы);

- операционные эскизы для каждого перехода с указанием номера перехода, схемы установки заготовки на станке, выдерживаемых размеров, параметров шероховатостей обрабатываемых поверхностей, содержания перехода;
- траектория движения для каждого перехода с указанием направления движения и нумерацией опорных точек начиная с исходной точки;
- таблица координат опорных точек траектории движения инструмента;
- перечень режущего и вспомогательного инструмента для каждого перехода;
- связь нулей системы координат станка, детали и инструмента.

Эскизы траектории вычерчиваются в двух проекциях: высотная траектория в координатных осях  $X$  и  $Z$  и траектория позиционирования в координатных осях  $X$  и  $Y$ . Нули систем координат графически на эскизах отмечаются следующим образом:

 – ноль станка;

 – ноль детали;

 – ноль инструмента;

 – ноль револьверной головки (ноль приспособления).

В учебных целях РТК допускается оформлять на листах формата А4, размещая один или два перехода на листе.

### **Порядок выполнения работы**

1 Изучив эскиз детали (рисунок 7.1), предложенный преподавателем, определить состав технологических переходов сверлильной операции с ЧПУ.

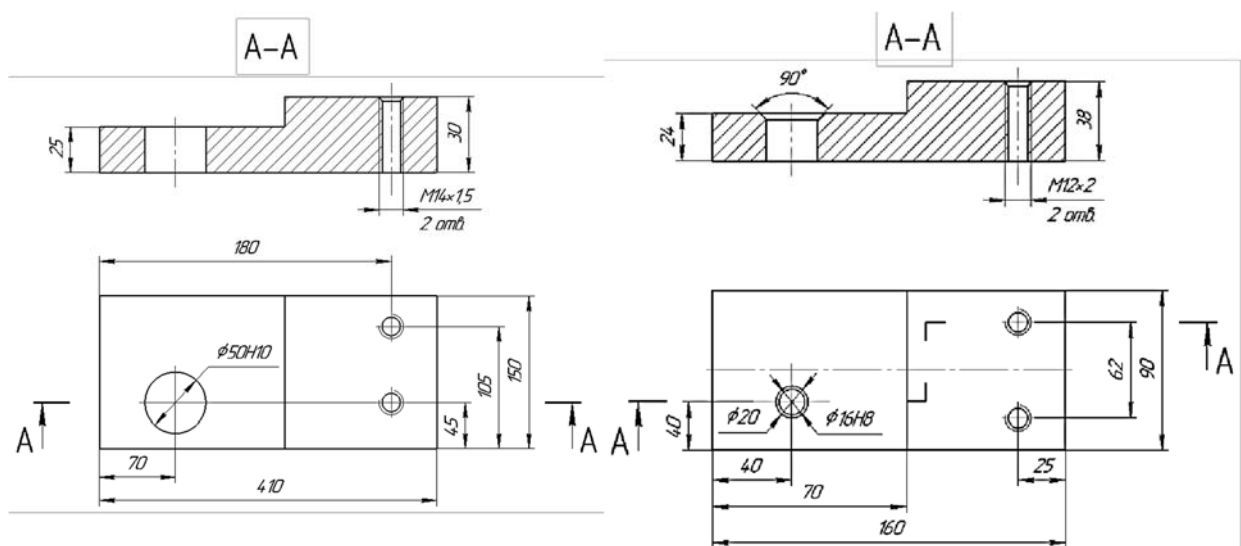


Рисунок 7.1 – Эскизы деталей для разработки РТК

2 Выбрать необходимый инструмент, его параметры, назначить ему конкретные позиции инструментального магазина.

3 Вычертить эскизы обрабатываемой детали с траекторией движения

каждого используемого инструмента по всем переходам.

4 Рассчитать координаты опорных точек каждой траектории от нуля детали. Результаты свести в таблицу.

5 Оформить отчет.

### ***Содержание отчета***

1 Тема.

2 Цель работы.

3 Эскиз детали.

4 Состав технологических переходов токарной операции.

5 Описание инструмента с указанием позиций инструментального магазина, параметров инструмента (наименование, ГОСТ, материал режущей части, диаметр и вылет для осевого инструмента)

6 Эскизы переходов с траекторией движения (по согласованию с преподавателем).

7 Таблица координат опорных точек траектории движения по осям  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ .

8 Выводы о проделанной работе.

### ***Контрольные вопросы***

1 Поясните состав технологических переходов сверлильной операции с ЧПУ?

2 Поясните систему координат сверлильного станка и систему координат обрабатываемой детали, их связь.

3 Перечислите информацию для оформления операционных эскизов.

4 Поясните методику расчета координат опорных точек траектории движения инструмента.

## **8 Лабораторная работа № 8. Разработка управляющей программы обработки детали на сверлильном станке с числовым программным управлением**

***Цель работы:*** научиться программировать обработку отверстий на сверлильном станке с УЧПУ.

### ***Общие сведения***

Основные подготовительные функции:

G60–G69 – режимы позиционирования к заданной точке (центр обрабатываемого отверстия);

G60 – точное позиционирование;

G62 – позиционирование с ускоренного хода – грубое позиционирование;

G81–G89 – группа постоянных циклов для обработки отверстий,

где G81 – цикл сверления или центрования;  
 G82 – цикл сверления или центрования с паузой в конце рабочего хода;  
 G83 – цикл глубокого сверления;  
 G84 – цикл нарезания резьбы;  
 G85–G88 – циклы чернового и чистового растачивания;  
 G89 – цикл развертывания;  
 G80 – отмена постоянных циклов;  
 G54–G59 – группа циклов смещения нуля («плавающий нуль»);  
 G53 – отмена смещения нуля;  
 G90, G91 – система отсчета перемещений абсолютная или относительная соответственно.

Выбор вспомогательных функций для обработки отверстий осуществляется аналогично рассмотренным ранее видам обработки.

### ***Порядок выполнения работы***

- 1 Используя разработанную расчетно-технологическую карту при выполнении лабораторной работы № 7, выбрать необходимые подготовительные и вспомогательные функции для переходов сверлильной операции с ЧПУ.
- 2 Определить режимы резания для каждого перехода табличным методом.
- 3 Запрограммировать траекторию движения каждого инструмента, используя постоянные циклы сверлильной операции.
- 4 Оформить отчет.

### ***Содержание отчета***

- 1 Тема и цель работы
- 2 Эскиз детали в двух проекциях с траекторией движения каждого используемого инструмента.
- 3 Текст УП обработки детали.
- 4 Выводы о проделанной работе.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Поясните систему координат сверлильного станка и систему координат детали, их связь.
- 2 Дайте понятие «плавающего нуля», обоснуйте расчет смещения нуля станка.
- 3 Опишите последовательность технологических переходов сверлильной операции, от чего зависит их состав.
- 4 Поясните функции позиционирования, их назначение.
- 5 Поясните выбор постоянных циклов сверлильной операции, их назначение.
- 6 Приведите расчет параметров постоянных циклов  $R$ ,  $Z$ ,  $W$ .

## 9 Лабораторная работа № 9. Разработка управляющей программы обслуживающего робота в составе робототехнического комплекса

**Цель работы:** научиться разрабатывать управляющие программы для обслуживающего робота в составе РТК.

### *Краткие теоретические сведения*

Символы для разработки УП:

$N$  – номер кадра УП

$G$  – код функции геометрической информации:

( $F$  – код скорости подачи);

$P$  – значения координат конечной точки перемещения по осям  $x$ ,  $z$ ,  $A$ ,  $B$ ,  $C$

$x/z$  – перемещение руки робота вправо-влево или вверх–вниз в диапазоне 150 мм;

$A$  – движение руки робота вперед и вниз в диапазоне 90°;

$B$  – движение руки в горизонтальной плоскости в диапазоне 180 °С – движение руки вбок и вниз в диапазоне 120°;

$S$  – код функции логических действий;

$\alpha$  – вращение кисти робота дискретно на четыре положения: 0°, 90°, 180°, 270°

$G$ –функции:  
 $G00$  – кодирует кадры I типа, отвечающие за геометрическую информацию перемещения робота по координатным осям  $x/z$ ,  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ;

$G98$  – кодирует кадры II типа, отвечающие за логическую информацию – анализ, организацию циклов работы и др;

$S$  – функции в количестве ста наименований приведены в [1].

### *Порядок выполнения работы*

1 Изучив исходные данные, составить блок-схему алгоритма работы робота в составе РТК.

2 Изучив команды для программирования геометрической и логической информации, составить текст управляющей программы с комментариями по каждому кадру.

### *Содержание отчета*

- 1 Тема и цель работы.
- 2 Используемое оборудование и исходные данные.
- 3 Блок-схема алгоритма работы промышленного робота.
- 4 Текст УП работы робота с комментариями.
- 5 Выводы.

### ***Контрольные вопросы***

1 Назовите виды программного управления промышленными роботами, поясните целесообразность использования каждого вида.

2 Перечислите функции для программирования логической и геометрической информации, управляющей работой ПР, их обозначение, назначение и особенности.

### **Список литературы**

1 **Жолобов, А. А.** Программирование процессов обработки поверхностей на станках с ЧПУ / А. А. Жолобов, Ж. А. Мрочек. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т. – 2009. – 339 с.

2 **Серебrenицкий, П. П.** Программирование для автоматизированного оборудования / П. П. Серебrenицкий, А. Г. Схиртладзе. – Москва: Высшая школа, 2003. – 592 с.

3 **Дулькевич, А. О.** Токарная и фрезерная обработка. Программирование системы ЧПУ НААС в примерах / А. О. Дулькевич. – Минск: РИПО, 2016. – 70 с.

4 **ГОСТ 2099–78.** ЕСТД. Символы кода ИСО для станков с числовым программным управлением. – Москва: Изд-во стандартов, 2009. – 14 с.

5 **ГОСТ 20523–80.** ЕСТД. Устройства числового программного управления станками. Термины и определения. – Москва: Изд-во стандартов, 1987. – 10 с.

6 **ГОСТ 3.1418–86.** ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции с ЧПУ. – Москва: Изд-во стандартов, 2003. – 10 с.

7 **ГОСТ 3.1702–79.** ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием. – Москва: Изд-во стандартов, 2003. – 7 с.