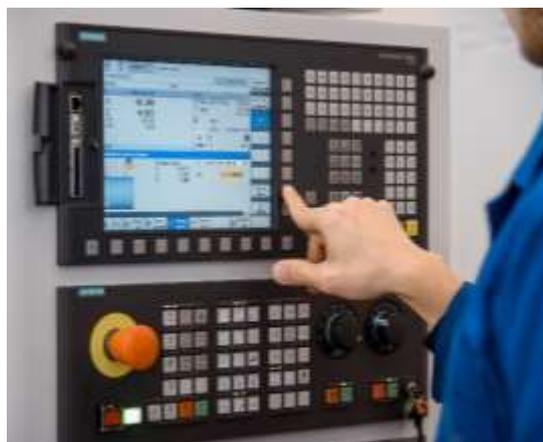


**МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ
ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ТВЕРСКОЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ**



**Методические указания к выполнению
практической работы по специальной дисциплине
«Программирование для автоматизированного оборудования»**

Методическая работа № 2.

Тема: Основные правила и методы разработки управляющих программ (далее УП), на металлорежущее оборудование с числовым программным управлением (далее ЧПУ).

Разработано для обучающихся очной формы обучения
по специальности: - 15.02.08 «Технология машиностроения»
и других специальностей

Тверь 2023

ОДОБРЕНО

ЦМК 15.02.08

Протокол № 6 от «20» 02 2023

Председатель ЦМК

Г.Б. Иванова / 

Составитель: Н. М. Камызин – преподаватель ГБПОУ ТМК

Рецензенты:

- зам. Директора по УМР ГБПОУ ТМК Архарова Злата Валентиновна;
- заместитель главного технолога ОАО «ТВЗ» Новиков Александр Львович.

Методическое пособие к выполнению практической работы по специальной дисциплине «Программирование для автоматизированного оборудования»

Практическая работа № 2. Тема: Основные правила и методы разработки управляющих программ (далее УП), на металлорежущее оборудование с числовым программным управлением (далее ЧПУ) .

Тверь: ГБПОУ ТМК, 2023. – 70 с.

Методическое пособие предназначено для ознакомления с правилами и методами составления управляющих программ для станка с ЧПУ оснащенного системами числового программного управления разного рода производств.

Рассмотрены основы программирования и написания УП для оборудования с ЧПУ на примере наиболее распространенных российских систем.

Учебное пособие предназначено для студентов технических специальностей средних учебных заведений, а также может быть полезно инженерно-техническим работникам, занимающимся повышением квалификации.

В работе представлены методы разработки технологической операции механической обработки деталей на токарный станок с ЧПУ.

Предусматривает освоение обучающимися общепрофессиональной дисциплины: ОП.10. «Программирование для автоматизированного оборудования»

Пособие предназначено для студентов и преподавателей ГБПОУ ТМК.

@ ГБПОУ ТМК, 2023 г.

@ Н. М. Камызин, 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Предисловие.....	4
2 Основная часть.....	5
2.1 Общие сведения по дисциплине «Программирование на устройства ЧПУ для автоматизированного оборудования»	5
2.2 Технические характеристики УЧПУ NC-201 ... NC-230.....	6
3 Подготовка и разработка УП.....	8
3.1 Управляющая программа.....	8
3.2 Общие требования к содержанию УП.....	9
3.3 Информация УП для токарной группы станков с ЧПУ.....	11
3.4 Назначение в УП символов и буквенно-цифровых кодов.....	12
3.5 Содержание кадра УП.....	13
4 Назначение G кодов для исполнительных механизмов станков с ЧПУ.....	15
5 Программирование режимов резания и функций автоматики станка.....	16
5.1 Программирование адресных слов	18
5.2 Программирование G функций.....	26
6 Программирование технологических циклов.....	30
6.1 Постоянные циклы.....	30
6.2 Цикл нарезания резьбы резцом.....	33
7 Основные циклы токарной обработки системы УЧПУ NC-210.....	39
7.1 Многопроходная «Осепараллельная» черновая обработка.....	39
7.2 Черновая обработка с последующей получистовой обработкой	41
7.3 Черновая обработка параллельно профилю детали.....	41
8. Составление УП на токарную операцию с ЧПУ детали «Цапфа».....	41
8.1 Исходные данные для составления УП	41
8.2 Последовательность составления УП	44
8.3 Вариант составления УП на токарную операцию с ЧПУ обработки детали «Цапфа».....	53
Заключение	60
Контрольные вопросы	61
Список используемых источников	62
ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное) Термины общетехнических понятий, относящихся к металлообрабатывающим станкам с ЧПУ.....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное) Кодирование подготовительных функций G по ГОСТ 20999-83.....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное) Кодирование вспомогательных функций M по ГОСТ 20999-83.....	68
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное) Структура управляющей программы Основные термины и понятия.....	69

1 Предисловие

Методическое пособие на тему: Основные правила и методы разработки управляющих программ (далее УП) на металлорежущее оборудование с числовым программным управлением (далее ЧПУ). Пособие является частью работы по изучению темы специальной дисциплины «Программирование для автоматизированного оборудования» специальности 15.02.08 «Технология машиностроения».

Определение «Обработка на станках с ЧПУ» строится на том, что это производственный процесс, в котором обычно используются компьютеризированные элементы управления и станки для удаления материала из заготовки. Этот процесс подходит для различных материалов, включая металлы, пластмассы, дерево, стекло, пену и композиты, и находит применение в различных отраслях промышленности

Цель настоящего пособия – углубить навыки и умения по составлению управляющих программ для оборудования с ЧПУ.

Приведены примеры по программированию обработки конструктивных элементов деталей: фасок, скруглений, галтелей, канавок, отверстий и других элементов на станках с ЧПУ российского производства.

Данная методическая работа является продолжением методической работы № 1 в которой изложены основы подготовки материалов для выполнения кодирования и составления УП для конкретной детали.

В методической работе № 2 (см. приложения), рассмотрены вопросы:

- назначения режущего и вспомогательного инструмента для установки на станок с ЧПУ для каждого перехода;
- определения координат опорных точек для траекторий движения режущих инструментов;
- составления расчетно-технологической карты и карту наладки станка с ЧПУ как основного документа для составления УП.

2 Основная часть

2.1 Общие сведения по дисциплине «Программирование на устройства ЧПУ для автоматизированного оборудования»

Под системой ЧПУ понимается совокупность специализированных устройств, методов и средств, необходимых для осуществления управления станком (ГОСТ 20523-75).

Термины общетехнических понятий, относящихся к металлообрабатывающим станкам с ЧПУ, приведены в ПРИЛОЖЕНИИ А

Устройство ЧПУ представляет собой часть этой системы и конструктивно выполняется в виде отдельного блока, который может быть встроен непосредственно в станок.

Уровень реальной системы ЧПУ определяется степенью реализации целого ряда функций при управлении оборудованием, а именно:

- приводами подач;
- приводом главного движения;
- технологическими узлами дискретного действия;
- коррекциями на размер инструмента;
- реализацией постоянных циклов;
- сменой инструмента;
- коррекцией погрешностей устройств объекта управления;
- наличием автоматического встроенного контроля;
- связью с оператором.

В работе (для составления УП на различные модели станков с ЧПУ) принято одно из устройств ЧПУ российского производства (Санкт-Петербург) модель NC-210.

Данное УЧПУ по своим техническим характеристикам не уступает зарубежным аналогам.

2.2 Технические характеристики УЧПУ NC-201.....NC-230

а) Система ЧПУ NC-201 (NC-110, NC-200, NC-210 и т.д.) является российской разработкой и предназначена для управления различными станками (токарными, сверлильными, фрезерными, многоцелевыми).

Панель пульта оператора УЧПУ NC-210 выполнена на рисунке 1, топология (Информация) видеостраницы экрана представлена на рисунке 2.



Рисунок 1 – Панель пульта оператора

б) Основные характеристики системы NC - 210:

- 2-16 управляемых осей: восемь осей в линейной интерполяции, две оси с перемещением от точки к точке, одна ось шпинделя;
- управление одновременно до восьми осей, из которых 8 непрерывных и скоординированных и 2 - от точки к точке;

- плоскость круговой интерполяции может быть применена к любой паре осей;
- винтовая интерполяция;

УПРАВЛЕНИЕ СТАНКОМ				Время/Дата			#1
Строка ввода/редактирования							
ФАКТ	ПРОГРАМ	КО	НТ	ИМЯ ПРОГРАММЫ	RPT	EPP	КАДР №
X+xxxxx.xxxx	+xxxxx.xxxx	A	00a	XXXXXX/MPx	xx xx xx	xxxxxx	xxxx
Y+xxxxx.xxxx	+xxxxx.xxxx	O	00a	XXXXXX/MPx	xx xx xx	xxxxxx	xxxx
Z+xxxxx.xxxx	+xxxxx.xxxx	Ш	00a	XXXXXX/MPx	xx xx xx	xxxxxx	xxxx
A+xxxxx.xxxx	+xxxxx.xxxx		00a				
Строка вывода выполняемого кадра УП				Окно для: <ul style="list-style-type: none"> • текста УП с бегущей строкой; • выбора активной УП. <ol style="list-style-type: none"> 1. Использовать клавиши «PgUp» или «PgDn» для движения курсора по именам программ 2. Использовать клавишу «ENTER» для выбора УП, на имени которой расположен курсор 3. Имена программ в это окно выводятся из каталога, указанного в инструкции NDD файла характеристики PGCFIL. 			
F xxxxx.xxxx 000.0% xxxxx.xxx +000.0% S xxxxx.xxxx 000.0% xxxxx.xxxx T xxxx ▾ yuyu T zzzz ▾ vvvv L +xxxxx.xxxx K +xxxxx.xxxx P +xxxxx.xxxx				ESE= MBR UAS USB UAV=0 MUSP IDLE URT=+0.000 RAP URL UVR UEP COMU LEDS URP=+0.000 RCM USO VOL UCV=0 CEFA LEDH			
G xx xx xx xx xx xx xx xx xx xx xx xx xx xx xx xx				Сообщения из УП			
M xx xx xx xx xx xx xx xx xx xx xx xx xx xx xx xx				Сообщения 4 xx			
JOG=xxxxx.xxxx D=xxxxx.xxxx				Сообщения 5 xx			
1 Процесс	2 Видео страница	3 Смешенне кор-ра	4 Ввод кор-ра	5 Послать в логику	6 Перенос кадра	7	8

Рисунок 2 – Топология (Информация) видеостраницы

- сочетание круговой интерполяции с линейными и вращательными движениями;
- точность интерполяции в пределах одного микрометра (мкм) на метр радиуса;
- датчики установки положения: энкодер (разрешающая способность 0,1 мкм), оптические линейки;
- автоматическое управление векторной скоростью на профиле;
- управление ускорением и замедлением при круговой интерполяции;
- автоматическое замедление на углах;
- динамическая оптимизация скорости на профиле;
- память конфигурируемого перехода (максимально 64 кадра) для непрерывной обработки.

Система может быть достаточно легко и быстро настроена на конкретный станок путем изменения файлов конфигурации. СЧПУ позволяет осуществлять программирование в G-кодах и, в дополнение к требованиям ГОСТ 20999-83, имеет встроенные технологические циклы, GTL – язык, и средства визуального программирования.

в) Основные задачи, решаемые системами ЧПУ.

Оборудование, оснащённое системами ЧПУ, решает следующие задачи:

- ввод и хранение системного программного обеспечения;
- ввод и хранение управляющих программ в энергонезависимом устройстве;
- возможность устройства ЧПУ выполнять расчет промежуточных точек с заданной точностью (интерполяция), и преобразовывать информацию в виде сигналов приводам подач;
- управление приводами подач включая дополнительные режимы согласования истинного положения рабочих органов с системой управления, выходом в ноль станка, управление торможением и др.;
- управление приводом главного движения (включение, выключение, управление углом поворота, стабилизация скорости).

Количество кодов и циклов достаточно обширны. Коды различаются в зависимости от типа, марки и модели станка. Каждый станок поставляется с инструкцией по эксплуатации, которая показывает код данной машины для конкретной функции.

3 Подготовка и разработка УП на УЧПУ NC-210 (MC-210).

3.1 Управляющая программа.

В общем понимании УП это совокупность команд на языке программирования, для обработки заготовки и получения конкретной детали. УП ЧПУ состоит из:

- номера программы;
- кадров УП;
- слов;
- адресов;
- комбинаций чисел (для адресов осей, частично со знаком).

При разработке управляющей программы необходимо:

- разработать операционную технологию с расчетом режимов резания и определением траекторий движения режущих инструментов;
- определить координаты опорных точек для траекторий движения режущих инструментов;
- составить расчетно-технологическую карту и карту наладки станка;
- закодировать информацию;
- нанести информацию на программ носитель и переслать в память устройства ЧПУ станка или вручную набрать на пульте устройства ЧПУ;
- проконтролировать и при необходимости исправить программу.

Для программирования обработки конкретной детали и операции на станке с ЧПУ необходимо ознакомиться и иметь для выполнения работы документы:

- чертеж детали;
- руководство по эксплуатации станка с ЧПУ;
- инструкция по программированию на данное УЧПУ;
- каталог режущих инструментов (предпочтительно режущий инструмент и неперетачиваемые пластины твердого сплава или другого материала по ГОСТ);
- нормативы режимов резания и расчеты норм времени на станки с ЧПУ.

3.2 Общие требования к содержанию УП

В соответствии с международными стандартами и ГОСТ 20999-83 структура УП в общем случае подчиняется следующим правилам:

- обозначения кодовых позиций символов по ГОСТ 13052-74 указаны в ПРИЛОЖЕНИЕ А таблица 1 – 4;
- в тексте УП должна содержаться геометрическая, технологическая и вспомогательная информация, которая необходима для проведения заданной обработки (см. Методическую работу № 1).
- 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 УП 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 УП необходимо присвоить обозначение, то его располагают в кадре с символом «начало программы» непосредственно за символом.

- если текст УП необходимо сопроводить комментарием, например сведениями об особенностях наладки станка, то его размещают перед символом «начало программы».

В первом кадре обычно программируется информация:

- о замене инструмента (пример T...M06);
- сообщение оператору (пример N1(DIS, " "));
- замена инструмента и ввод номера корректора и скорости вращения шпинделя станка (пример N2T1.1 M6 S800);
- перемещение инструмента (суппорта) на быстром ходу (G0 или G) в точку начала обработки, (Z80 X80), включение вращения шпинделя по часовой стрелке и подача охлаждения (M13) см. рисунок 3;

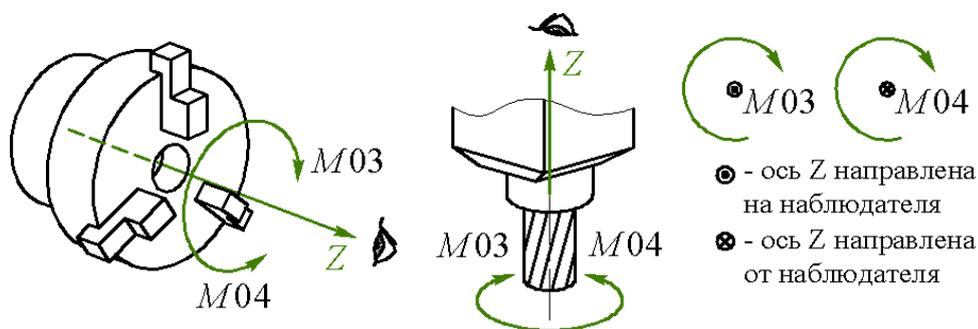


Рисунок 3 - Определение направления вращения шпинделя при использовании функций M03 и M04

- пример N3G Z80 X80 M13

- в конце обработки необходимо установить механизмы станка в позицию, удобную для демонтажа детали (см. кадр N236....);

- затем следует остановить вращение шпинделя и охлаждающий поток и осуществить управление автоматической установкой («СБРОС») программы при помощи функции M30.

.....

N236 G Z250 X50 M5

N237 M30

- в УП можно вставить сообщение, заключённое в кавычки и предназначенное для оператора станка. Это сообщение программируется трёхбуквенным кодом следующим образом:

- (DIS, "текст сообщения"). Текст сообщения не должен превышать 32 символа.

- УП должна заканчиваться символом «конец программы», подающим системе управления сигнал на прекращение выполнения УП, останов шпинделя, приводов подач и выключение охлаждения. Информация, помещенная в тексте УП после этого символа не должна восприниматься системой ЧПУ.

Пример начала и конца УП:

%

N1 (DIS , «валик № 34.31.265»)

N 2 T1 . 1 M 6 S 800

.....

.....

N 230 M30

%

В примере кадр УП N230 и команда M30 означает «Конец программы»

3.3 Информация УП для токарной группы станков с ЧПУ

Чтобы написать программу для оборудования с числовым программным управлением, нужно придерживаться определенных правил:

- деталь рассматривают как геометрическое тело;

- взаимодействие инструмента и заготовки должно учитывать их одновременное перемещение относительно друг друга;
- траектория рабочего инструмента задается его центром;
- инструмент перемещается из одной области в другую, причем эти области могут быть дугами, кривыми, прямыми;
- точки пересечения областей (опорные, или узловые точки) включаются в качестве координат в управляющую программу;
- УП создается покадрово, где каждому кадру соответствует описание.

Структура УП для станков с ЧПУ выполнена на рисунке 4



Рисунок 4 - Структура записи УП «УЧПУ MC-210 (NC-210)»

3.4 Назначение в УП символов и буквенно-цифровых кодов

При написании управляющей программы используется код ISO-7bit. В коде ISO даны следующие рекомендации по применению букв сокращённых слов и знаков:

X, Y, Z – координаты или перемещения по осям X, Y, Z;

A, B или C – вращение вокруг осей X, Y, Z или осей параллельных им;

U, V или W – относительные перемещения параллельно осям X, Y, Z;

I, J, K – начальные координаты (соответственно по осям X, Y, Z), дуги окружности относительно её центра;

S, P, Q или R – дополнительные параметры перемещения по осям X, Y, Z;

– / + – направление перемещения;

G – подготовительная функция, определяющая режимы работы устройства ЧПУ. Подробная информация смотри ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное);

M – вспомогательная функция, осуществляющая специальные технологические команды. Подробная информация смотри ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное);

N – номер кадра;

F – подача;

S – скорость главного движения;

T – номер инструмента.

3.5 Содержание кадра УП

Управляющую программу рекомендуется составлять таким образом, чтобы в кадре записывалась только та геометрическая, технологическая и вспомогательная информация, которая изменяется по отношению к предыдущему кадру.

Программа состоит из последовательности кадров, которые позволяют описать цикл обработки. Каждый кадр - это последовательность слов, определяющих операции, которые необходимо выполнить. Каждый кадр должен заканчиваться символом «Enter» (ISO). Максимальная длина кадра - 128 символов.

Символы, используемые для составления кадра, приведены ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное) таблица 1.

а) Символ

Символ - это число, буква или знак, используемые для выражения информации.

Пример: I, G, %, 3, X, LF ...

б) Адрес

Адрес представлен буквой, которая определяет тип инструкции.

Пример: G,Z,X,F

в) Слово

Слово состоит из адреса, за которым следует цифровое значение.

Пример: ...N005 T01G01G96.Z50.5. X-3.15. F200.

Все цифровые значения, которые записаны за адресным словом, выражены своей системой измерения. В общем случае нули в начале и в конце могут быть

опущены. Если величины имеют десятичную часть, она должна быть записана после десятичной точки.

г) Подготовительные (основные) команды

Подготовительные (основные) команды языка начинаются с буквы G. Включают такие действия, как:

- G00-G03 Позиционирование инструмента;
- G04 Выдержка времени;
- G17-G19 Переключение рабочих плоскостей (XY, XZ, YZ);

Примечание: для токарных станков с ЧПУ имеющих две координаты данные функции не используются.

- G20-G21 Не стандартизовано;
- G40-G44 Компенсация размера частей инструмента (длина, диаметр);

Программирование коррекции инструмента длины и радиуса вносятся в память УЧПУ на присвоенный номер. Таким образом система ЧПУ автоматически учитывает размеры инструментов. Пример определения размеров инструмента в системе координат инструмента выполнен на рисунке 5.

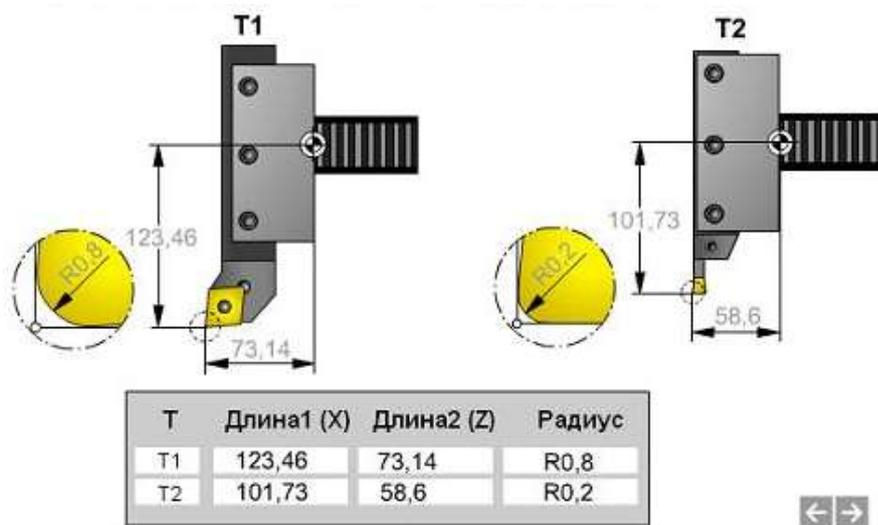


Рисунок 5 - Координаты инструмента

- G53-G59 Переключение систем координат на детали;
- G80-G84 Циклы сверления, нарезания резьбы;
- G90-G91 Переключение систем координат (абсолютная, относительная);

4 Назначение G кодов для исполнительных механизмов станков с ЧПУ

Устройство ЧПУ NC-210 при первоначальном включении станка обеспечивает выполнение следующих G функций (см. таблица 1).

Таблица 1- Выполнение G функций при первоначальном включении станка

Код	Действительна только в кадре	Функция
G00	нет	Быстрое позиционирование осей
G17	нет	Функция задания плоскости XY(1-2 оси)
G27	нет	Непрерывный режим обработки с автоматическим замедлением скорости на углах
G20	нет	Выход из программы GTL
G40	нет	Отмена компенсации радиуса инструмента
G71	нет	Программа в мм
G80	нет	Отмена постоянных циклов
G90	нет	Абсолютное программирование
G95	нет	Скорость подачи в мм/об или дюйм/об
G96	нет	Скорость резания в м/мин или фут/мин

Примечания:

а) Выдержка времени программируется трёхбуквенным кодом TMR:

$$TMR = n,$$

где n - выражено в секундах при G94 и в количестве оборотов шпинделя при G95.

б) Представляется возможным программировать несколько функций G в одном и том же кадре, с учётом их совместимости.

Система NC-201 допускает применение четырёх типов кадров:

- комментирующие кадры;
- кадры ISO;
- кадры назначения;
- кадры с трехбуквенными кодами.

Комментирующий кадр дает возможность программисту вводить в программу фразы (комментарии), делая, таким образом, программу более легко читаемой. Такой кадр не выдает сообщений на дисплее и не учитывается в стадии выполнения программы.

В общем случае комментирующий кадр состоит из последовательности алфавитно-цифровых символов, из которых первым элементом в обязательном порядке должен быть символ точка с запятой «;».

Кадры ISO — это кадры, операторы которых предусмотрены стандартом ISO.

Пример: G1 X500 Y20 F200:

Кадры назначения (присвоения) непосредственно из программы пользователя позволяют определить величину нескольких глобальных параметров системы.

Впоследствии, эти параметры могут быть использованы в других кадрах того же или другого класса. В зависимости от типа переменных, кадры назначения могут быть подразделены на три класса:

- кадры назначения с переменными вычисления;

пример: E30 = 28.5;

- кадры назначения с геометрическими переменными;

пример: p2 = X10 Y25;

- кадры назначения с глобальными переменными системы;

пример: 197 UOV=1.5.

Кадры с трехбуквенными кодами — это кадры, в которых тип операции, выполнение которой предусмотрено, определен трехбуквенной командой (кодом), согласованной со стандартом EIA 1177 В.

Трехбуквенная команда со всеми переменными заключается в скобки.

Пример: (URT,45).

5 Программирование режимов резания и функций автоматки станка

К функциям автоматки станка относятся:

- поиск и смена инструмента;
- назначение скорости и направление (по часовой или против часовой стрелки) вращения шпинделя;
- назначение подачи;
- включение охлаждения;
- зажим-разжим направляющих станка и др.

а) Скорость шпинделя станка задается словом S (от англ. SPINDL), в котором указывается величина скорости привода главного движения. Программируется от 0.01 до 99999.99.

Может выражать:

- число оборотов/мин шпинделя (если в программе задана подготовительная функция G97);

- скорость резания в м/мин (для G96).

Существует дополнительная переменная действующая совместно с G96 – SSL. Она позволяет определить предельную скорость шпинделя. Это является необходимым в случае, когда система выполняет контроль постоянства скорости резания (G96):

SSL = 200 - устанавливает максимальную скорость шпинделя 200 об/мин;

SSL = 1500 - устанавливает максимальную скорость шпинделя 1500 об/мин.

При обработке в режиме постоянства скорости резания (G96) необходимо всегда программировать SSL до первого программирования функции G96 совместно с функцией S.

Пример: N15G97 S1200 M04 устанавливает 1200 число оборотов/мин шпинделя, и одновременное включение вращения шпинделя (M04) против часовой стрелки.

Пример: N24SSL=1500

N25G96 S120 M03 устанавливает постоянную скорость резания в 120 м/мин, и одновременное включение вращения шпинделя (M03) по часовой стрелке.

б) Скорость подачи задается словом F (от англ. FEED), в котором указывается значение подачи после адреса G. Программируется от 0.01 до 99999.99.

Пример:

N035G94F50 – устанавливает величину подачи 50 мм/мин

N055G95F0,25 – устанавливает величину подачи 0,25 мм/об

в) Номер устанавливаемого инструмента задается словом T (от англ. TOOL), в котором задается № требуемого для обработки инструмента и номер коррекции для

данного инструмента. Программируемая величина: от 1.0 до 9999.9999. Цифры перед десятичной точкой определяют инструмент, после – номер корректора.

Число коррекций определяется в фазе установки. Коррекция приводится в действие при помощи функции M06 (смена инструмента).

Величины коррекции относятся к длине и диаметру инструмента. Корректировка длины инструмента может быть применена к любой оси станка. Выбор зависит от названия оси, к которой присоединена корректировка длины. Корректировка длины приводится в действие без использования других подготовительных функций.

Пример:

N12G97S250G95F0.3T3.3M06M03 – устанавливает;

G97S250M03 - 250 об/мин вращение шпинделя по часовой стрелке;

G95F0.3 - 0,3 мм/об величину подачи инструмента;

T3... M06 - поиск и установка инструмента под №3;

T...3M06 - включением корректора на длину инструмента под №3.

Корректировка диаметра инструмента, вызванная одновременно с корректировкой длины, приводится в действие при помощи функций компенсации радиуса инструмента G41/G42 (это применяется при фрезерной обработке).

г) Остальные функции программируются "вспомогательными" командами M. Состав и значения функций M определяются особенностями конкретного станка.

Примечание: назначение и кодирование вспомогательных функций M по ГОСТ 20999-83 смотри «ПРИЛОЖЕНИЕ В».

5.1 Программирование адресных слов

Значения управляющих символов и знаков координатных осей A, B, C, U, V, W, X, Y, Z, R, Q, D смотри в ПРИЛОЖЕНИИ Г.

а) Координаты программируются в миллиметрах или дюймах от +/- 0.0001 до +/- 99999.9999. Любая ось может быть объявлена осью вращения. Программируемая величина от +/- 0.0001 до +/- 99999.9999 градусов.

б) адресное слово R:

определяет в постоянном цикле величину перемещения до точки начала обработки отверстия или величину возврата к этой точке. Программируемая величина от $+(-) 0.0001$ до $+(-) 99999.9999$ миллиметров или дюймов. В кадре нарезания резьбы R представляет сдвиг фаз, относительно угловой позиции нуля шпинделя (для многозаходной резьбы).

в) адресные слова I, J:

выражают координаты центра окружности при круговой интерполяции, для токарных станков соответственно:

- I - абсцисса значение по оси X;
- J – ордината значение по оси Z.

Программируемая величина от ± 0.0001 до ± 99999.9999 миллиметров или дюймов. Используемыми символами являются I и J, независимо от плоскости интерполяции. Символы I и J используются также в постоянном цикле сверления (G83). Символ I в кадре нарезания резьбы определяет изменение шага нарезания резьбы с изменяющимся шагом: (I+) - для увеличивающихся шагов, (I-) - для уменьшающихся шагов.

г) адресное слово K:

- определяет коэффициент умножения для обработки глубины отверстия I в G83 (постоянный цикл глубокого сверления с разгрузкой стружки).

- определяет шаг резьбы, который необходимо выполнить в G33 (нарезание резьбы) и в G84 (нарезание резьбы метчиком).

- определяет в винтовой интерполяции шаг винта.

- определяет величину корректировки диаметра инструмента.

Программируемая величина от ± 0.0001 до ± 99999.9999 миллиметров или дюймов.

5.2 Программирование G функций

а) Программирование функции G00 - быстрое позиционирование.

Функция G0 (ускоренное перемещение в заданную точку рисунок б) - определяет линейный тип движения, скоординированный по всем осям запрограммированным в кадре.

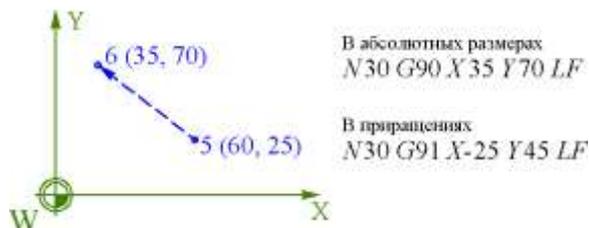


Рисунок 6 - Пример записи быстрого позиционирования в кадре УП

Пояснения к назначению команд:

- [другие функции G] — все другие функции G, совместимые с G00;
- [оси координат] — представлены символом оси, за которым следует числовое значение в явной или неявной форме;
- могут присутствовать восемь осей максимально, они не должны быть взаимно переключаемыми;
- [номера корректоров на положение инструмента]— коэффициенты коррекции на плоскости (u, v, w);
- [скорость подачи] — рабочая подача для скоординированных перемещений. Она запоминается, но не выполняется. Скорость подачи в кадре с функцией G00 определяется на базе скоростей быстрого хода. Код G00 отменяется кодами: G01, G02, G03.

б) программирование вспомогательных команд

- [вспомогательные команды] — вспомогательные функции M, S и T.

В одном кадре можно программировать до четырёх функций M и по одной функции S и T. В квадратные скобки заключены необязательные параметры.

в) программирование функции G01 - линейная интерполяция или программирование линейных перемещений в абсолютной системе координат.

Линейная интерполяция (G01) определяет линейное одновременное движение, скоординированное по всем осям.

Формат кадра при задании линейной интерполяции имеет следующий вид:

N... G01 ... X... Y... Z... F... LF

Все движения запрограммированы в кадре с заданной скоростью обработки F.

В качестве примера рассмотрим программирование чистовой обработки детали, выполненной на рисунке 4 в **абсолютной системе координат**.

(Функция G90 при первом включении станка активизирована).

Определение траектории движения инструмента, рисунок 7 и составление таблицы опорных точек (таблица 2).

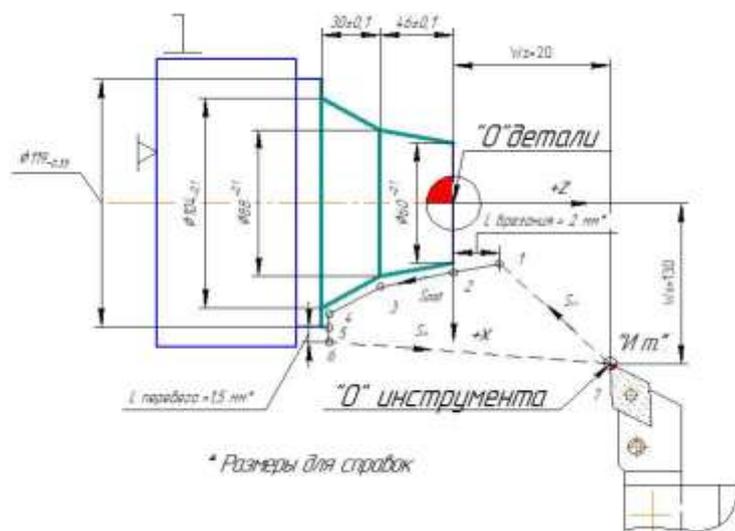


Рисунок 7 - Чистовая обработка детали

Таблица 2 – Координаты опорных точек

№ точки	Координата X	Координата Z
«Ит»	260 (R=130)	20
1	59.42	2
2	60	0
3	88	-46
4	104	-76
5	119	-76
6	122	-76

На основании данных таблицы 2 и требований по пункту 5 формируется УП:

%

N1 (DIS , «текст сообщения»)

N5 T1.1 M6 - устанавливаем первый инструмент и корректор № 1

N10 SSL=2200 - вводится ограничение числа оборотов n_{max} (2200 об/мин)

N15 G95G96 F0.1 S140 M13 - устанавливаем постоянную скорость резания 140 м/мин, подачу 0,1 мм/об, включаем подачу СОЖ и правое (по часовой стрелке) вращение шпинделя;

N20 G00 X59.42 Z2 - ускоренно перемещаемся в точку 1

После определения траектории перемещения инструмента составляем таблицу опорных точек (таблица 3).

Таблица 3 – Координаты опорных точек

№ точки	Координата X	Координата Z
«И.т.»	260	20
1	59.42	2
2	60	0
3	80	-46
4	52	-61
5	150	-70
6	153	-70,276
7 (И. т)	260	20

На основании данных таблицы 3 формируем УП:

.....

N7 G00 X59.42 Z2 - ускоренно перемещаемся в точку 1;

N8 G01G91 U20.58 W-48; выполняем обработку на рабочей подаче вдоль траектории от точки 1 до точки 3;

N11 U-28.W-15; выполняем обработку на рабочей подаче вдоль траектории от точки 3 до точки 4;

N12 U101.W-9.276; выполняем обработку на рабочей подаче вдоль траектории от точки 4 до точки 6;

N13 G00G90 X130 Z20 - ; ускоренно перемещаем инструмент в точку «И.т.».

д) Программирование круговой интерполяции (G02-G03)

Круговая интерполяция (G02-G03) определяет круговое движение по часовой стрелке (G02) или против часовой стрелки (G03).

Для кодирования круговой интерполяции в кадре должны быть указаны следующие данные:

а. Плоскость интерполяции, задаваемая функциями G17, G18, G19, которые соответствуют координатным плоскостям XY, XZ, YZ (рисунок 8). Положение центра окружности, который задается параметрами I, J (для плоскости XY), I, K (для плоскости XZ), J, K (для плоскости YZ) рисунок 9.

Для ряда станков с ЧПУ (например, токарных) плоскость интерполяции задана по умолчанию и в кадре УП не записывается.

б. Координаты конечной точки интерполяции в абсолютных размерах или в приращениях.

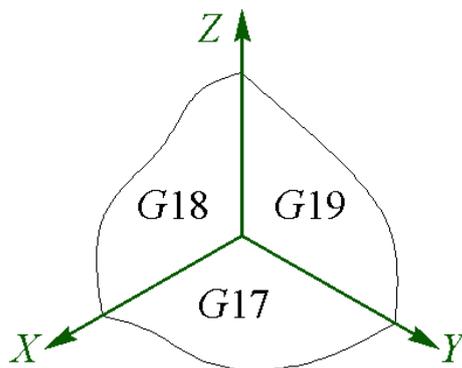


Рисунок 9 - Плоскости интерполяции и соответствующие им подготовительные функции

Параметры I, J, K можно рассматривать как координаты центра кривизны дуги относительно ее начальной точки соответственно вдоль осей X, Y, Z (рисунок 10).

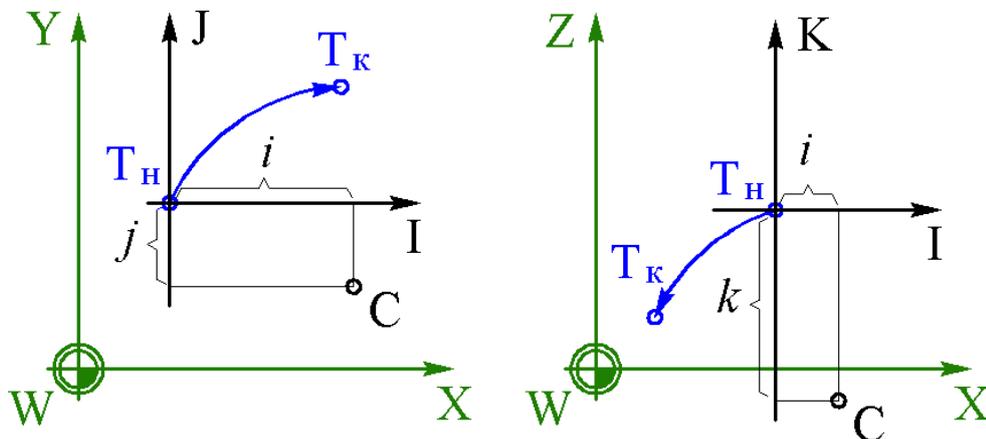


Рисунок 10 - Нахождение значений параметров I, J, K при круговой интерполяции

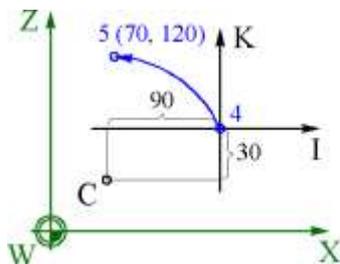
Формат кадров для круговой интерполяции в общем случае имеет вид:

$N... G02 (G03) G17 ... X... Y... I... J... LF$

$N... G02 (G03) G18 ... X... Z... I... K... LF$

$N... G02 (G03) G19 ... Y... Z... J... K... LF$

Пример записи кадра, в котором задана круговая интерполяция, приведен на рисунке 11.



N25 G02 G18 G90 X70 Z120 I-90 K-30 LF

Рисунок 11 - Пример записи круговой интерполяции в кадре УП

Пояснения к назначению команд:

- [оси координат] представлены символом оси и цифровым значением в явной или неявной форме (параметр E).

Если ни одна ось не запрограммирована или координаты прибытия равны координате отправления, то выполняемым движением будет полное круговое движение в плоскости интерполяции. Оси могут быть определены неявным образом посредством геометрического элемента — точки.

I и J являются адресными словами, выражающими координаты центра окружности, цифровая часть которых может быть выражена в явной или неявной форме. Используемыми символами всегда являются I и J независимо от плоскости интерполяции и всегда присутствуют R адресное слово, выражающее радиус дуги окружности, цифровая часть которой может быть выражена в явной или неявной форме (параметр E); знак «+» или «-» перед адресным словом R выбирает одно из двух возможных решений:

- «+» - для дуги до 179.9990;
- «-» — для дуги от 180 до 359.9990.

Направление кругового движения (по часовой или против часовой стрелки) определяется по направлению в плоскости интерполяции, если смотреть со стороны положительной полуоси, перпендикулярной к плоскости.

Координаты начальной точки, запрограммированные в предшествующем кадре, конечной точки и центра окружности должны быть вычислены таким образом, чтобы разница между начальным и конечным радиусом не превышала бы 0,01 мм. Если разница превышает это значение, воспроизводится запись «Профиль не конгруэнтен», и окружность не выполняется.

5.2 Пример разработки УП с использованием G функций

В качестве примера можно представить обработку заготовки детали с применением круговой, линейной интерполяции, кодированием быстрого хода представленной на рисунке 12.

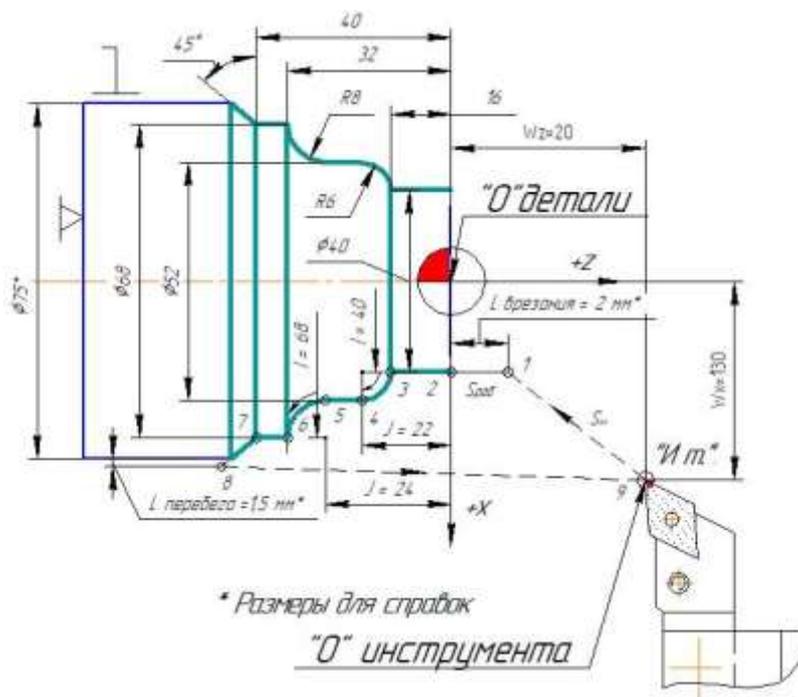


Рисунок 12 - Обработка поверхностей детали с применением круговой интерполяции

Координаты опорных точек траектории движения в таблице 4.

Таблица 4 – Координаты опорных точек

№ точки	Координата X	Координата Z
0 (И. м.)	260 (R=130)	20
1	40	2
2	40	0
3	40	-16
4	52 R6	-22
5	52	-24
6	68 R8	-32
7	68	-40
8	78	-45
9 (И. м.)	260	20

Способ программирования № 1.

При перемещении из точки 2 в точку 3 действует круговая интерполяция по часовой стрелке G2, а из 3 в 4 – G3.

N1 T1.1M6;

N2 SSL=2200;

N3 G96 F0.1 S140 M13;

N4 X40 Z2;

N5 G1 Z-16;

N6 G2 X52 Z-22 I-6 J0; - применяем круговую интерполяцию по часовой стрелке с центром окружности по оси X, I = -6 мм и оси Z, J = 0 мм.

N7 G1 Z-24;

N8 G3 X68 Z-32 I16 J0; - применяем круговую интерполяцию против часовой стрелки с центром окружности по оси X I=16 мм и по оси Z J = 0 мм.

N9 G1 Z-40;

N10 X76 Z-45;

N12 G0 X260 Z20

N13 M30.

Способ программирования №2.

3. Круговая интерполяция может быть также запрограммирована в приращениях, т. е. с координатами конечной точки и точки центра окружности относительно начальной точки, запрограммированной в предшествующем кадре.

Пример по рисунку 7:

N1 T1.1M6;

N2 SSL=2200;

N3 G96 F0.1 S140 M13;

N4 X40 Z2;

N5 G1 Z-16;

N6 G2 G91 X12 Z-6 I0 J-6; - применяем круговую интерполяцию по часовой стрелке с центром окружности по оси X, I = 0 мм и оси Z, J = -6 мм.

N7 G1 Z-2;

N8 G3 X16 Z-8 I16 J0; - применяем круговую интерполяцию против часовой стрелки с центром окружности по оси X I = 16 мм и по оси Z J = 0 мм.

N9 G1 Z-8;

N10 G90 X76 Z-45;

N12 G0 X260 Z20

N13 M30.

Способ программирования № 3.

Круговую интерполяцию можно указать при помощи радиуса R.

Пример УП по рисунку 11:

N6 G2 X52 Z-22 R6; - применяем круговую интерполяцию по часовой стрелке с указанием значения радиуса R = 6 мм.

N8 G3 X68 Z-32 R8; - применяем круговую интерполяцию против часовой стрелки с указанием значения радиуса R = 8 мм.

Пример программирования дуги менее 360 градусов через задание координат конечной точки и радиуса приведён на рисунке 13.

N1 G02 X20 Y20 R+20 F100

N2 G02 X20 Y20 R-20 F100

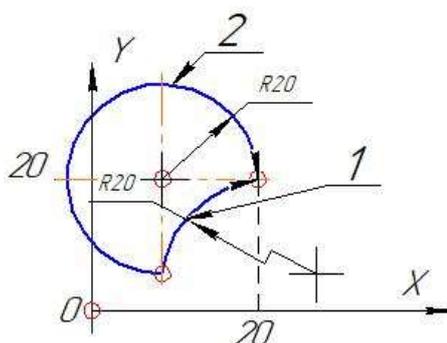


Рисунок 13 – Программирование дуг окружности

Код G02 отменяется кодами: G00, G01, G03.

Код G03 отменяется кодами: G00, G01, G02.

е) Программирование паузы G04 (TMR) - 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: N010 G04 X2,5 - пауза 2,5 секунды, N015 TMR 2 - пауза 2 секунды.

ж) Программирование в абсолютной системе, по приращениям и относительно нуля станка (G90, G91, G79)

Программирование всех перемещений удобнее всего относительно нуля детали, однако система ЧПУ позволят выполнять программирования и другими методами, а именно, путем использования подготовительных функций:

- G90 — программирование в абсолютной системе (движения относительно нуля детали, действует по умолчанию);
- G91 — программирование в системе по приращениям (движения относительно последнего местоположения);
- G79 — программирование относительно нуля станка (применяется редко и рассматриваться не будет).

Программирование по приращениям удобно использовать, когда размеры на чертеже указаны не от одной базы, а в виде размерной цепи. При таком методе программирования координаты последующей точки записываются относительно предыдущей, при этом, если перемещение осуществляется против положительного направления оси, то перед числовым значением координаты ставится знак «-».

В качестве примера запишем УП в приращениях.

В кадрах одной и той же управляющей программы перемещения можно записывать в абсолютной и относительной системе отсчета.

Например, в программе для обработки заготовки из штамповки при $n = 500$ об/мин, $s = 0,3$ мм/об (рисунок 14, таблица 5) кадр N002 записан в абсолютной системе, а кадры N003 – N008 – в относительной системе отсчета.

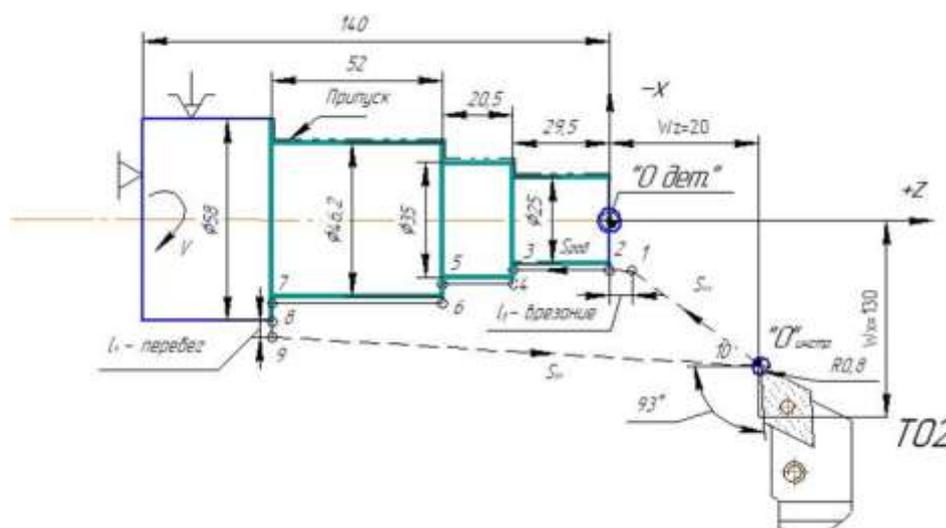


Рисунок 14 - Эскиз валика для программирования обработки в относительной системе отсчета

Таблица 5 – УП чистовой токарной обработки в относительной системе отсчета

N001 T2 S500 F0,3	Резец T2, второй диапазон, $n = 500$ об/мин, $s = 0,3$ мм/об.
N002 G0X25 Z3	Подход резца к Н. Т. (X25, Z3) ускорено.
N003 G1W-32,5	Точение шейки $\Phi 25$ мм на длину 29,5 мм.
N004 U10	Точение торца до $\Phi 35$ мм.
N005 W-20,5	Точение шейки $\Phi 35$ мм на длину 20,5 мм.
N006 U11,2	Точение торца до $\Phi 46,2$ мм.
N007 W-52	Точение шейки $\Phi 46,2$ мм на длину 52 мм.
N008 U15,8	Точение торца до $\Phi 62$ мм.
N009 M02 (M30)	Конец управляющей программы (останов шпинделя, отвод резца ускорено в исходное положение сначала по оси X, затем по оси Z).

Все УЧПУ имеют возможности по работе с G- и M-кодами, однако некоторые коды все же могут отличаться. Нет никакой необходимости знать все коды всех систем ЧПУ. Достаточно знать набор основных G- и M-кодов, а о возникшей разнице в программировании специфических функций можно узнать из документации к конкретному станку с ЧПУ и типу устройства ЧПУ.

Освоив стиль программирования NC технолог, скорее всего, сможет работать на любом другом оборудовании с ЧПУ.

6 Программирование технологических циклов

6.1 Постоянные циклы обработки отверстий

С использованием подготовительных функций G81-G89 определения подготовительного цикла можно программировать ряд операций (сверление, нарезание резьбы метчиком, растачивание и т.д.) без повторения для каждой из них параметров отверстия, запрограммированную обработку которого надо осуществить. Последовательность движений циклов может быть установлена в следующем порядке:

- быстрое позиционирование к оси отверстия;
- быстрый подход к плоскости обработки (размер R);
- рабочая скорость подачи до запрограммированного размера Z;
- фиксации цикла на дне отверстия;
- ускоренное или со скоростью обработки возвращение к точке R.

Характеристики постоянных циклов приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Характеристики постоянных циклов

Постоянный цикл	Подход	Функции на дне отверстия		Постоянный цикл
		вращение	шпинделя	
G 81 сверление	рабочая подача	нет	рабоч.скор.	быстрый ход
G 82 растачивание	рабочая подача	да	рабоч.скор.	быстрый ход
G 83 глубокое сверление (с разгрузкой стружки)	в прерывистой работе	нет	рабоч.скор.	быстрый ход
G 84 нарезание резьбы метчиком	рабочая подача, начало вращения шпинделя	нет	изменение направления	рабочая подача
G 85 рассверливание или нарезание резьбы метчиком	рабочая подача	нет	рабоч.скор.	рабочая подача
G 86 развертывание	рабочая подача, начало вращения шпинделя	нет	останов	быстрый ход
G 89 развертывание с растачиванием	рабочая подача	да	рабоч.скор.	рабочая подача
G 90 Отмена постоянных циклов				

Примеры программирования циклов сверления (для сверлильных станков с ЧПУ):

а) Циклы сверления с однократным проходом:

Циклы сверления за один проход, G81 и G82, выполняются примерно одинаково, за исключением запрограммированной остановки в нижней части отверстия в цикле G82.

Цикл G81 обычно применяется при полностью сквозном сверлении через заготовку, рисунок 15(а). Цикл G82 обычно применяется для сверления таких глухих отверстий из-за того, что программируемая остановка позволяет более осуществить более качественную очистку в нижней части высверливаемого отверстия рисунок 15(б).

Каждый цикл необходимо выбирать в зависимости от требований к операции.

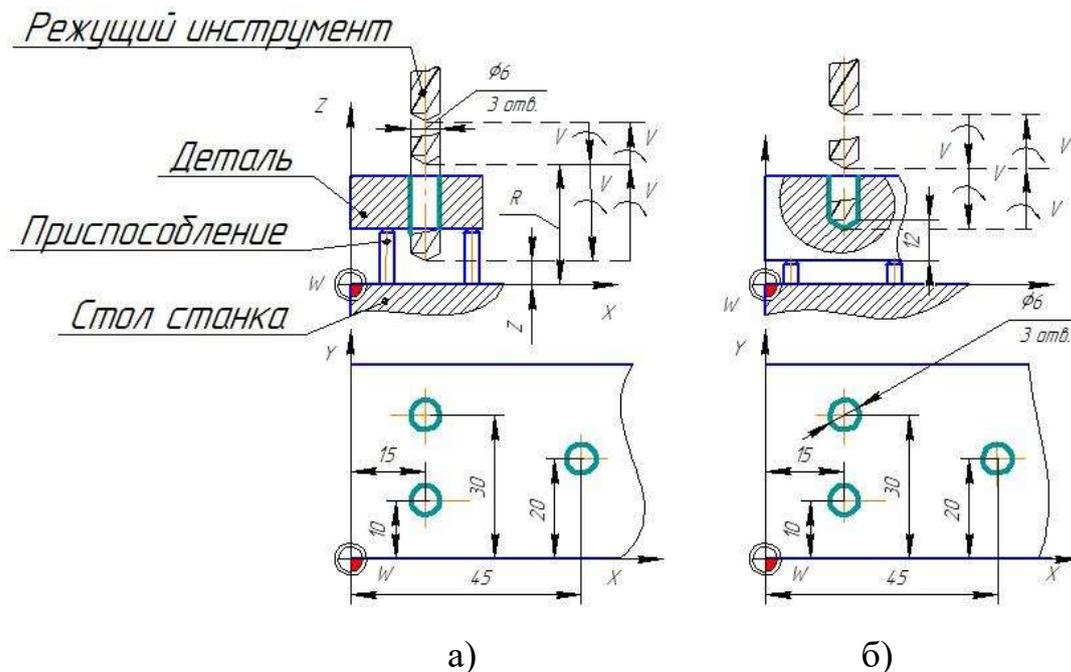


Рисунок 15 – Схема движения инструмента при сверлении

Параметры цикла:

G81 X Y Z R F K

G82 X Y Z R P F K

X, Y = координаты положения отверстия.

Z = расстояние от точки R до дна отверстия.

R = расстояние от точки старта цикла до начальной точки сверления.

P = выдержка времени у дна отверстия.

F = скорость рабочей подачи.

K = количество повторных сверлений в случае симметрично расположенных отверстий.

Пример УП для фрезерных или сверлильных станков:

O0001 (DRILL)

N10 G21 G54;

N20 G40 G49 G80 G90; Активация абсолютного позиционирования

N30 T1 M6; (DRILL D15) Смена инструмента

N40 G43 H1; Активация коррекции на длину инструмента

N50 G00 X5. Y3.; Быстрое перемещение в положение XY

N60 S1500 M3; Включение вращения шпинделя по часовой стрелке со скоростью 1500 об/мин

N70 G00 Z1. M8; Быстрое перемещение в начальное положение Z,
выключение охлаждения

N80 G81G98 Z-2.125 R.1 F3.67; Установка режима G98, определение и
выполнение цикла G73 или G83.

или

N80 G82G98 Z-2.125 R.1 P500 F3.67; Установка режима G98, определение и
выполнение цикла G73 или G83.

N90 G80; Отмена цикла

.....

6.2 Циклы нарезания резьбы резцом буквенным кодом FIL и функцией G33.

а) Цикл нарезания резьбы трехбуквенным кодом FIL

Цикл нарезания резьбы FIL позволяет программировать в одном кадре
нарезание цилиндрической или конической резьбы за несколько проходов.

Формат кадра при использовании трехбуквенного кода FIL имеет следующий
вид:

N... (FIL,Z...,X...,K...,R...,T...,L...,P...) LF где:

Z..., X... – координаты конечной точки при нарезании резьбы;

K... – шаг резьбы (знак определяет ось вдоль которой выполняется резьба:

+ вдоль оси Z,

– вдоль оси X;

R... – расстояние между инструментом и деталью (по умолчанию R = 1 мм);

Txxxx – четырех цифровой код, определяющий тип нарезаемой резьбы (по
умолчанию задан код T0000):

Цифра 1: • 0 – нарезание с конечным пазом;

• 1 – нарезание без конечного паза.

Цифра 2: • 0 – внешнее нарезание резьбы;

• 1 – внутреннее нарезание резьбы.

Цифра 3: • 0 – метрическая резьба;

• 1 – дюймовая резьба.

L... – число проходов для черновой l чер и чистовой обработки l чис;

P... – число заходов резьбы (по умолчанию 1).

(FIL, Z.., X.., K.., L.., R.., T.., P.., a.., b..), где:

- Z.. - конечный размер Z;
- X.. - конечный размер X;
- K.. - шаг;
- L.. - число проходов черновой и чистовой обработки, т.е. L11.2;
- R.. - расстояние между инструментом и деталью (по умолчанию, R=1);
- T.. - 3-х цифровой код, определяющий тип нарезания резьбы (по умолчанию,

T000):

Цифра 1 два значения:

- 0 = нарезание с конечным пазом;
- 1 = нарезание без конечного паза.

Цифра 2 два значения:

- 0 = внешнее нарезание резьбы;
- 1 = внутреннее нарезание резьбы.

Цифра 3 три значения:

- 0 = метрическое нарезание резьбы;
- 1 = дюймовая резьба;
- 2 = нестандартное нарезание резьбы с глубиной и углом, определяемыми

параметрами a и b;

- P. - число принципов (по умолчанию P=1);
- a. - угол резьбы, только для нестандартной;
- b. - глубина резьбы.

Устройство управления автоматически вычисляет позиции, скользя вдоль края резьбы, так что часть результирующей стружки остается постоянной. Для резьбы с несколькими шагами вы должны только определить шаг каждого витка. Устройство управления выполняет каждый проход для каждого шага перед выполнением последующего прохода.

Каждый проход выполняется без перемещения начальной точки каждой резьбы, но на расстоянии от углового нуля шпинделя. Для резьбы с конечным пазом

(канавкой), необходимо запрограммировать теоретический конечный Z, т.к. фиксированный цикл обеспечивает увеличение хода, равное половине шага.

В резьбе без конечного паза инструмент достигает программируемого размера и затем перемещается обратно с конической резьбой вдоль обратного диаметра.

Резьба без конечного паза не может быть получена в кадровом режиме.

Пример цикла нарезания резьбы приводится на рисунке 16.

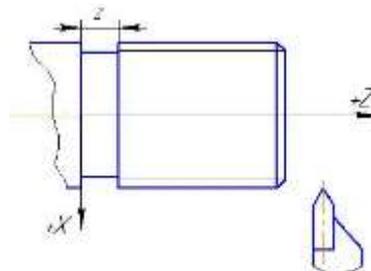


Рисунок 16 - Цикл нарезания резьбы с радиальным врезанием, конечным пазом и торможением по G09

N35 T5.5 M6

N36 G0 G97 X24 Z37 S250 M3 M8

N37 (FIL,Z4,K2,L5.1,T1400,R2)

N38 G0 X250 Z215

б) Цикл нарезания резьбы с применением функции G33.

Пример программирования и схема нарезания наружной цилиндрической резьбы M30x3-8g (рисунок 17)

Путь прохода резца L_{np} в мм, определяют по формуле:

$$L_{np} = l + l_1 + l_2,$$

где l – длина резьбового участка;

l_1 – путь подхода (врезание);

l_2 - перебег (см. рисунок 17) принимается $0,5 \cdot V$.

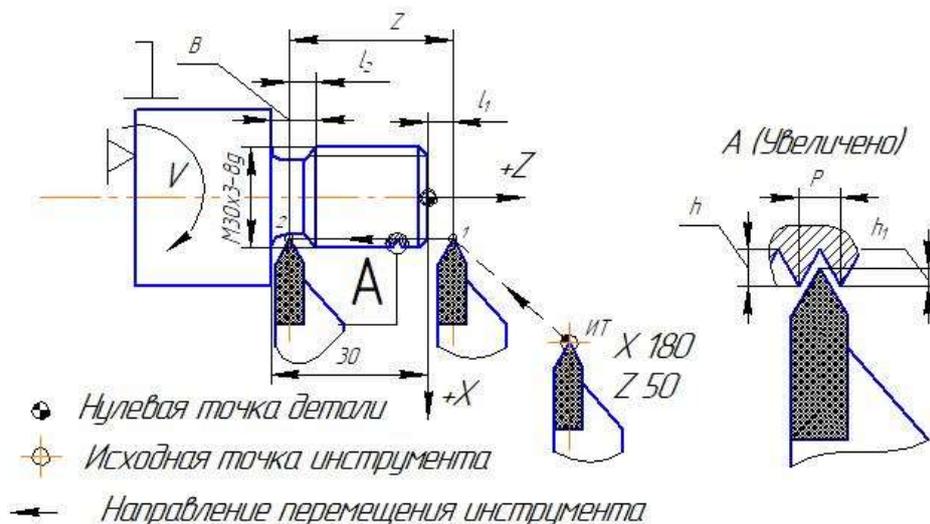


Рисунок 17 - Обработка наружной резьбы

В общем случае, величина врезания l_1 и перебега l_2 инструмента, принимается по литературе [5, приложение 4, лист 1].

Величина пути подхода резца (врезание):

$$l_1 = (3 \dots 4) \cdot t = 3,5 \cdot 3,0 = 10,5 \text{ мм}; \text{ где } t=3 - \text{ шаг резьбы.}$$

B - ширина за резьбовой канавки должна соответствовать ГОСТ 10296-79.

$$B = 6 + 2,5 = 8,5 \text{ мм, тогда величина перебега } l_2 = 0,5 \cdot B = 0,5 \cdot 8,5 = 4,25 \text{ мм};$$

Суммарная величина пути врезания и перебега резца:

$$l_1 + l_2 = 10,5 + 4,25 = 14,75 \approx 15 \text{ мм}$$

Программируемое перемещение по оси Z для данного примера (путь прохода резца L_{np}) составит:

$$Z = l + (l_1 + l_2) = 30 + 15 = 45 \text{ мм}$$

в) Пример УП перехода нарезание резьбы с применением функции G33

С функцией G33 программируется цикл цилиндрического или конического нарезания резьбы, с постоянным или переменным шагом. Параметры, запрограммированные в кадре, определяют тип нарезания резьбы.

Формат:

N...G33 Z..K.. - цилиндрическое нарезание резьбы с постоянным шагом,

N...G33 Z..U..K.. - коническое нарезание резьбы с постоянным шагом,

N...G33 Z..K..I+. - нарезание резьбы с увеличивающимся шагом,

N...G33 Z..K..I-. - нарезание резьбы с уменьшающимся шагом,

где:

G33 - подготовительная функция;

Z,U - координаты конечной точки;

K - шаг нарезания резьбы;

I+/- - изменение шага.

Формат где:

G33 [ОСИ] K [I] [R] ,

[ОСИ] – (например Z) представлены символом оси и цифровым значением в явной или неявной форме (параметр E);

K - представляет шаг резьбы;

- в случае переменного шага, представляет начальный шаг;

- должен присутствовать всегда;

[I] - представляет изменение шага;

- для нарезания резьбы с возрастающим шагом I должна быть положительной, для нарезания резьбы с уменьшающимся шагом должна быть отрицательной;

[R] - представляет отклонение по отношению к угловой позиции нуля шпинделя (в градусах); используется при многозаходной резьбе для того, чтобы не сдвинуть начальную точку.

Во время нарезания резьбы выведены из состояния работы команда «СТОП» и коррекции подачи и скорости вращения шпинделя.

Функция G33 программируется только с датчиком в шпинделе.

Проход для нарезания резьбы, в общем случае имеет следующий вид:

N... G33 X... Z... K... I... R... LF

В приведенном кадре параметр:

K - задает шаг резьбы,

I – изменение шага резьбы,

R – угол поворота шпинделя в градусах относительно нулевого положения шпинделя.

При нарезании цилиндрической или конической резьбы с постоянным шагом в кадре достаточно указать лишь параметр K.

Для уменьшения динамической ошибки траектории при изменении

направления движения инструмента с помощью функции G09 кодируют торможение в конце отработки кадра.

Высота профиля зависит от вида резьбы и шага. Например, для метрической резьбы М36х3 с шагом 3 мм рабочая высота профиля $h = 1,95$ мм. При отсутствии справочных таблиц высоту профиля можно определить приближенно по зависимости $h = 0,65 \cdot P$.

ЭВМ, встроенная в систему ЧПУ, рассчитывает число рабочих ходов и автоматически обеспечивает требуемую глубину чистового прохода.

TDEP – глубина резьбы. Определяется автоматически после введения номинального диаметра резьбы в поле MPIT.

Для стандартных метрических резьб:

- глубина резьбы = $0,613435 \times$ шаг резьбы. FAL – припуск на чистовую обработку. Снимается за один проход.

IANG – угол врезной подачи. При прямой врезной подаче (вертикально резьбе) следует программировать IANG = 0. При боковой врезной подаче значение IANG должно быть равно максимум половине угла резьбы:

- например, для метрической резьбы – максимум 30° .

Отрицательное значение для IANG активирует переменную боковую подачу. При выполнении конической резьбы переменная боковая подача невозможна.

УП для УЧПУ NC-210 при нарезании наружной цилиндрической резьбы М30х3-8g (рисунок 10), выполнена в таблице 7.

Таблица 7 – УП для нарезания наружной цилиндрической резьбы М30х3-8g

N001 T3 S3 600 F0.4	Резец Т3 – резьбовой, третий диапазон. Технологические параметры: $n=600$ об/мин; $s = 0,4$ мм/об.
N002 G00 X38 Z4,5	Подвод резца к заготовке ускорено, одновременно по двум координатам. Между торцом детали и вершиной резца расстояние составляет 4,5 мм, превышающее удвоенный шаг резьбы.
N003 X36 M08	Вывод резца в начальную точку цикла, включение подачи СОЖ.
N004 G33 X26,319 Z-40,5 K3,0	Постоянный цикл нарезания резьбы - G33 шаг резьбы $K = 3,0$ мм, величина перемещения резца с учетом выхода в канавку $Z = -40,5$ мм, – наклон резьбы отсутствует; – резьба без сбег.
N005 M09	Выключение подачи СОЖ.
N006 M02	Конец управляющей программы, возврат в И.Т.

Пример программирования резьбовой поверхности на рисунке 10.

Программирование перехода нарезания резьбы на УЧПУ 2P22-1M

N001 T3 S3 600 F0.4;

N002 X38 Z4,5 E;

N004 L01F3,0 W-40,5 X29,85 A0 P0,3 C0;

N005 M09;

N006 M02.

Примечания:

1. Диаметры отверстий и диаметры стержней под нарезание метрической резьбы с различными полями допусков выполнять по ГОСТ 19257-73 и ГОСТ 19258-73.

2. При программировании координаты X значения принимать по ГОСТ 24705-2004, величины врезания и перебега резца принимать по литературе [2].

7. Основные циклы токарной обработки системы УЧПУ NC-210...

Программирование многопроходных черновых операций по съему большого количества материала (особенно при обработке деталей из проката) средствами языка ISO может оказаться достаточно трудоемкой задачей. В связи с этим практически любая система ЧПУ содержит вспомогательные технологические циклы, автоматизирующие многопроходную обработку типовых поверхностей.

При использовании подобных циклов система автоматически выполняет разделение снимаемого припуска на отдельные проходы, осуществляет расчет и автоматическое выполнение траектории перемещений инструмента.

Постоянные циклы значительно упрощают программирование для станков с ЧПУ. Для начала важно, как минимум, овладеть командой SPA для черновой токарной обработки.

7.1 Многопроходная «Осепараллельная» черновая обработка

Программирование черновой обработки параллельно оси в формате цикла SPA: SPA, a, n, l, x, z

Цикл черновой обработки, параллельной к оси «а»:

а: ось x или z: (принимаем Z)

N22G3X100Z-64.8

N24G1Z-76

N26X140

.....

N30 G0X142Z3

N32 G96 F0.3 S110

N34 SPAZn1I10X10Z2

N36 G0X160Z30

.....

7.2 Черновая обработка с последующей получистовой обработкой.

Для программирования черновой обработки, параллельной оси X с конечной обработкой вдоль профиля, используется следующий формат:

(SPF, X, n, L, X., Z).

Для программирования черновой обработки параллельной оси Z, используется формат:

(SPF, Z, n, L, X, Z).

Параметры цикла имеют те же значения, что и в SPA. Запрограммированный профиль должен быть однородным.

Отличие обработки по циклу SPF от SPA заключается в том, что обработка завершается проходом инструмента вдоль контура детали и после обработки инструмент перемещается в точку начала цикла.

7.3 Черновая обработка параллельно профилю детали

Если заготовка имеет форму, приближенную к детали (поковка, отливка и т. п.), использование циклов обработки параллельно оси является неэффективным:

- значительное число холостых перемещений на рабочей подаче;
- большое количество врезания инструмента в металл.

В таком случае обработка идет следующим образом:

- инструмент в каждом проходе перемещается по траектории, повторяющей профиль детали (рисунок 19).

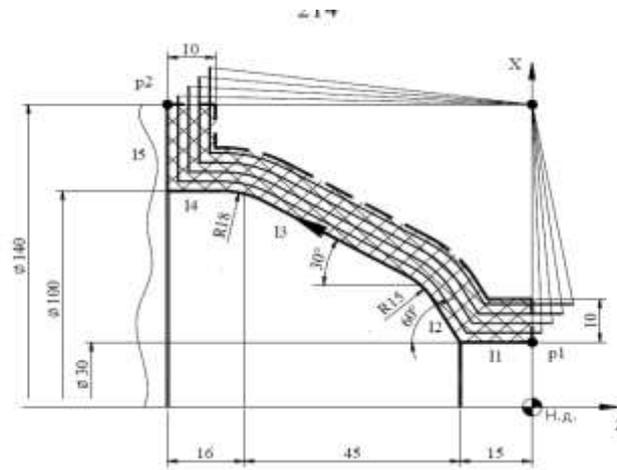


Рисунок 19 - Схема удаления припуска при черновой обработке параллельной профилю
 Приведенный алгоритм обработки реализуется с помощью цикла SPP.
 Формат: (SPP, n, L, X1 X2, Z1 Z2).

n - номер профиля. L - число проходов.

X1 – припуск по оси X, оставленный под последующую обработку.

X2 – припуск по оси X на необработанной детали.

Z1 – припуск по оси Z, оставленный под последующую обработку.

Z2 - припуск по оси Z на необработанной детали.

X1 и Z1 - обязательны, даже если их величина равна нулю.

Начальная точка определяется аналогично как и в SPA - SPF.

В качестве примера рассмотрим обработку поверхности детали, представленной на рисунке 20.

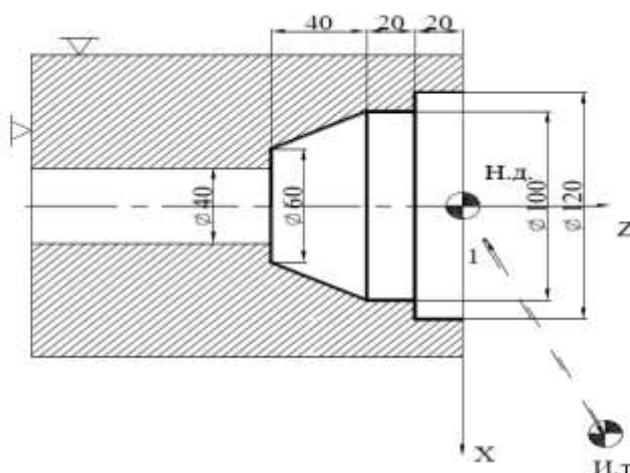


Рисунок 19 - Пример обработки поверхностей циклом SPP

Заготовка имеет на внутренних поверхностях припуски по 10 мм. Тогда программа будет иметь вид:

N1 (DFP, 1);

N2 G X120 Z0;

N3 G1 Z- 20;

N4 X100;

N5 Z-40;

N6 X60 Z-80;

N7 X40;

N8 (EPF);

N9 T1.1M6;

N10 F1 S300 M13;

N11 G0 X38 Z1.5;

N12 ; помещаем инструмент в начальную точку цикла

N13 (SPP, 1, L4, X1 X10, Z1 Z10)

N14 ; выполняем многопроходную черновую обработку параллельно профилю 1, обработка выполняется за четыре прохода, припуск под последующую обработку 1 мм.

N15 G X170 Z60 N16 M30;

8 Составление УП на токарную операцию с ЧПУ обработки детали «Цапфа»

8.1 Исходные данные для составления УП

Исходные данные (технология обработки), для составления УП представлены в методической работе № 1 (далее М.Р. №1, чертеж детали «Цапфа», на рисунке 1, чертеж заготовки на рисунке 2).

Данные для выполнения задания принимаются по п.2.8.1 М.Р. №1.

Технологическое оборудование, токарно винторезный станок с ЧПУ мод. 16A20Ф3, УЧПУ мод. NC-210.

Карта наладки см ПРИЛОЖЕНИЕ 2 М.Р. №1, таблица 11.

8.2 Последовательность составления УП

УП на токарную обработку детали «Цапфа» операция 010 выполняется по установам и переходам.

а) Установ А переход 1

Траектория движения инструмента и координаты опорных точек (см таблица 8), выполнены на рисунке 20. Текст УП ОП 010 перехода 1 представлен в таблице 9.

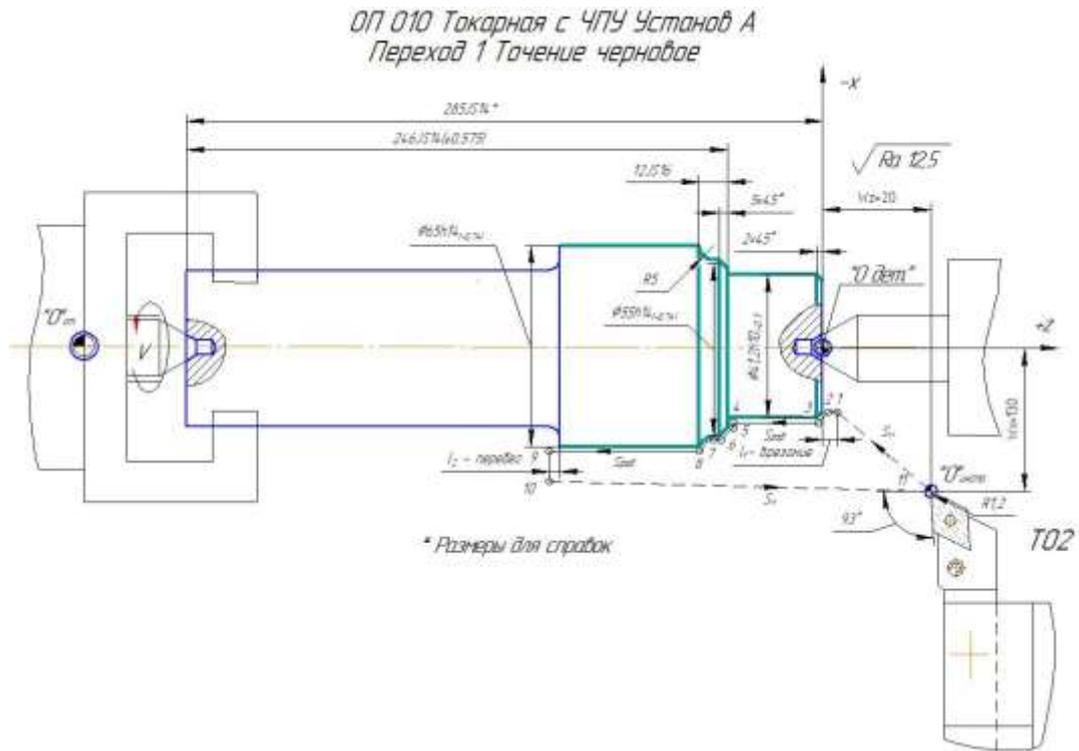


Рисунок 20 - Траектория движения инструмента в координатах опорных точек

Таблица 8 - Координаты опорных точек

№ перехода	№ опор. точки	X мм	Z мм	l_1 мм	l_2 мм	D мм	V м/мин	n об/мин	t мм	S_o мм/об
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Смена инструмента										
«0»			260	20						
Установ А Переход 1	1	37,2	3,0	3,0	-	46,0	150	1038	2,4	0,4
	2		0			46,0	150	1038	2,4	0,4
	3	41,2	-2,0			46,0	150	1038	2,4	0,4
	4		-39,0			46,0	150	1038	2,4	0,4
	5	45,0				60,0	150	796	2,4	0,4
	6	55,0	-44,0			69,0	150	692	2,1	0,4
	7		-46,0			69,0	150	692	2,1	0,4
	8	65	R5 -51,0			69,0	150	692	2,1	0,4
	9		-137,0	-	3,0	69,0	150	692	2,1	0,4
	10	260	20							
Смена инструмента										

Таблица 9 - Текст УП ОП 010 переход 1

№ № кадров	Текст УП	Пояснения
	%	
	(VARIANT 25 CAPFA)	
	(UCTANOV A)	
N001	G50 S1100 T1 (SSL=1100)	Черновое точение
N002	(PDJNR 2525M 15)	Шифр резца
N003	G97 S1038M03	
N004	G00 Z3. X37,2 M08	
N005	G96 S150	
N006	G01 Z0. F0.4	
N007	X41.2 Z-2.	
N008	Z-39.	
N009	X45.	
N010	G01 X55. Z-44. F0.4	
N011	Z-46.	
N012	G02 Z-51. X65. R5.	
N013	G01 X65.	
N014	Z-137.	
N015	M09	
N016	G00 X260. Z20.	
N017	M01	

Примечание: Карта наладки см ПРИЛОЖЕНИЕ 2 М.Р. № 1, таблица 10).

б) Установ А переход 2

Траектория движения инструмента и координаты опорных точек (см таблица 10), выполнены на рисунке 21.

Текст УП ОП 010 перехода 2 представлен в таблице 11

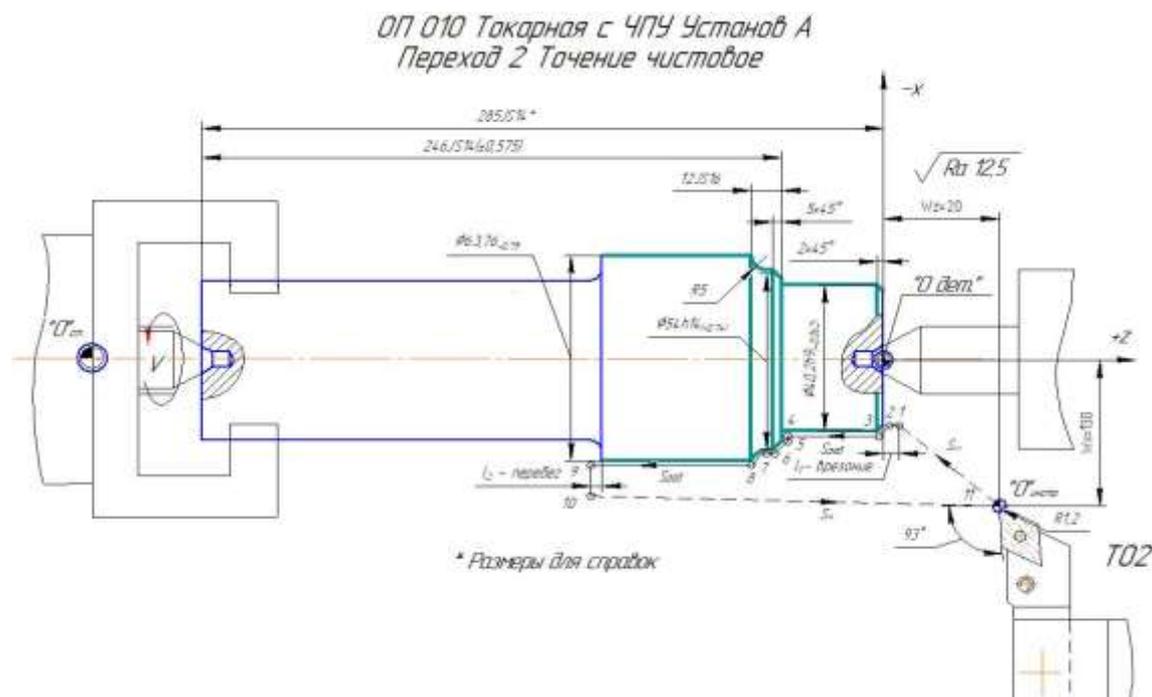


Рисунок 21- Траектория движения инструмента в координатах опорных точек

Таблица 10 - Координаты опорных точек

№ перехода	№ опор. точки	X мм	Z мм	l_1 мм	l_2 мм	D мм	V м/мин	n об/мин	t мм	So мм/об
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Смена инструмента T02										
Установ А Переход 2	«0»	260	20							
	1	36,2	3,0	3,0	-					
	2		0			41,2	220	1700	0,5	0,2
	3	40,2	-2,0			41,2	220	1700	0,5	0,2
	4		-39,0			41,2	220	1700	0,5	0,2
	5	44				41,2	220	1700	0,5	0,2
	6	54,0	-44,0			41,2	220	1700	0,5	0,2
	7		-46,0			65,0	220	1087	0,5	0,2
	8	63,76	R5, -51,0			65,0	220	1087	0,5	0,2
	9		-137,0	-	3,0	65,0	220	1087	0,5	0,2
10	260	20								
Смена инструмента										

Таблица 11- Текст УП ОП 010 установ А, переход 2

N018	G50 S1800 T2	(Чистовое точение)
N019	(PDJNR 2525M 15)	
N020	G97 S1700 M03	
N021	G00 X36.2 Z3.	
N022	G01 Z0. F0.2	
N023	X40.2 Z-2.	
N024	Z-39.	
N025	X44.	
N026	X54. Z-44.	
N027	Z-46.	
N028	G02 Z-51. X64. R5.	
N029	G01 X63.76	
N030	Z-137.	
N031	M09	
N032	G00 X260. Z20.	Выход в исходную точку
N033	M30	Конец программы

Примечание: Карта наладки см ПРИЛОЖЕНИЕ 2 М.Р. № 1, таблица 12).

в) Установ Б переход 1

Траектория движения инструмента и координаты опорных точек (см таблица 12), выполнены на рисунке 21.

Текст УП ОП 010 Установ Б переход 1 представлен в таблице 13

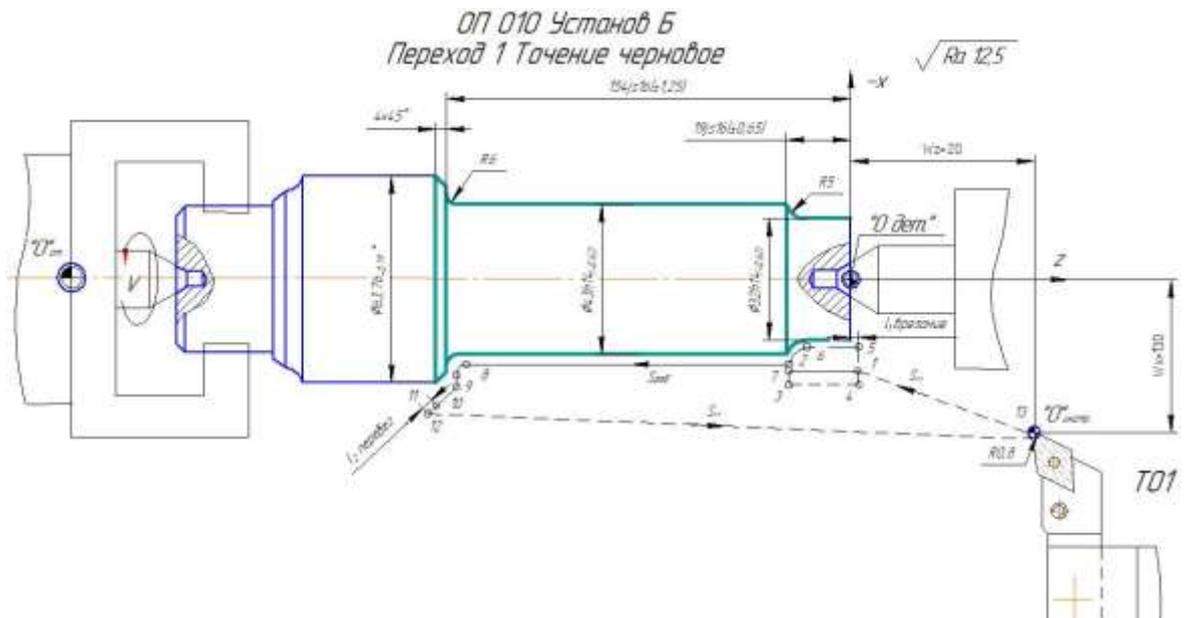


Рисунок 21 - Координаты опорных точек

Таблица 12 - Координаты опорных точек

№ перех.	№ опор. точки	X мм	Z мм	l_1 мм	l_2 мм	D мм	V м/мин	n об/мин	t мм	S_o мм/об
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Смена инструмента T01										
Установ Б Переход 1	«0»	260	20							
	1	36,0	3,0	3,0	-					
	2		-14,0			46,0	150	995	3,5	0,4
	3	46,0	R5 -19,0			46,0	150	995	3,5	0,4
	4		3,0			46,0	150	995	3,5	0,4
	5	32,0				46,0	150	995	3,5	0,4
	6		-14,0			46,0	150	995	2,5	0,4
	7	42,0	R5 -19,0			46,0	150	995	3,5	0,4
	8	43,0				65,0	150	734	2,5	0,4
	9		-148,0			65,0	150	734	2,5	0,4
	10	55	R6 -154,0			65,0	150	734	2,5	0,4
	11	55,76				65,0	150	734	2,5	0,4
	12	58,76	-157	1,5	1,5	65,0	150	734	2,5	0,4
13	260	20								
Смена инструмента										

Таблица 13 Текст УП ОП 010 установ Б переход 1

	%	
	(VARIANT 25 CAPFA)	
	(USTANOV Б)	
N001	G120	
N002	G50 S1000 T1	(Черновое точение)
N003	(PDJNR 2525M 15)	
N004	G97 S995 M03	
N005	G00 X36. Z3. M08	
N006	G96 S150	
N007	G01 Z-14. F0.4	
N008	G02 X46. Z-19. R5.	

N009	G00 Z3.	
N010	G00 X32.	
N011	G01 Z-14. F0.4	
N012	G02 Z-19. X42. R5.	
N013	G00 G97 S734 X43.	
N014	G01 Z-148.	
N015	G02 Z-154. X55. R6.	
N016	G01 X55.76	
N017	X58.76. Z-157.	
N018	M09	
N019	G00 X260. Z20.	
N020	G28	
N021	M01	

Примечание: Карта наладки см. ПРИЛОЖЕНИЕ 2 М.Р. № 1, таблица 14).

г) Установ Б переход 2

Траектория движения инструмента и координаты опорных точек (см таблица 14), выполнены на рисунке 22.

Текст УП ОП 010 Установ Б переход 2 представлен в таблице 15

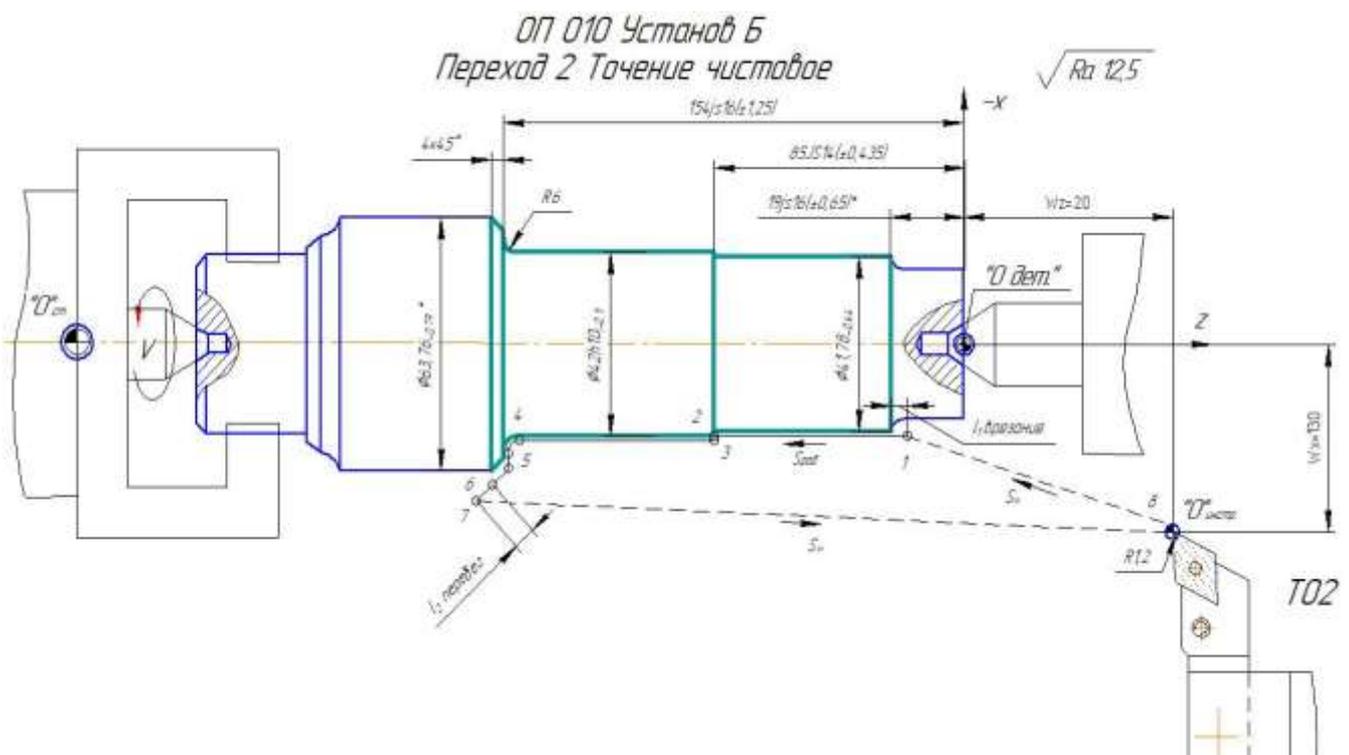


Рисунок 22 - Координаты опорных точек

Таблица 14 - Координаты опорных точек

№ перехода	№ опор. точки	X мм	Z мм	l_1 мм	l_2 мм	D мм	V м/мин	n об/ми н	t мм	So мм/об
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Смена инструмента T01										
Установ Б Переход 2	«0»	260	20							
	1	41,78	-17,0	2,0	-	42,8	220	1630	0,5	0,2
	2		-85,0			42,8	220	1630	0,5	0,2
	3	42,0				42,8	220	1630	0,5	0,2
	4		-148,0			42,8	220	1630	0,5	0,2
	5	54,0	R6, -154,0			42,8	220	1630	0,5	0,2
	6	55,76				65,0	220	1100	0,5	0,2
	7	67,76	-160,0	2,0	2,0	65,0	220	1100	0,5	0,2
	11	260	20							
Смена инструмента										

Таблица 15 - Текст УП ОП 010 Установ Б переход 2

N022	G50 S1700 T2	(Чистовое точение)
N023	(PDJNR 2525M 15)	
N024	G97 S1630 M03	
N025	G00X41.78. Z-17.	
N026	G96 S220 F0.2	
N027	G01 Z-85.	
N028	X42.0	
N029	Z-148	
N030	G02X54Z-154R6	
N031	G01 X55.76 S1100	
N032	X67.76Z-160	
N033	M09	
N034	G00 X260. Z20.	
N035	M01	

Карта наладки см. ПРИЛОЖЕНИЕ 2 методической работы № 1, таблица 16).

д) Установ Б переход 3

Траектория движения инструмента и координаты опорных точек (см таблица 16), выполнены на рисунке 23.

Текст УП ОП 010 Установ Б переход 2 представлен в таблице 17.

ОП 010 Установ Б
Переход 3 Точение канавки

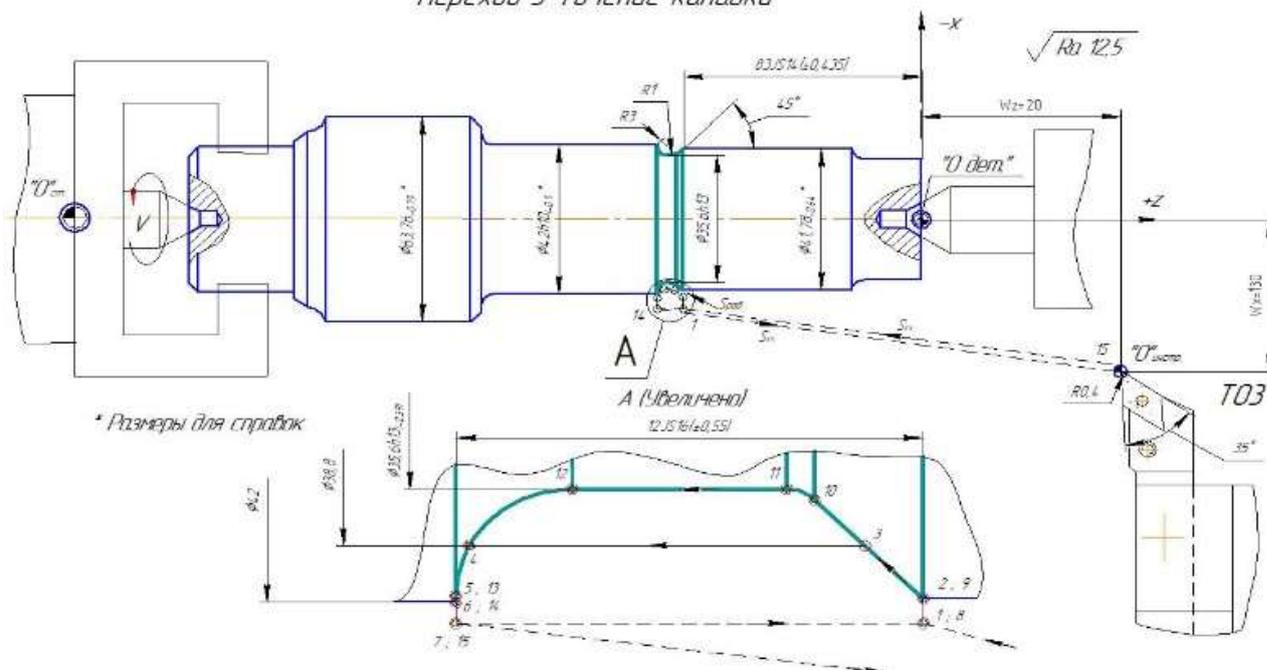


Рисунок 23- Координаты опорных точек

Таблица 16 - Координаты опорных точек

№ перех.	№ опор. точки	X мм	Z мм	l_1 мм	l_2 мм	D мм	V м/мин	n об/мин	t мм	S_o мм/об
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Смена инструмента T03										
Установ Б Переход 3	«0»	260	20							
	1	48,0	-85,0	3,1						
	2	41,8				42,0	220	1668	1.6	0,14
	3	38,8	-86,5			42,0	220	1668	1.6	0,14
	4	42,0	R3.-98,5			42,0	220	1668	1.6	0,14
	5	48,0	-85			42,0	220	1668	1.6	0,14
	6	41,8				42,0	220	1668	1.6	0,14
	7	37,6	87,4							
	8	35,6	R1.-88,1			42,0	220	1668	1.6	0,14
	9		-92,0			42,0	220	1668	1.6	0,14
	10	41,6	-95,0			42,0	220	1668	1.6	0,14
11	45,6			-	2,0					
Смена инструмента										

Таблица 17 - Текст УП ОП 010. Установ Б, переход 3

N036	G50 S1700 T3	(Обработка канавки)
N037	(LF123H13-2525B)	Резец проходной (рисунок 14)
N038	(R=0,4 MM)	
N039	G97 S1668 M03	
N040	G00 Z-85	
N041	G00 X48.	

N042	G96 S220	
N043	G01 X41,8 F0,14.	
N044	X38.8Z-86.5	
N045	G02 X42 Z-98.5 R3.	
N046	G00 X41.8 Z-85	
N047	G01X37.6 Z-87.4	
N048	G02X35.6Z-88.1 R1.	
N049	G01Z-92.	
N050	G02 X35.6 Z-95. R3.	
N051	G01 X42	
N052	M09	
N053	G00 X260. Z20.	
N054	M01	

Обработка за резьбовой канавки на детали «Цапфа» (вариант 2, обработка отрезным резцом с применением циклов).

Схема удаления материала канавки и траектория движения инструмента выполнены на рисунке 24. Текст УП представлен в таблице 18.

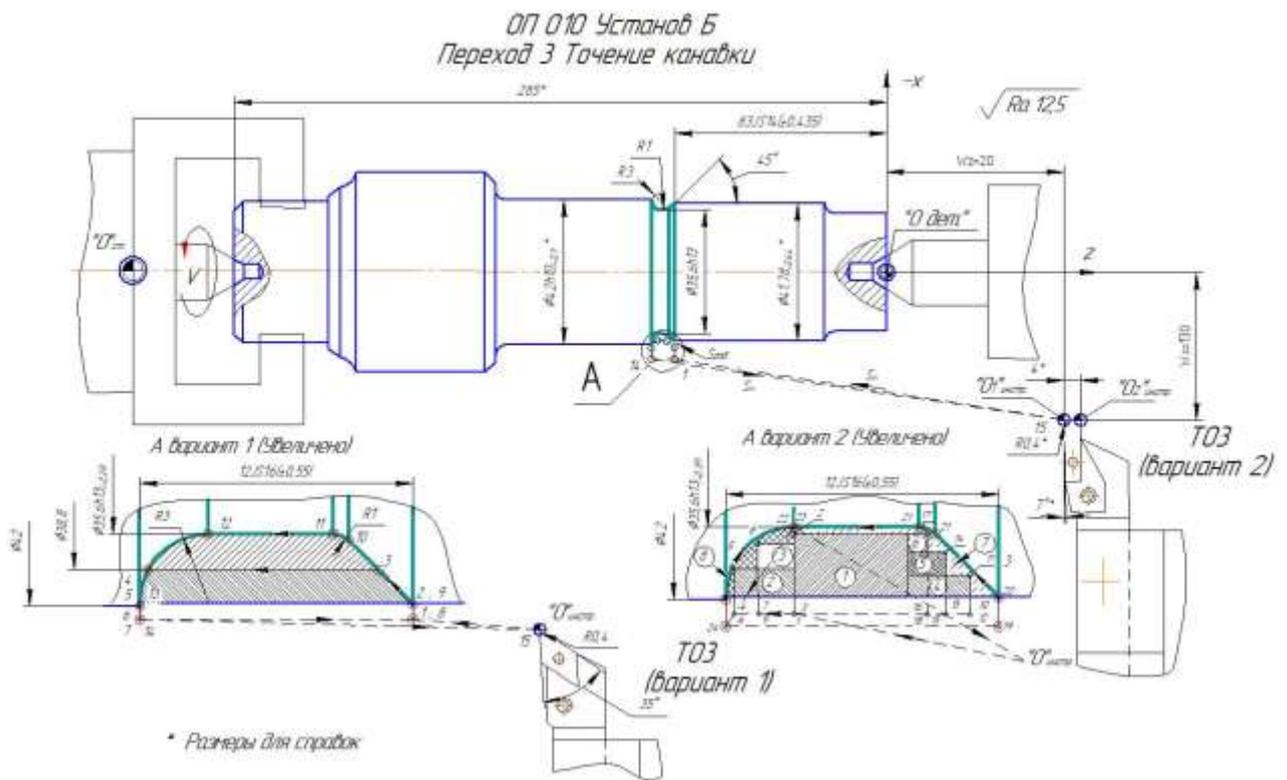


Рисунок 24 Координаты опорных точек

Таблица 18 - УП для отрезного резца (вариант обработки 2)

N001	G50 S1000 T3
N002	(LF123H13-2525B)
N003	(4 MM) Ширина резца 4 мм
N004	G97 S600 M03
N005	G00 X50. Z-90.2
N006	G96 S90

N007	G01 X44. F1.
N008	G75 I0.5 K3. X35.8 Z-92. F0.05
N009	G01 Z-87. F1.
N010	X42. F0.05
N011	X35.6 Z-90.2
N012	X43. F1.
N013	Z-95.
N014	X41.6
N015	G03 X35.6 Z-92. R3.
N016	G01 Z-90.2
N017	X43. F1.
N018	M09
N019	G00 X260. Z20.
N020	M01

Примечания:

1. Номера кадров варианта обработки 2 указаны произвольно
2. Карта наладки см ПРИЛОЖЕНИЕ 2 М.Р. № 1, таблица 19).

е) Установ Б переход 4

Траектория движения инструмента и координаты опорных точек (см таблица 19), выполнены на рисунке 25.

Текст УП ОП 010 Установ Б, переход 4, представлен в таблице 20

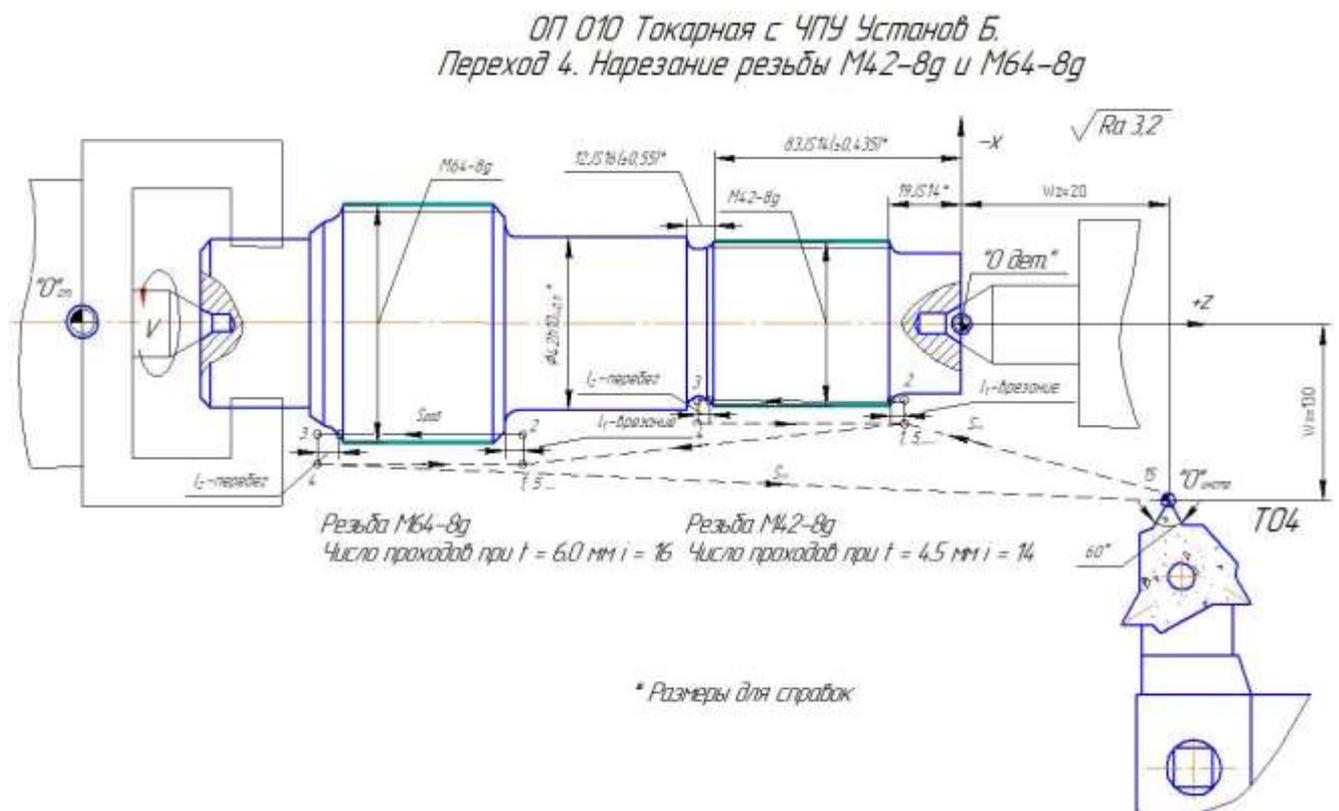


Рисунок 25 Координаты опорных точек

Таблица 19 Координаты опорных точек

№ переход	№ опор. точки	X мм	Z мм	l_1 мм	l_2 мм	$D_{вн.}$ мм	V м/мин	n об/мин	t мм	S_o мм/об
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Смена инструмента T04										
Установ Б	«0»	260	20							
	1	42,0	-10,0	8,0	4,0	41,78	150	1147	2,65	4,5
Переход 4	2		-87					$i = 14$		
	3	66,0	-142,0	10,0	10,0	63,76	150	746	3,56	6,0
	4		-244,0					$i = 16$		
	5	260	20							

Таблица 20 Текст УП ОП 010. Установ Б, переход 4

N055	G50 S1200 T4 (Резьба M42 и M64)	Обработка резьбовых поверхностей
N056	(Пластина R166OG-22VM01-001 1020. Державка R/L166.4FG-2525-22)	
N057	(REZBA 42x4.5 64X6)	
N058	G97 S1147 M03	
N059	G00 X42.Z-10.	
N060	FIL X36.479 Z-87. K4.5 L14.	Резьба M42-8g
N061	G97 S1000 M03	
N062	G00 X68 Z-142	
N063	FIL X56.64 Z-244. K6 L16.	Резьба M64-8g
N064	M09	
N065	G00 X260. Z20.	
N066	M30	
N067	%	

Примечание: В данном примере при нарезании резьбы с шагом 4,5 мм и 6,0 мм применяется одна пластина (см. шифр в таблице 20).

8.3 Вариант составления УП на токарную операцию с ЧПУ обработки детали «Цапфа»

С целью более углубленного изучения особенностей программирования для разных УЧПУ, в работе, (см. таблица 21), представлен полный текст УП, с краткими пояснениями выполнения токарной операции с ЧПУ.

Обработка детали «Цапфа» выполняется на токарном станке с ЧПУ мод. 16A20Ф3 оснащенным УЧПУ мод. «ФАНУК 21».

Целью составления УП на вышеуказанное УЧПУ является практическая демонстрация того, что методика разработки и кодирования текста УП на данное

устройство полностью соответствует нормативной документации, разрабатываемой на территории Российской Федерации.

Сравнительный анализ текста УП для УЧПУ мод. «ФАНУК 21» и УЧПУ российского производства мод. NC-210.

Нет никакой необходимости знать все коды всех систем ЧПУ. Достаточно знать набор основных G- и M-кодов, а о возникшей разнице в программировании специфических функций можно узнать из документации к конкретной системе. Освоив стиль программирования Fanuc, скорее всего, вы сможете работать на любом другом оборудовании с ЧПУ.

Чисто технологические параметры: режимы обработки, траектория обработки и режущий инструмент для вариантов одинаковые.

При составлении текста УП использовались расчетно технологические карты операций, переходов и установов обработки детали (смотри пункт 8).

Таблица 21 - Текст программы для УЧПУ мод. «ФАНУК 21»

№ № кадров	Текст УП	Пояснения
N001	T4.4 M6 S1147 M3 M8	Пояснения (Комментарии)
N002	G0 X42 Z-10	Черновое точение
N003	(FIL, Z-87, K4.5, L14.0, T0100)	
N004	G0 X64	
N005	G97 S746	
N006	G0 Z-142	
N007	(FIL, Z-244, K6, L16.0, T0100)	
N008	G0 X130 Z20	
N009	M9	
N010	M5	
N011	M30	
N012	T4.4 M6 S1147 M3 M8	
N013	G0 X42 Z-10	
N014	(FIL, Z-87, K4.5, L14.0, T0100)	
N015	G0 X64	

	Таблица 11	
N016	T2.2 M6 S1700 M3 M8	
N017	SSL=1800	
N018	G96 S220	
N019	G0 X36,2 Z3	
N020	G1 Z0 F0,2	
N021	X40,2 Z-2	
N022	Z-39	
N023	X44	
N024	X54 Z-44	
N025	Z-46	

N027	G03 X63,87 Z-51 R5	
N028	G1 Z-137	
N029	G0 X260 Z20	
N030	M9	
N031	M5	

	Таблица 13	
N001	(DIS, «САРФА Оп10В»)	
N002	71.1 M6 S1000 M3 M8	
N003	SSL=1000	
N004	G96 S150	
N005	G0 X36 Z3	
N006	G1 Z-14 F0,4	
N007	X46 Z-19 R5	
N008	G0 Z3	
N009	X32	
N010	G1 Z-14 F0,4	
N011	G3 X42 Z-19 R5	
N012	G1 X43	
N013	Z-148	
N014	G3 X55 Z-154 R6	
N015	G1 X56,76	
N016	X68,76 Z-160	
N017	G0 X260 Z20	
N018	M9	

	Таблица 15	
N019	T2.2 M6 S1700 M3 M8	
N020	SSL=1700	
N021	G96 S220	
N022	G0 X41,78 Z-17	
N023	G1 Z-85 F0,2	
N024	X42	
N025	Z-148	
N026	G3 X54 Z-154 R6	
N027	G1 X55,76	
N028	X67,76 Z-160	
N029	G0 X260 Z20	
N030	M9	

	Таблица 17	
N031	T3.3 M6 S1700 M3 M8	
N032	SSL=1700	
N033	G96 S220	
N034	G0 X48 Z-83	
N035	G1 X41,8 F0,14	
N036	X38,8 Z-84,49	
N037	Z-94,65	
N038	G3 X41,6 Z-95 R3	
N039	G1 X48	
N040	G0 Z-83	
N041	G1 X41,8 F0,14	
N042	X36,19 Z-85,8	

N043	G3 X35,6 Z-86,5 R1	
N044	G1 Z-92	
N045	G3 X41,6 Z-95 R3	
N046	G1 X48	
N047	G0 X260 Z20	
N048	M9	

	Таблица 18	
N031	T3.3 M6 S600 M3 M8	
N032	SSL=700	
N033	S90	
N034	G0 X42 Z-92	
N035	G1 X36 F0,05	
N036	X42 F0,05	
N037	Z-94,68	
N038	X40 F0,05	
N039	X42 F0,05	
N040	Z-94,14	
N041	X38 F0,05	
N042	X42 F0,05	
N043	Z-88,17	
N044	X40 F0,05	
N045	X42 F0,5	
N046	Z-89,17	
N047	X38 F0,05	
N048	X42 F0,5	
N049	Z-90,17	
N050	X36 F0,05	
N051	X42 F0,5	
N052	Z-87	
N053	X41,8 F0,1	
N054	X36,19 Z-89,8 F0,05	
N055	G3 X35,6 Z-90,5 R1	
N056	G1 Z-92	
N057	X42 F0,5	
N058	Z-95	
N059	X41,6 F0,1	
N060	G2 X35,6 Z-92 R3	
N061	G1 X42 F0,5	
N062	G0 X260 Z20	
N063	M9	

	Таблица 20	
N049	T4.4 M6 S1147 M3 M8	
N050	G0 X42 Z-10	
N051	(FIL, Z-87, K4.5, L14.0, T0100)	
N052	G0 X64	
N053	G97 S746	
N054	G0 Z-142	
N055	(FIL, Z-244, K6, L16.0, T0100)	
N056	G0 X260 Z20	
N057	M9	
N058	M5	
N059	M30	

№ № кадров	Текст УП	Пояснения
	%	Начало программы
	(VARIANT 25 CAPFA)	Название
	(UCTANOV A)	Пояснения (Комментарии)
N001	G120	Черновое точение
N002	G50 S1000 T1	
N003	(PDJNR 2525M 15)	Шифр резца
N004	G97 S600 M03	
N005	G00 Z5. X67	
N006	G96 S150	
N007	G01 Z0. F1. M08	Подрезка торца (при необходимости)
N008	G01 X0. F0.2	
N009	Z1.	
N010	G00 X65.	
N011	G71 P1 Q2 U1. I0.5 D2. F0.3	
N012	N1 G01 X36.2 Z1. F0.08	
N013	G01 Z0.	
N014	X40.2 Z-2.	Обработка контура от (т.1...т.7)
N015	Z-39.	
N016	X65.	
N017	N2	
N018	G00 X65. Z-38.	Обработка диаметра 65 мм
N019	G71 P3 Q4 U1. I0.5 D2. F0.3	
N020	N3 G01 X44. Z-38. F0.08	
N021	G01 Z-39.	
N022	X54. Z-44.	
N023	Z-46.	Обработка контура от (т.3...т.7)
N024	G02 Z-51. X64. R5.	
N025	G01 X65.	
N027	N4	
N028	M09	
N029	G00 X300. Z1.	
N030	G28	
N031	M01	
N032	G120	
N033	G50 S1000 T2	(Чистовое точение)
N034	(PDJNR 2525M 15)	
N035	G97 S600 M03	
N036	G00 Z5. X67.	
N037	G96 S150	
N038	G01 Z1. M08	
N039	G01 X36.2 F1.	
N040	G01 Z0. F0.08	
N041	X40.2 Z-2.	
N042	Z-39.	
N043	X44.	
N044	X54. Z-44.	
N045	Z-46.	
N046	G02 Z-51. X63,87. R5.	
N047	G01 Z-137.	
N048	M09	
N049	G00 X300. Z1.	
N050	G28	

N051	M30	
N052	%	Окончание Установ А
	%	Начало программы
	O10301	
	(CAPFA)	
	(USTANOV 2)	
N001	G120	
N002	G50 S1000 T1	(Черновое точение
N003	(PDJNR 2525M 15)	
N004	G97 S600 M03	
N005	G00 Z5.	
N006	X67.	
N007	G96 S150	
N008	G01 Z0. F1. M08	
N009	G01 X0. F0.2	
N010	Z1.	
N011	G00 X65.	
N012	M05	
N013	M21	
N014	M03	
N015	G71 P1 Q2 U1. I0.5 D2. F0.3	
N016	N1 G01 X32. Z1. F0.08	
N017	G01 Z-14.	
N018	G02 Z-19. X42. R5.	
N019	G01 Z-148.	
N020	G02 Z-154. X54. R6.	
N021	G01 X56.	
N022	X64. Z-158.	
N023	X65. Z-159.	
N024	N2	
N025	M09	
N026	G00 X300. Z1.	
N027	G28	
N028	M01	
N029	G120	
N030	G50 S1000 T2	(Чистовое точение)
N031	(PDJNR 2525M 15)	
N032	G97 S600 M03	
N033	G00 Z5.	
N034	X65.	
N035	G96 S150	
N036	G01 Z1.	
N037	G70 P1 Q2	
N038	M09	
N039	G00 X300. Z1.	
N040	G28	
N041	M01	
N042	G120	
N043	G50 S1000 T3	(Обработка канавки)
N044	(LF123H13-2525B)	
N045	(4 MM)	(Резец канавочный b = 4 мм)
N046	G97 S600 M03	
N047	G00 Z-90.2	
N048	X50.	
N049	G96 S90	
N050	G01 X44. F1.	

N051	G75 I0.5 K3. X35.8 Z-92. F0.05	Цикл прорезания канавки
N052	G01 Z-87. F1.	
N053	X42. F0.05	
N054	X35.6 Z-90.2	
N055	X43. F1.	
N056	Z-95.	
N057	X41.6	
N058	G03 X35.6 Z-92. R3.	
N059	G01 Z-90.2	
N060	X43. F1.	
N061	M09	
N062	G00 X300. Z1.	
N063	G28	
N064	M01	
N065	G120	
N066	G50 S1000 T4 (Резьба М42 и М64)	Обработка резьбовых поверхностей
	(Пластина R166OG-22VM01-001 1020. Державка R/L166.4FG-2525-22)	Пояснения (Комментарии для оператора)
N067	(РЕЗВА 42x4,5)	
N068	G97 S1147 M03	
N069	G00 X46. Z-14.	
N070	G76 D0.3 X36,5. Z-240. K3.5 F4,5.	Резьба М42-8g
N071	G00 X68. Z-150.	
N072	G97 S746 M03	
N073	G76 D0.3 X58. Z-240. K3.5 F6.	Резьба М64-8g
N074	M09	
N075	G00 X300. Z1.	
N076	G28	
N077	M30	
N078	%	

Заключение

Учебное пособие содержит основные элементы программирования токарных станков с ЧПУ. Показаны примеры программирования и составления УП для обработки детали на токарном станке с ЧПУ модели 16A20Ф3 оснащенного УЧПУ типа CNC мод. NC 210 отечественного производства.

Выбор станков с ЧПУ, программирование на них обработки, их наладка на отработку программ и собственно отработка программ – основные направления деятельности как оператора станков с ЧПУ, так и технолога-машиностроителя.

Владение навыками программирования и наладки станков с ЧПУ позволит будущему специалисту машиностроительного профиля в короткие сроки освоить профессиональную деятельность в реальных производственных условиях и обеспечит сокращение сроков освоения нового технологического оборудования.

Будущему специалисту в сфере профессионального образования владение навыками программирования и наладки станков с ЧПУ позволит наглядно, эффективно и понятно объяснять обучающимся основные принципы наладки современного технологического оборудования с ЧПУ.

В учебном пособии рассматриваются основы теории ЧПУ, представлены наиболее важные аспекты использования данного интеллектуального оборудования.

Главная цель заключается в том, чтобы студенты, инженеры и те, кто в будущем будет работать непосредственно на этих станках, ознакомились с каждой из функций ЧПУ и могли самостоятельно расширить знания об оборудовании с ЧПУ.

В учебном пособии также рассматриваются возможности современного металлорежущего инструмента для станков с ЧПУ. В работе предложены режущие инструменты ведущего производителя инструмента – фирмы «SANDVIK».

Учебное пособие предназначено для студентов технических специальностей средних учебных заведений, а также может быть полезно инженерно-техническим работникам, занимающимся повышением квалификации.

Контрольные вопросы

1. Что такое управляющая программа, из каких основных частей она состоит?
2. Каков формат кадра управляющей программы в общем случае?
3. Что такое слово управляющей программы, из каких символов оно состоит?
4. Каково назначение подготовительных функций и как они записываются в коде ISO?
5. Для чего нужны вспомогательные функции и как они записываются в коде ISO?
6. Какими функциями осуществляется включение вращения шпинделя и как производится выбор этих функций в зависимости от направления вращения?
7. Какими адресами кодируются скорость главного движения и скорость подачи и как в программе задаются единицы их измерения?
8. Что такое линейная интерполяция и каков ее формат кадра?
9. Что называют круговой интерполяцией и каков ее формат кадра?
10. Назначение и правила выбора системы координат детали.
11. Выбор центра инструмента.
12. Определение координат опорных точек траектории инструмента.
13. Понятие команды, кадра и управляющей программы. Формат кадра управляющей программы.
14. Программирование направления и скорости главного движения.
15. Программирование размерности и величины контурной подачи.
16. Программирование смены инструмента.
17. Программирование видов движений инструмента.

Список использованных источников

- 1 .Гжиров, Р.И. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник / Р.И. Гжиров, П.П. Серебrenицкий. – Л.: Машиностроение, 1990. – 588 с.
- 2 Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 1. Москва экономика 1990. - 207 с.
- 3 Кондаков, А.И. Выбор заготовок в машиностроении: Справочник / А.И. Кондаков, А.С. Васильев. – М.: Машиностроение, 2007. – 560 с.
4. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски: ГОСТ 7505-89. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 52 с.
5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением Часть II. Москва экономика 1990. - 473 с.
6. Кузнецов, Ю.И. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник / Ю.И. Кузнецов, А.Р. Маслов, А.Н. Байков. – М.: Машиностроение, 1983. – 359 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т./ под ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2003. – Т.2. – 941 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Ч.2 Нормативы режимов резания. – М.: Экономика, 1990.
9. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т./ под ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2003. – Т.1. – 911 с.
- 10 Каталог САНДВИК 2006 г
11. Сотников, В.И. Программирование и работа на станках, оснащенных системой ЧПУ 2P22: учебное пособие для вузов / В.И. Сотников. – Орел: Орел ГТУ, 2009. – 83 с
12. ГОСТ 24705-2004 Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры

ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное)

Таблица 1 Термины общетехнических понятий, относящихся к металлообрабатывающим станкам с ЧПУ

Термин	Определение
1. Управляющая программа в числовом программном управлении Управляющая программа (УП)	Совокупность команд на языке программирования, соответствующая заданному алгоритму функционирования станка по обработке конкретной заготовки
2. Ручная подготовка управляющей программы	Подготовка и контроль управляющей программы, в основном, без применения ЭВМ
3. Автоматизированная подготовка управляющей программы	Подготовка и контроль управляющей программы с применением ЭВМ
4. Системная программа в числовом программном управлении Системная программа	Программа системы числового программного управления, обеспечивающая распределение ее ресурсов, организацию процесса обработки, ввода-вывода и управления данными
5. Технологическая программа в числовом программном управлении Технологическая программа	Программа системы числового программного управления, обеспечивающая реализацию задач управления применительно к различным технологическим группам станков (токарные, фрезерные, сверлильные, КПО и др.).
6. Функциональная программа в числовом программном управлении Функциональная программа	Программа системы числового программного управления, обеспечивающая реализацию задач управления применительно к различным моделям станков внутри каждой группы
7. Программ носитель в числовом программном управлении	Носитель данных, на котором записана управляющая программа. Примечание. В качестве носителя данных могут применяться запоминающие устройства различного типа
8. Кадр управляющей программы в числовом программном управлении Кадр	Составляющая часть управляющей программы, вводимая и обрабатываемая как единое целое и содержащая не менее одной команды
9. Слово управляющей программы в числовом программном управлении Слово	Составляющая часть кадра управляющей программы, содержащая данные о параметре процесса обработки заготовки и (или) другие данные по выполнению управления
10. Адрес в числовом программном управлении Адрес	Часть слова управляющей программы, определяющая назначение следующих за ним данных, содержащихся в этом слове
11. Номер кадра управляющей программы в числовом программном управлении Номер кадра	Слово в начале кадра, определяющее последовательность кадров в управляющей программе
12. Формат кадра управляющей программы в числовом программном	Условная запись структуры и расположения слов в кадре управляющей программы с максимальным числом слов

управлении Формат кадра	
13. Главный кадр управляющей программы в числовом программном управлении Главный кадр	Кадр управляющей программы, содержащий все данные, необходимые для возобновления процесса обработки заготовки после его перерыва. Примечание. Главный кадр управляющей программы обозначают специальным символом
14. Абсолютный размер в управляющей программе Абсолютный размер	Линейный или угловой размер, задаваемый в управляющей программе и указывающий положение точки относительно принятого нуля отсчета
15. Размер в приращении в управляющей программе Размер в приращении	Линейный или угловой размер, задаваемый в управляющей программе и указывающий положение точки относительно координат точки предыдущего положения рабочего органа станка
16. Ускоренная отработка управляющей программы Ускоренная отработка	Автоматическая работа СЧПУ (УЧПУ), при которой предусмотренные в УП скорости подач автоматически заменяются на ускоренную подачу
17. Ввод управляющей программы в числовом программном управлении Ввод	Функционирование УЧПУ, при котором ввод данных в память УЧПУ с программ носителя происходит от ЭВМ верхнего ранга или с пульта оператора
18. Вывод управляющей программы в числовом программном управлении Вывод	Функционирование УЧПУ, при котором происходит вывод хранимой в памяти УЧПУ управляющей программы на носитель данных. Примечание. При выводе управляющей программы могут выводиться дополнительные данные, например, константы и т.п.
19. Поиск кадра в управляющей программе в числовом программном управлении Поиск кадра	Функционирование УЧПУ, при котором на программ носителе или в запоминающем устройстве УЧПУ обнаруживается заданный кадр управляющей программы по его номеру или специальному признаку
20. Редактирование управляющей программы в числовом программном управлении Редактирование	Функционирование УЧПУ, при котором управляющую программу изменяет оператор непосредственно у станка
21. Контурная скорость	Результирующая скорость подачи рабочего органа станка, вектор которой равен геометрической сумме векторов скоростей перемещения этого органа вдоль осей координат станка
22. Нулевая точка станка Ноль станка	Точка, принятая за начало системы координат станка
23. Исходная точка станка	Точка, определенная относительно нулевой точки станка и используемая для начала работы по управляющей программе
24. Фиксированная точка станка Фиксированная точка	Точка, определенная относительно нулевой точки станка и используемая для определения положения рабочего органа станка
25. Точка начала обработки	Точка, определяющая начало обработки конкретной заготовки

26. Нулевая точка детали Нуль детали	Точка на детали, относительно которой заданы ее размеры
27. Плавающий нуль	Свойство СЧПУ (УЧПУ) помещать начало отсчета перемещения рабочего органа в любое положение относительно нулевой точки станка
28. Дискретность задания перемещения	Минимальное перемещение или угол поворота рабочего органа станка, которые могут быть заданы в управляющей программе
29. Дискретность отработки перемещения	Минимальное перемещение или угол поворота рабочего органа станка, контролируемое в процессе управления
30. Максимальное программируемое перемещение	Наибольшее перемещение рабочего органа станка, которое может быть задано в одном кадре управляющей программы
31. Коррекция инструмента	Изменение с ПУ запрограммированных координат (координаты) рабочего органа станка
32. Коррекция скорости подачи	Изменение с пульта оператора запрограммированного значения скорости подачи
33. Коррекция скорости главного движения	Изменение с пульта оператора запрограммированного значения скорости главного движения станка
34. Значение коррекции положения инструмента	Расстояние по оси координат станка, на которое следует дополнительно сместить инструмент
35. Значение коррекции на длину инструмента	Расстояние вдоль оси вращающегося инструмента, на которое следует дополнительно сместить инструмент
36. Значение коррекции на фрезе	Расстояние по нормали к заданному контуру перемещения фрезы, на которое следует дополнительно переместить центр фрезы
37. Металлообрабатывающее оборудование	Станки для обработки металлов резанием: например, токарные, фрезерные, сверлильные, и тд., а также оборудование для обработки металлов давлением, например, листогибочные машины, дыропробивные прессы и прочее
38. Программируемое постоянное запоминающее устройство	Постоянное запоминающее устройство, содержание памяти которого может быть однократно изменено
39. Перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство ППЗУ	Постоянное запоминающее устройство, содержание памяти которого может быть многократно изменено. Примечание. Число циклов перепрограммирования равно 104-105
40. Программируемое постоянное запоминающее устройство с ультрафиолетовым стиранием СПЗУ	Постоянное запоминающее устройство, содержание памяти которого может быть изменено ограниченное число раз. Примечание. Число циклов перепрограммирования не превышает 100 раз

Кодирование подготовительных функций G и вспомогательных M по ГОСТ 20999-83

Таблица 1 Значения подготовительных функций G

Функция	Наименование	Значение
G00	Быстрое позиционирование	Перемещение в запрограммированную точку с максимальной скоростью (например, с наибольшей скоростью подачи). Предварительно запрограммированная скорость перемещения игнорируется, но не отменяется. Перемещения по осям координат могут быть некоординированные
G01	Линейная интерполяция	Вид управления, при котором обеспечивается постоянное отношение между скоростями по осям координат, пропорциональное отношению между расстояниями, на которые должен переместиться исполнительный орган станка по двум или более осям координат одновременно. При прямоугольной системе координат перемещение происходит по прямой линии
G02, G03	Круговая интерполяция	Вид контурного управления для получения дуги окружности, при котором векторные скорости по осям координат, используемые для образования дуги, изменяются устройством управления
G02	Круговая интерполяция. Движение по часовой стрелке	Круговая интерполяция, при которой движение исполнительного органа направлено по часовой стрелке, если смотреть со стороны положительного направления оси, перпендикулярной к обрабатываемой поверхности
G03	Круговая интерполяция. Движение против часовой стрелки	Круговая интерполяция, при которой движение исполнительного органа направлено против часовой стрелки, если смотреть со стороны положительного направления оси, перпендикулярной к обрабатываемой поверхности
G04	Пауза	Указание о временной задержке, конкретное значение которой задается в управляющей программе или другим способом. Применяется для выполнения тех или иных операций, протекающих известное время и не требующих ответа о выполнении
G06	Параболическая интерполяция	Вид контурного управления для получения дуги параболы, при котором векторные скорости по осям координат, используемые для образования этой дуги, изменяются устройством управления
G08	Разгон	Автоматическое увеличение скорости перемещения в начале движения до запрограммированного значения
G09	Торможение	Автоматическое уменьшение скорости перемещения относительно запрограммированной при приближении к запрограммированной точке
От G17 до G19	Выбор плоскости	Задание плоскости таких функций, как круговая интерполяция, коррекция на фрезу и других
G41	Коррекция на фрезу - левая	Коррекция на фрезу при контурном управлении. Используется, когда фреза находится слева от обрабатываемой поверхности, если смотреть от фрезы в направлении ее движения относительно заготовки

G42	Коррекция на фрезе - правая	Коррекция на фрезе при контурном управлении. Используется, когда фреза находится справа от обрабатываемой поверхности, если смотреть от фрезы в направлении ее движения относительно заготовки
G43	Коррекция на положение инструмента - положительная	Указание, что значение коррекции на положение инструмента необходимо сложить с координатой, заданной в соответствующем кадре или кадрах
G44	Коррекция на положение инструмента - отрицательная	Указание, что значение коррекции на положение инструмента необходимо вычесть из координаты, заданной в соответствующем кадре или кадрах
G53	Отмена заданного смещения	Отмена любой из функций G54-G59. Действует только в том кадре, в котором она записана
От G54 до G59	Заданное смещение	Смещение нулевой точки детали относительно исходной точки станка
G80	Отмена постоянного цикла	Функция, которая отменяет любой постоянный цикл
От G81 до G89	Постоянные циклы	Значения функций G81-G89 приведены в табл.6
G90	Абсолютный размер	Отсчет перемещения производится относительно выбранной нулевой точки
G91	Размер в приращениях	Отсчет перемещения производится относительно предыдущей запрограммированной точки
G92	Установка абсолютных накопителей положения	Изменение состояния абсолютных накопителей положения. При этом движения исполнительных органов не происходит
G93	Скорость подачи в функции, обратной времени	Указание, что число, следующее за адресом F, равно обратному значению времени в минутах, необходимому для отработки кадра
G96	Постоянная скорость резания	Указание, что число, следующее за адресом S, равно скорости резания в метрах в минуту. При этом скорость шпинделя регулируется автоматически с целью поддержания запрограммированной скорости резания
G97	Обороты в минуту	Указание, что число, следующее за адресом S, равно скорости шпинделя в оборотах в минуту

Примечания:

1. Постоянно неопределенные и неопределенные подготовительные функции предназначены для индивидуального использования в конкретных УЧПУ.
2. Допускается функцию G 04 выделять в отдельную группу или включать в группу, обозначенную буквой "а". Указание о включении G 04 в определенную группу или о действии ее только в том кадре, в котором она записана, должно быть приведено в эксплуатационной документации по ГОСТ 2.601-68 на конкретные УЧПУ.
3. Функции от G 40 до G 44 могут входить в одну группу.

Кодирование вспомогательных функций М по ГОСТ 20999-83 указаны в табл. 1

Таблица 1. Кодирование вспомогательных функций М

Обозн.	Наименование	Значение
M00	Программируемый останов	Останов без потери информации по окончании отработки соответствующего кадра. После выполнения команды происходит останов шпинделя, охлаждения, подачи. Работа возобновляется нажатием кнопки «Пуск»
M01	Останов с подтверждением	Функция аналогична M00, но выполняется только при предварительном подтверждении с ПУ.
M02	Конец программы	Указывает на завершение отработки УП приводит к останову шпинделя, подачи и выключению охлаждения после выполнения всех команд в кадре.
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке	Включает шпиндель в направлении, при котором винт с правой нарезкой, закрепленный в шпинделе, входит в заготовку
M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки	Включает шпиндель в направлении, при котором винт с правой нарезкой, закрепленный в шпинделе, выходит из заготовки
M05	Останов шпинделя	Останов шпинделя наиболее эффективным способом. Выключение охлаждения
M06	Смена инструмента	Команда на смену инструмента вручную или автоматически (без поиска инструмента). Может автоматически отключать шпиндель и охлаждение
M07	Включение охлаждения № 2	Включение охлаждения N 2 (например, масляным туманом)
M08	Включение охлаждения N 1	Включение охлаждения N 1 (например, жидкостью)
M09	Отключение охлаждения	Отменяет M07, M08
M10	Зажим	Относится к работе с зажимным приспособлением подвижных органов станка
M11	Разжим	То же
M19	Останов шпинделя в заданной позиции	Вызывает останов шпинделя при достижении им определенного углового положения
M30	Конец информации	Как и функция M02. Используется для установки в исходное состояние УЧПУ и (или) исходное положение исполнительных органов станка.
M49	Отмена ручной коррекции	Функция, указывающая на отмену ручной коррекции скорости подачи и (или) скорости главного движения и о возвращении этих параметров к запрограммированным значениям
M59	Постоянная скорость вращения шпинделя	Поддержание постоянным значения скорости шпинделя независимо от перемещения исполнительных органов станка и задействованной функции G 96

Примечание:

1. Постоянно неопределенные вспомогательные функции предназначенные для индивидуального использования приведены в эксплуатационной документации по ГОСТ 2.601-68 на конкретные УЧПУ.

1. СТРУКТУРА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Управляющую программу следует записывать на носитель данных в виде последовательности кадров.

1.2. Значения графических (цифры, буквы и знаки) и управляющих символов должны соответствовать указанным в табл.1

Таблица 1- Значения управляющих символов и знаков

Символ	Значение
A	Угол поворота вокруг оси X
B	Угол поворота вокруг оси Y
C	Угол поворота вокруг оси Z
D	Вторая функция инструмента
E	Вторая функция подачи
F	Первая функция (скорость) подачи
G	Подготовительная функция
H	Коррекция длины инструмента
I	Параметр угловой интерполяции или шаг резьбы параллельно оси X
J	Параметр круговой интерполяции или шаг резьбы параллельно оси Y
K	Параметр круговой интерполяции или шаг резьбы параллельно оси Z
L	Не определен
M	Вспомогательная функция
N	Номер кадра
O	Не определен
P	Третичная длина перемещения, параллельного оси X
Q	Третичная длина перемещения, параллельного оси Y
R	Перемещение на быстром ходу по оси Z или третичная длина перемещения, параллельного оси Z
S	Функция (скорость) главного движения
T	Первая функция инструмента
U	Вторичная длина перемещения, параллельного оси X
V	Вторичная длина перемещения, параллельного оси Y
W	Вторичная длина перемещения, параллельного оси Z
X	Первичная длина перемещения, параллельного оси X
Y	Первичная длина перемещения, параллельного оси Y
Z	Первичная длина перемещения, параллельного оси Z
ГТ	Символ, управляющий перемещением действующей позиции печати в следующую (заранее определенную) знаковую позицию на той же строке; предназначен для управления устройствами печати при распечатке управляющей программы; устройством ЧПУ не воспринимается
ПС	Символ, обозначающий конец кадра управляющей программы
%	Знак, обозначающий начало управляющей программы
(Знак, обозначающий, что следующая за ним информация не должна обрабатываться на станке
)	Знак, обозначающий, что следующая за ним информация должна обрабатываться на станке

+	Математический знак
-	Математический знак
	Десятичный знак
/	Знак, обозначающий, что следующая за ним информация до первого символа «Конец кадра» может обрабатываться или не обрабатываться на станке (в зависимости от положения органа управления на пульте управления устройства ЧПУ). Когда этот знак стоит перед символами «Номер кадра» и «Главный кадр», он действует на целый кадр управляющей программы
:	Знак, обозначающий главный кадр управляющей программы

Примечания:

1. Обозначения кодовых позиций символов - по ГОСТ 13052-74.
2. В табл. 2 не включены управляющие символы ВК, ПР, ЗБ, ПУС, не воспринимаемые УЧПУ. Наименование и значение этих символов - по ГОСТ 19767-74.
3. При печатании машинописного бланка управляющей программы (распечатка программы) символы "Табуляция" и "Конец кадра" не печатаются.
4. Управляющую программу следует записывать на носитель данных в виде последовательности кадров.
- 5 Значения графических (цифры, буквы и знаки) и управляющих символов должны соответствовать указанным в табл.1.