

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»
Рязанский станкостроительный колледж РГРТУ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дисциплине

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Специальность 15.02.08 Технология машиностроения

Квалификация выпускника техник

Форма обучения заочная

Рязань 2023

Рассмотрено и рекомендовано к утверждению на заседании цикловой комиссии
обще профессиональных дисциплин

Протокол №5 от 19.04.2023

Председатель комиссии Агарков В.А.

Разработчик: Лобанов М.Ю., преподаватель РССК «РГРТУ»

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ	4
1.1 Предисловие	4
1.2 Требования предъявляемые к домашней контрольной работе	4
1.3 Разбивка по вариантам контрольной работы	5
2 ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	6
2.1 Паспорт рабочей программы учебной дисциплины «Программирование для автоматизированного оборудования»	6
2.1.1 Область применения программы	6
2.1.2 Место учебной дисциплины в структуре программы подготовки специалистов среднего звена	6
2.1.3 Цели и задачи дисциплины – требования к результатам освоения дисциплины	6
2.1.4 Количество часов на освоение программы дисциплины	6
2.2 Тематический план и содержание учебной дисциплины «Программирование для автоматизированного оборудования»	8
2.3 Задания для дифференциального зачёта	9
3 ЗАДАНИЯ ДЛЯ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	10
4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	11
5 СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	11

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Предисловие

Методические указания по выполнению домашней контрольной работы студентов по дисциплине «Программирование для автоматизированного оборудования» предназначены для студентов специальности 15.02.08 Технология машиностроения.

Целенаправленная работа студентов по дисциплине «Программирование для автоматизированного оборудования», в соответствии с данными методическими указаниями, а также аудиторная работа под руководством преподавателя призваны обеспечить высокий уровень подготовки студентов, соответствующий требованиям ФГОС СПО по дисциплине «Программирование для автоматизированного оборудования».

Настоящие методические указания содержат задание на контрольную работу с краткими методическими рекомендациями по её выполнению и необходимым справочным материалом.

Выполнение домашней контрольной работы позволит студентам овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по специальности, опытом творческой и исследовательской деятельности.

1.2 Требования, предъявляемые к домашней контрольной работе

1. Выписать номера заданий своего варианта.
2. Правильно и аккуратно переписать задание контрольной работы по своему варианту. Работы, выполненные по другому варианту, возвращаются без проверки.
3. Решения сопровождать пояснениями, указывать единицы величин.
4. Работу выполнять чернилами разборчиво (либо печатным текстом).
5. В тетради необходимо оставлять поля и место в конце работы для замечаний и заключения преподавателя. Страницы пронумеровать.
6. В конце работы привести список использованных источников, проставить дату выполнения работы и подпись.
7. Работа, выполненная не по своему варианту, не засчитывается и возвращается.
8. После получения зачётной работы следует изучить все замечания и поправки преподавателя и исправить ошибки.
9. При не зачётной работе она выполняется заново по варианту, указанному преподавателем. На проверку в этом случае отправляются обе работы: не зачётная и выполненная заново.
10. Для получения положительной оценки по домашней контрольной работе необходимо выполнить все задания. Критерии оценки:
 - оценка «отлично» выставляется студенту, если все задания выполнены в полном объёме, правильно, с приведением пояснительного иллюстративного материала в виде рисунков, схем, таблиц и т.д.

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если в ответах на теоретические вопросы и в практическом задании допущены незначительные неточности.
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если в практическом задании и в ответах на вопросы допущены существенные неточности.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если неправильно даны ответы на поставленные вопросы и неправильно выполнено практическое задание.
- Неаккуратное выполнение контрольной работы, несоблюдение принятой размерности и плохое выполнение чертежей и схем могут послужить причиной возвращения её для переделки.

1.3 Разбивка по вариантам контрольной работы

Выполняется одна контрольная работа. Варианты для каждого студента индивидуальные. Номер варианта определяется двумя последними цифрами номера личного дела (шифра). Например, номера личных дел 13, 50, 835, 1103, 2300. Номера вариантов будут: 13, 50, 35, 03, 00.

Дать ответы на два теоретических вопроса из предложенного списка согласно таблице вариантов и выполнить одно практическое задание:

Первые два числа указанные в ячейках таблицы вариантов соответствуют номерам вопросов, а последнее указывает номер практического задания.

Таблица вариантов 0 – 99

Предпоследняя цифра шифра студента	Последняя цифра шифра студента									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1;17	2;18	3;19	4;20	5;21	6;22	7;23	8;24	9;25	10;26
1	11;27	12;28	13;29	14;30	15;31	16;32	17;33	1;13	2;14	3;15
2	4;16	5;17	6;18	7;19	8;20	9;21	10;22	11;23	12;24	13;25
3	14;26	15;27	16;28	17;29	18;30	19;31	20;32	21;33	22;1	23;2
4	24;3	25;4	26;5	27;6	28;7	29;8	30;9	31;10	32;11	33;12
5	13;23	14;25	15;25	16;26	17;27	18;28	19;29	20;30	21;31	22;32
6	23;33	1;15	2;16	3;17	4;18	5;19	6;20	7;21	8;22	9;23
7	10;24	11;25	12;26	13;27	14;28	15;29	1;30	2;31	3;32	4;33
8	5;14	6;15	7;16	8;17	9;18	10;19	11;20	12;21	13;22	14;23
9	15;24	16;25	17;26	18;27	19;28	20;29	21;30	22;31	23;32	24;33

2. ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 паспорт рабочей программы учебной дисциплины

«Программирование для автоматизированного оборудования»

2.1.1 Область применения программы

Рабочая программа учебной дисциплины является частью программы подготовки специалистов среднего звена в соответствии с ФГОС СПО по специальности 15.02.08 Технология машиностроения.

2.1.2 Место учебной дисциплины в структуре программы подготовки специалистов среднего звена

Учебная дисциплина «Программирование для автоматизированного оборудования» относится к профессиональному циклу. Особое значение дисциплина имеет при формировании и развитии следующих общих компетенций:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность. ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 1.1. Использовать конструкторскую документацию при разработке технологических процессов изготовления деталей.

ПК 1.2. Выбирать метод получения заготовок и схемы их базирования.

ПК 1.3. Составлять маршруты изготовления деталей и проектировать технологические операции.

ПК 1.4. Разрабатывать и внедрять управляющие программы обработки деталей.

ПК 1.5. Использовать системы автоматизированного проектирования технологических процессов обработки деталей.

ПК 2.1. Участвовать в планировании и организации работы структурного подразделения.

ПК 2.2. Участвовать в руководстве работой структурного подразделения.

ПК 2.3. Участвовать в анализе процесса и результатов деятельности подразделения

ПК 3.1. Участвовать в реализации технологического процесса по изготовлению деталей.

ПК 3.2. Проводить контроль соответствия качества деталей требованиям технической документации.

2.1.3 Цели и задачи учебной дисциплины – требования к результатам освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **уметь:**

- Использовать справочную и исходную документацию при написании управляющих программ (УП);
- Рассчитывать траекторию и эквидистанты инструментов, их исходные точки, координаты опорных точек контура детали;
- Заполнять формы сопроводительной документации;
- Выводить УП на программноносители, заносить УП в память системы ЧПУ станка;
- Производить корректировку и доработку УП на рабочем месте.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **знать:**

- Методы разработки и внедрения управляющих программ для обработки простых деталей в автоматизированном производстве

2.1.4 Количество часов на освоение программы учебной дисциплины

максимальной учебной нагрузки обучающегося 108 ч, в том числе:

обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося 18 ч;

самостоятельной работы обучающегося 90 ч.

2.2 Тематический план и содержание учебной дисциплины «Программирование для автоматизированного оборудования»

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, практические работы, самостоятельная работа обучающихся	Объем часов	Источники (главы, §, п., страницы)	Контрольные работы (номера вопросов, задач)
1	2	3	4	5
Введение		10		
Основные понятия и определения	<i>Содержание учебного материала</i> Введение. Управляющая программа (УП) и её состав. Понятие – ЧПУ. Виды ЧПУ. Понятия – УЧПУ, СЧПУ. Виды УЧПУ. Режимы работы УЧПУ. Нулевые, фиксированные и прочие точки. Коррекция и её виды. Виды информации, используемой при программировании. Определения, связанные с заданием и расчётом траектории инструмента.	1	[1]9-13	
	<i>Практическое занятие</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа</i> Изучение содержания темы по учебнику и другим источникам, выполнение домашней контрольной работы (ДКР)	9		
Раздел I. Разработка управляющей программы (УП)		64		
Тема 1.1. Этапы подготовки управляющей программы (УП)	<i>Содержание учебного материала</i> Стадии разработки технологический процесса (ТП) обработки с использованием станков с ЧПУ. Задачи решаемые при проектировании операции на станке с ЧПУ. Этапы подготовки УП.		[1]6-7	
	<i>Практическое занятие</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа</i> Изучение содержания темы по учебнику и другим источникам, выполнение (ДКР)	2		
Тема 1.2. Технологическая документация	<i>Содержание учебного материала</i> Требования к технологической документации. Справочная, исходная и сопроводительная документация.		конспект	
	<i>Практическое занятие</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа</i> Изучение содержания темы по учебнику и другим источникам, выполнение (ДКР)	6		

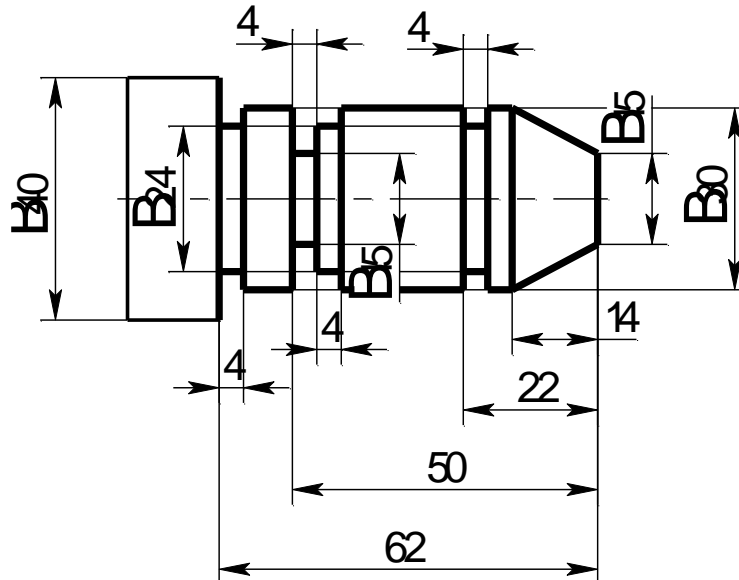
Тема 1.3. Системы координат детали, станка, инструмен та	<i>Содержание учебного материала</i> Система координат детали. Назначение. Прямоугольная, цилиндрическая и сферическая системы координат. Система координат станка. Назначение. Стандартная система координат в соответствии с рекомендациями комитета ИСО для станков различных технологических групп. Использование правила правой руки для определения положительного направления осей координат. Система координат инструмента. Назначение. Выбор системы координат инструмента. Связь между системами координат детали, станка, инструмента.	1	[1]14-21 [2д]28-30	
	<i>Практическое занятие</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа</i> Изучение содержания темы по учебнику и другим источникам, выполнение (ДКР)	7		
Тема 1.4. Расчёт элементов контура детали	<i>Содержание учебного материала</i> Геометрические элементы контура детали. Опорная точка. Решение типовых геометрических задач. Пример расчёта координат опорных точек контура детали.		конспект	
	<i>Практическое занятие</i>			
	<i>Самостоятельная работа</i> Изучение содержания темы по учебнику и другим источникам, выполнение (ДКР)	6		
Тема 1.5. Расчёт элементов траектории и инструмен та	<i>Содержание учебного материала</i> Эквидистанта. Эквидистанта к отрезку прямой, к дуге окружности. Сопряжение соседних участков эквидистанты. Пример расчёта координат опорных точек эквидистанты.		конспект	
	<i>Практическое занятие</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа</i> Выполнение расчётно-вычислительных заданий. Изучение содержания темы по учебнику и другим источникам, выполнение (ДКР)	4		
Тема 1.6. Структура УП и её формат	<i>Содержание учебного материала</i> Управляющая программа, информация, содержащаяся в УП, структура кадра, значение стандартных адресов (M и G – функций)	1	[1]23-25[2д]31-35, 91, 108-112	
	<i>Практическое занятие</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа</i> Изучение содержания темы по учебнику и другим источникам, выполнение (ДКР)	15		

Тема 1.7. Применение G – функций.	Содержание учебного материала Назначение, порядок применения, формат записи основных G – функций.	1	[1]63-84 [2д]35-40, 43-60, 112-117	
	Практическое занятие	-		
	Самостоятельная работа Изучение содержания темы по учебнику и другим источникам, выполнение (ДКР)	19		
Тема 1.8. Запись, контроль и редактирование УП	Содержание учебного материала Программирование обработки (на примере сверлильного станка с ЧПУ) с использованием различных G – функций (коррекция инструмента, постоянные циклы и т.п.).		[1]187-205	
	Самостоятельная работа Изучение содержания темы по учебнику и другим источникам, выполнение (ДКР)	2		
Раздел 2. Работа с устройством ЧПУ		10		
Тема 2.1. Пульт устройства ЧПУ	Содержание учебного материала Пульт устройства ЧПУ FANUC-0i станка TAKISAWA EX-105. Назначение органов управления и клавиш пульта		[1]165-187 [2д]86-90, 106-108	
	Лабораторная работа			
	Самостоятельная работа Изучение содержания темы по учебнику и другим источникам, выполнение (ДКР)	5		
Тема 2.2. Ввод, вывод, редактирование УП на рабочем месте	Содержание учебного материала Порядок ввода, вывода, редактирования УП		[1]187-205	
	Лабораторная работа			
	Самостоятельная работа Изучение содержания темы по учебнику и другим источникам, выполнение (ДКР)	5		
Раздел 3. Программирование обработки деталей на металлорежущих станках с ЧПУ		24		
Тема 3.1. Программирование обработки деталей на сверлильных станках с ЧПУ	Содержание учебного материала Виды отверстий и последовательность переходов их обработки. Типовые технологические схемы обработки отверстий. Последовательный, параллельный и комбинированный методы обработки групп отверстий. Карта наладки сверлильного станка с ЧПУ. Стандартные циклы обработки отверстий. Примеры программирования обработки групп отверстий на сверлильном станке с ЧПУ	1	[1]85-97 [2д]63-86	
	Практическое занятие Разработка УП обработки отверстий на	4		

	сверлильном станке с ЧПУ			
	<i>Самостоятельная работа</i> Выполнение расчётно-вычислительных заданий. Оформление практических занятий. Изучение содержания темы по учебнику и другим источникам, выполнение (ДКР).	5		
Тема 3.2. Программирование обработки деталей на токарных станках с ЧПУ	<i>Содержание учебного материала</i> Переходы токарной обработки. Зона выборки массива материала. Открытые, полуоткрытые и закрытые зоны выборки массива. Типовые технологические схемы обработки зон выборки массива материала. Схема обработки канавок, резьбовых поверхностей. Карта наладки токарного станка с ЧПУ. Программирование обработки деталей на токарных станках с ЧПУ.	2	[1]22-50, 97-129 [2д]106-	
	<i>Практическое занятие</i> Разработка УП обработки детали на токарном станке с ЧПУ	4		
	<i>Самостоятельная работа</i> Выполнение расчётно-вычислительных заданий. Оформление практических занятий. Изучение содержания темы по учебнику и другим источникам, выполнение (ДКР)	2		
Тема 3.3. Программирование обработки деталей на фрезерных станках с ЧПУ	<i>Содержание учебного материала</i> Переходы фрезерной обработки. Типовые технологические схемы обработки открытых, полуоткрытых и закрытых поверхностей. Многокоординатная обработка контуров и поверхностей на фрезерном станке с ЧПУ. Карта наладки фрезерного станка с ЧПУ для обработки заданной детали. Программирование обработки контуров и поверхностей на фрезерном станке с ЧПУ.	1	[1]51-62, 129-165 [2д]91-105	
	<i>Практическое занятие</i> Разработка УП обработки детали на фрезерном станке с ЧПУ	2		
	<i>Самостоятельная работа</i> Выполнение расчётно-вычислительных заданий. Оформление практических занятий. Изучение содержания темы по учебнику и другим источникам, выполнение (ДКР)	5		
Итоговый контроль: экзамен				
Всего:		108		

2.3 Задания для экзамена

2.3.1 Выполнить письменно практическое задание аналогичное практическому заданию домашней контрольной работы. Чертёж детали получить у преподавателя. Например,



Текст задания:

- 1) Нарисовать (в масштабе) эскиз одной токарной операции с указанием:
 - схемы базирования,
 - осей координат и нулевой точки программы,
 - обрабатываемых поверхностей (выделить линией толщиной **2S**),
 - получаемых в данной операции размеров с необходимыми допусками (на продолжении размерной линии в кружке \overline{B} 10 мм указать номер размера).

2) составить план обработки по переходам с указанием:

- № инструмента и его вида (например, инструмент №1 – резец упорно проходной),
- вида и типа работ (например, черновое точение)
- поверхности обработки (например, торец, фаска и т.п.)
- номеров размеров

Например,

- инструмент №1 – резец упорно проходной производит наружное черновое точение торцов и цилиндрических поверхностей с номерами размеров 2, 4, 8, 10.
- и т.д.

3) Нарисовать циклограммы движений вершин каждого инструмента.

4) Составить таблицы координат опорных точек.

5) Составить управляющую программу и расшифровать её (режимы резания назначить без расчёта, можно согласовать с преподавателем).

2.3.2 Дать развёрнутые устные ответы на два вопроса из перечисленных (при необходимости ответ можно проиллюстрировать рисунками):

1. Этапы подготовки УП
2. Технологическая документация (определение, классификация)
3. Справочная документация
4. Сопроводительная документация
5. Виды систем координат
6. Системы координат станков с ЧПУ различных групп.
7. Система координат инструмента.
8. Система координат детали
9. Эквидистанта. Построение эквидистанты
10. Аппроксимация. Построение
11. Структура УП
12. Зоны обработки (токарная обработка)
13. Схемы обработки (токарная обработка)
14. Обработка винтовых поверхностей
15. Типовые схемы нарезания резьбы
16. Обработка отверстий
17. Методы обхода отверстий инструментами
18. Последовательность переходов при обработке на сверлильных станках с ЧПУ
19. Схемы сверлильной обработки
20. Обработка контуров и плоскостей (фрезерная обработка)
21. Фрезерная обработка. Схемы обработки контуров
22. Схемы обработки плоских поверхностей
23. Схемы объёмной обработки
24. Пятикоординатная фрезерная обработка
25. Технические средства подготовки УП
26. Автоматические средства подготовки УП
27. Расшифровать и объяснить понятие «ЧПУ». Виды ЧПУ
28. Расшифровать и объяснить понятие – «УЧПУ». Виды УЧПУ
29. Виды начальных (нулевых и т.п) точек и их сущность
30. Виды «Коррекций», их сущность и как они обеспечиваются
31. Объяснить понятия «Опорная точка», «Геометрический элемент»
32. Дать краткое описание G – функций; M – функций
33. Назначение, порядок применения формат записи основных G – функций

3. Задания для домашней контрольной работы

3.1 Дать ответы на два вопроса из предложенного списка согласно таблице вариантов:

Таблица вариантов 0 – 99

Предпоследняя цифра шифра студента	Последняя цифра шифра студента									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1;17	2;18	3;19	4;20	5;21	6;22	7;23	8;24	9;25	10;26
1	11;27	12;28	13;29	14;30	15;31	16;32	17;33	1;13	2;14	3;15
2	4;16	5;17	6;18	7;19	8;20	9;21	10;22	11;23	12;24	13;25
3	14;26	15;27	16;28	17;29	18;30	19;31	20;32	21;33	22;1	23;2
4	24;3	25;4	26;5	27;6	28;7	29;8	30;9	31;10	32;11	33;12
5	13;23	14;25	15;25	16;26	17;27	18;28	19;29	20;30	21;31	22;32
6	23;33	1;15	2;16	3;17	4;18	5;19	6;20	7;21	8;22	9;23
7	10;24	11;25	12;26	13;27	14;28	15;29	1;30	2;31	3;32	4;33
8	5;14	6;15	7;16	8;17	9;18	10;19	11;20	12;21	13;22	14;23
9	15;24	16;25	17;26	18;27	19;28	20;29	21;30	22;31	23;32	24;33

3.2 Выполнить письменно практическое задание (номер чертежа детали – третья цифра в таблице вариантов).

1) Нарисовать (в масштабе) эскиз одной операции с указанием:

- схемы базирования,
- осей координат и нулевой точки программы,
- обрабатываемых поверхностей (выделить линией толщиной **2S**),
- получаемых в данной операции размеров с необходимыми допусками (на продолжении размерной линии в кружке **Ъ** 10 мм указать номер размера).

2) составить план обработки по переходам с указанием:

- № инструмента и его вида (например, инструмент №1 – резец упорно проходной),
- вида и типа работ (например, черновое точение)
- поверхности обработки (например, торец, фаска и т.п.)
- номеров размеров

Например,

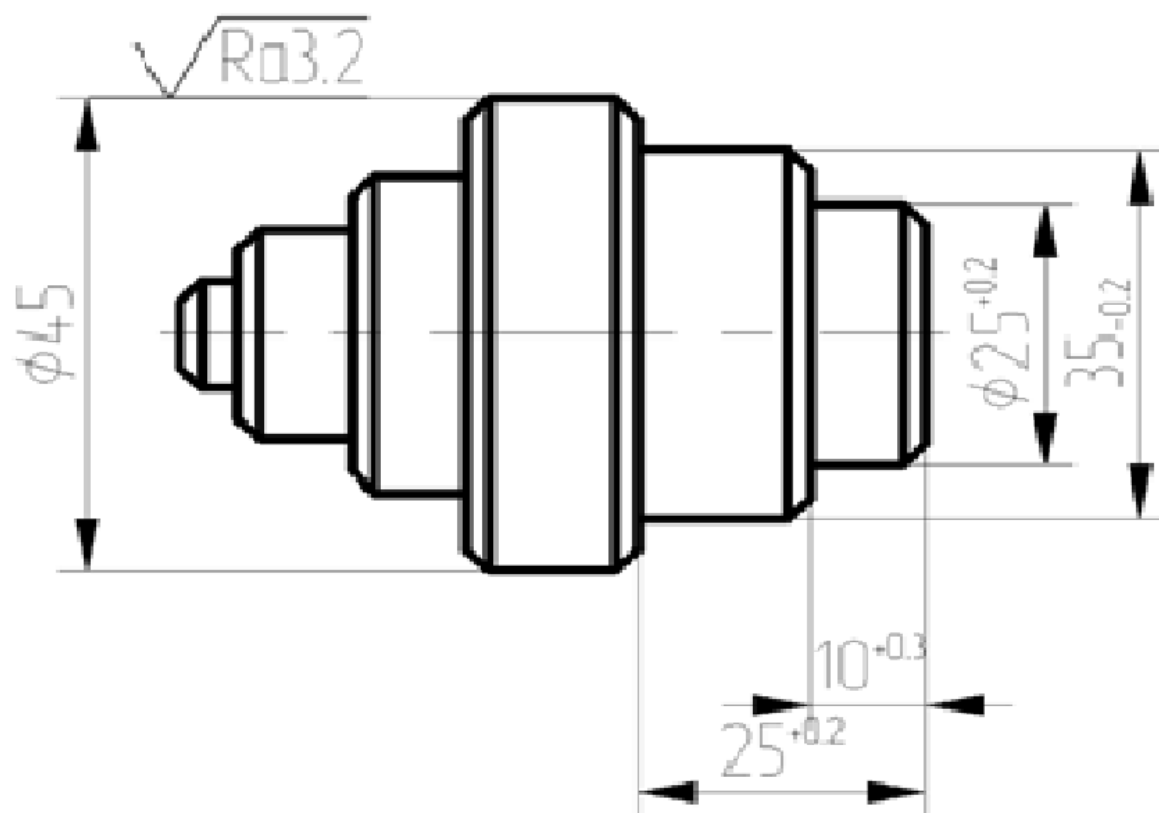
- инструмент №1 – резец упорно проходной производит наружное черновое точение торцов и цилиндрических поверхностей с номерами размеров 2, 4, 8, 10.
- и т.д.

3) Нарисовать циклограммы движений вершин каждого инструмента.

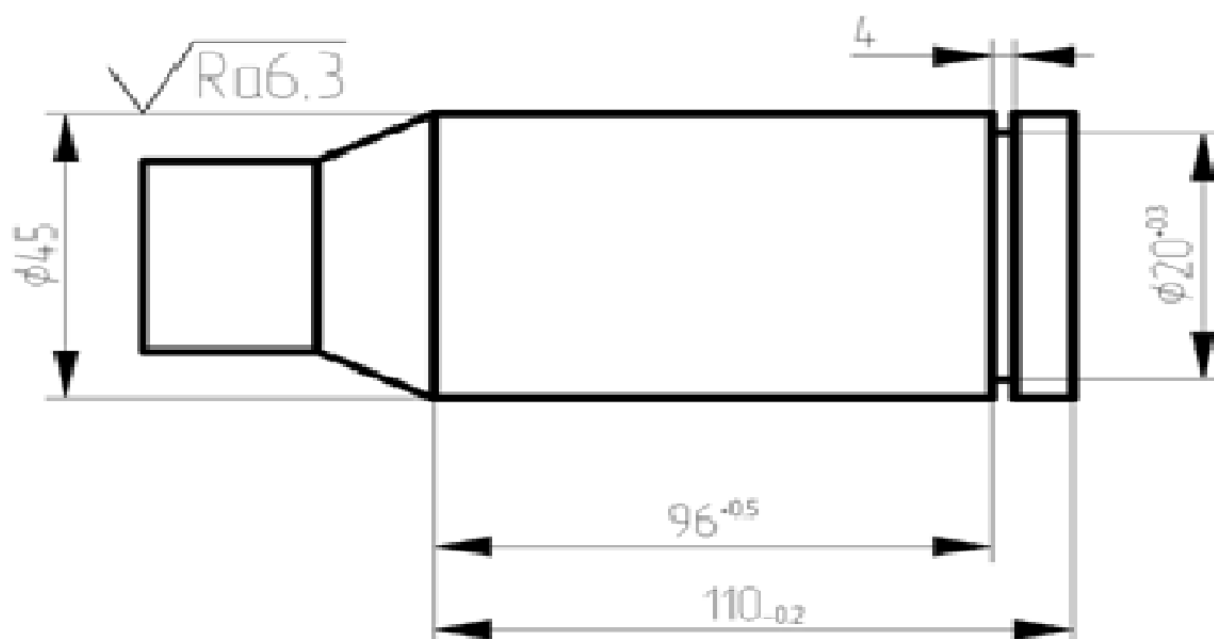
4) Составить таблицы координат опорных точек.

5) Составить управляющую программу и расшифровать её (режимы резания назначить без расчёта, можно согласовать с преподавателем).

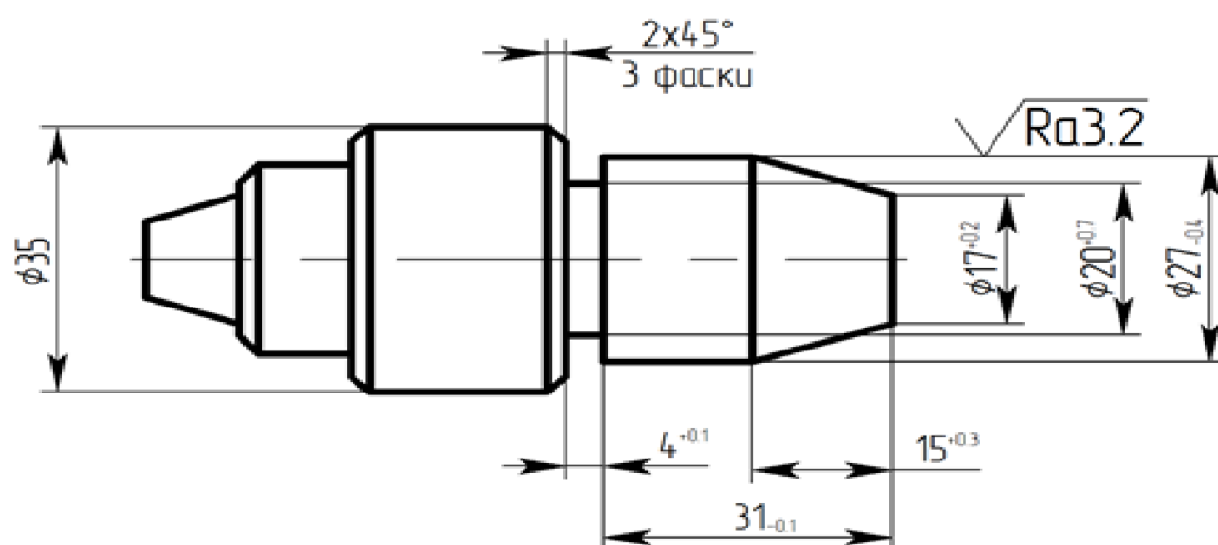
Задание №1



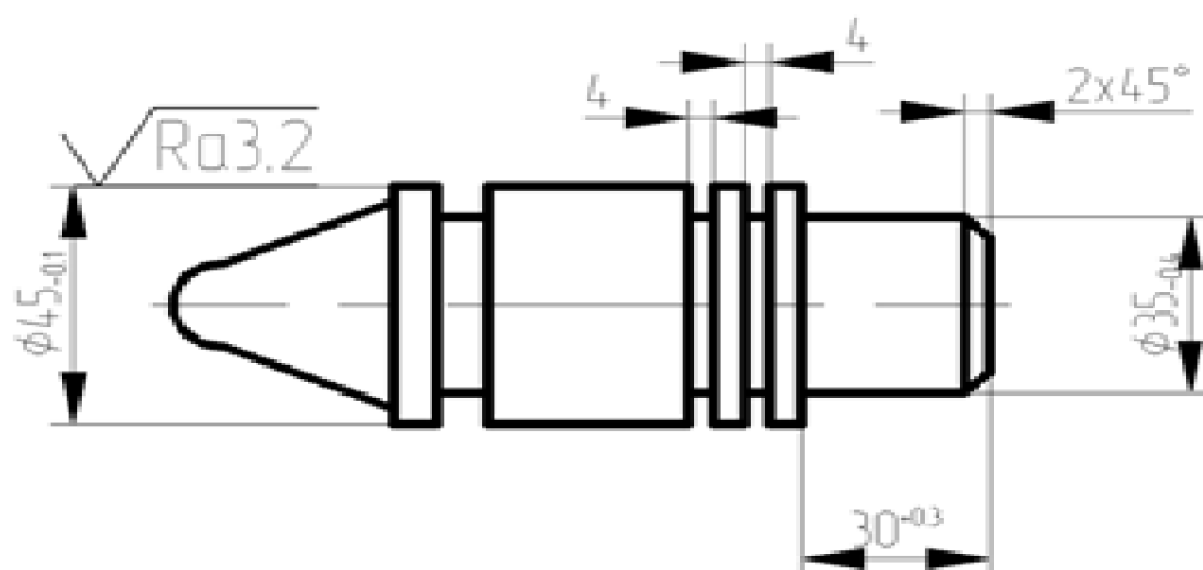
Задание №2

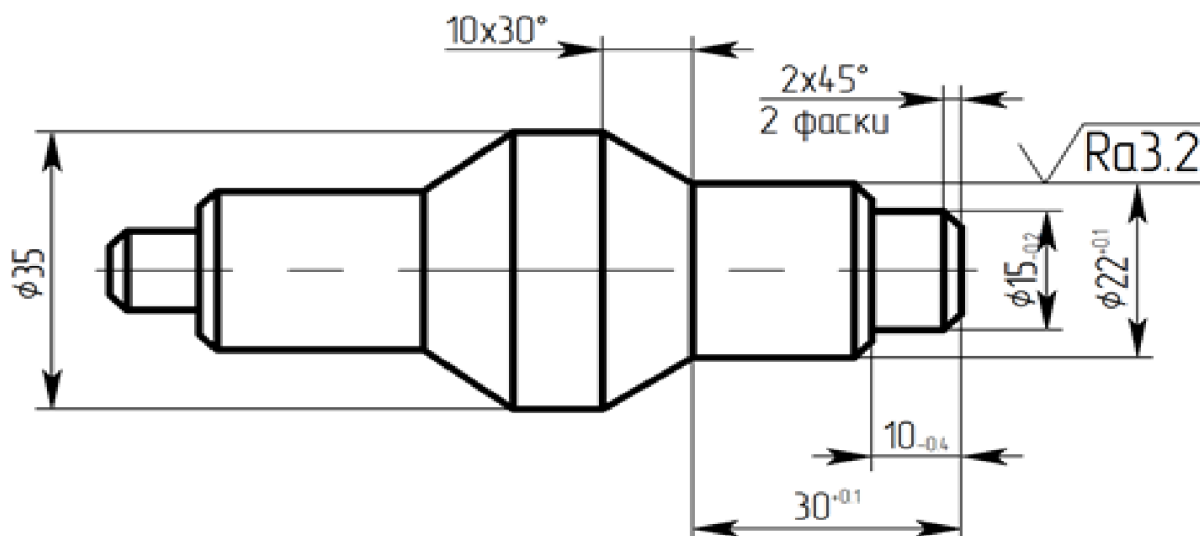


Задание №3



Задание №4





4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Методические указания к ответу на теоретические вопросы.

Для правильного и качественного ответа следует изучить соответствующий материал из рекомендованной литературы. Ответ на вопрос должен быть конкретным и проиллюстрирован необходимыми схемами, графиками и рисунками.

Методические указания к решению практического задания.

Практическое задание выполняется по плану, приведённому в пункте 3.2 данных методических указаний.

При выполнении задания можно использовать Справочные таблицы с М и G функциями

	Наименование функции	Значение функции
Подготовительные функции		
G00	Быстрое позиционирование (линейная интерполяция* при ускоренном перемещении)	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 нескорректированными.
G01	Линейная интерполяция с заданной скоростью подачи	Команда на перемещение исполнительного органа станка, 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 станка перемещение происходит по прямой линии со скоростью, заданной в программе при помощи адреса F.
G02	Круговая интерполяция с перемещением по часовой стрелке	Команда на перемещение со скоростью, заданной в программе при помощи адреса F, по дуге окружности в направлении по часовой стрелке, если смотреть со стороны положительного направления координатной оси, перпендикулярной обрабатываемой поверхности.
G03	Круговая интерполяция с перемещением против часовой стрелки	Команда на перемещение со скоростью, заданной в программе при помощи адреса F, по дуге окружности в направлении против часовой стрелки, если смотреть со стороны положительного направления оси, перпендикулярной обрабатываемой поверхности.
G04	Пауза (выдержка в отработке программы на определенное время)	Команда на временную задержку в отработке программы, конкретное значение которой задается отдельно в программе или иным способом. Применяется для выполнения операций, протекающих известное время и не требующих сообщения о выполнении.
G06	Параболическая интерполяция	Команда на перемещение со скоростью, заданной в программе при помощи адреса F, по дуге параболы.
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.
G17	Выбор плоскости XY	Задание плоскости XY для выполнения таких функций как круговая интерполяция, коррекция на фрезу и т.п.
G18	Выбор плоскости XZ	Задание плоскости XZ для выполнения таких функций как круговая интерполяция, коррекция на фрезу и т.п.
G19	Выбор плоскости YZ	Задание плоскости YZ для выполнения таких функций как круговая интерполяция, коррекция на фрезу и т.п.
G41	Коррекция левая на радиус (диаметр)	Коррекция на диаметр или радиус режущей части инструмента. Используется совместно с обозначением корректора на радиус (диаметр) инструмента, численное

	инструмента	значение которого занесено в память ЧПУ станка, когда режущая часть инструмента находится слева от обрабатываемой поверхности, если смотреть от режущей части инструмента в направлении перемещения инструмента относительно обрабатываемой заготовки.
G42	Коррекция правая на радиус (диаметр) инструмента	Коррекция на диаметр или радиус режущей части инструмента. Используется совместно с обозначением корректора на радиус (диаметр) инструмента, численное значение которого занесено в память ЧПУ станка, когда режущая часть инструмента находится справа от обрабатываемой поверхности, если смотреть от режущей части инструмента в направлении перемещения инструмента относительно обрабатываемой заготовки.
G43	Коррекция положительная на положение (длину вылета) инструмента	Указание, что численное значение выбранной коррекции на длину вылета режущей части инструмента, занесенное в память ЧПУ станка, необходимо сложить со значением координаты, заданной в соответствующих кадрах программы.
G44	Коррекция отрицательная на положение (длину вылета) инструмента	Указание, что численное значение выбранной коррекции на длину вылета режущей части инструмента, занесенное в память ЧПУ станка, необходимо вычесть из значения координаты, заданной в соответствующих кадрах программы.
G53	Отмена заданного смещения координат	Отмена любого смещения координат, заданного при помощи функций G54...G59.
G54 ... G59	Заданное смещение координат	Смещение координат нулевой точки детали относительно исходной точки станка. Конкретный вариант кода определяется особенностями системы ЧПУ станка.
G80	Отмена постоянного цикла	Команда, отменяющая выполнение любого постоянного цикла
G81 ... G89	Постоянные циклы	Команды на выполнение постоянных циклов. Вид циклов и характер движений исполнительных органов станка при их исполнении определяется особенностями системы ЧПУ станка.
G90	Абсолютный размер	Отсчет перемещений исполнительных органов станка производится в абсолютной системе координат относительно выбранной нулевой точки.
G91	Размер в приращениях	Отсчет перемещений исполнительных органов станка производится в относительной системе координат относительно предыдущей запрограммированной точки.
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.
Вспомогательные функции		
M00	Программируем	Команда на останов программы без потери информации с

	ый останов	остановом шпинделя, прекращением движения подач и выключением охлаждения. После нажатия кнопки «Пуск» на пульте управления выполнение программы возобновляется с кадра, следующего за кадром с командой M00.
M01	Программируемый останов с подтверждением	Команда, аналогичная M00, отличающаяся тем, что выполняется системой ЧПУ только после получения предварительного подтверждения с пульта управления.
M02	Конец программы	Указывает на завершение отработки программы и приводит к останову шпинделя, прекращению подачи и выключению охлаждения после выполнения всех команд в кадре. Используется для приведения в исходное состояние системы ЧПУ и (или) приведения в исходное положение исполнительных органов станка.
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке	Команда на включение вращения шпинделя в направлении, при котором вектор линейной скорости резания направлен: при вращающейся заготовке - от обрабатываемой поверхности заготовки к передней поверхности режущей части инструмента; при вращающемся инструменте - и от передней поверхности режущей части инструмента к обрабатываемой поверхности заготовки.
M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки	Команда на включение вращения шпинделя в направлении, противоположном направлению вращения по часовой стрелке
M05	Останов шпинделя	Команда на останов шпинделя и выключение охлаждения
M06	Смена инструмента	Команда на смену инструмента вручную или автоматически (без поиска закодированной ячейки сменного инструмента)
M30	Конец информации	Команда на останов шпинделя, прекращение подачи и выключение охлаждения. Используется для приведения в исходное состояние системы ЧПУ, включая приведение в исходное положение исполнительных органов станка.

Приложение №2 – Подготовительные и вспомогательные функции системы ЧПУ Fanuc 18M (Фрезерная)

G СЛОВО

G – слово представляет собой подготовительную команду, которая настраивает процессор ЧПУ на выполнение конкретной операции. Оно имеет формат G2 от 00 до 99. Некоторые G-коды автоматически активизируются процессором ЧПУ при следующих обстоятельствах.

1. Включение питания станка.
2. Считывание кода «конец программы» M02 или M30.
3. Перезапуск процессора ЧПУ.
4. Аварийная остановка.

Существует два типа G – кода:

1. немодальные G-коды, которые действуют только в блоке, в котором они запрограммированы,
2. модальные G-коды, которые действуют до тех пор, пока не будут заменены другим G-кодом из той же группы.

В приложении приведен перечень G-кодов по группам, которые используются с процессором ЧПУ Fanuc M18.

В блоке данных допускается использовать только один G-код из каждой группы. Если в блоке данных с клавиатуры или с ленты запрограммировано более одного G-кода, то активным будет последний из противоречащих G-кодов, заведенных в этот блок данных.

G-коды, содержащие начальный нуль, могут записываться в программу без нуля.

Пример: код G01 может быть записан как G1.

Подготовительные функции

G СЛОВО	Группа	Определение
G00	1	Режим быстрого позиционирования
G01	1	Линейная интерполяция
G03	1	Круговая интерполяция против часовой стрелки
G04	0	Выстой
G10	0	Включение режима ввода данных
G11	0	Выключение режима ввода данных
G15	17	Отмена полярных координат
G16	17	Активизация полярных координат
G17	2	Выбор плоскости XY
G18	2	Выбор плоскости XZ
G19	2	Выбор плоскости YZ
G20	6	Ввод данных в дюймах
G21	6	Ввод данных в метрических единицах
G22	9	Активизация заданных пределов хода
G23	9	Отмена заданных пределов хода
G25	24	Включение отслеживания отклонений скорости шпинделя
G26	24	Выключение отслеживания отклонений скорости шпинделя
G27	0	Проверка возврата в исходное положение
G28	0	Возврат в исходное положение
G29	0	Возврат из исходного положения
G30	0	Возврат в положение смены инструмента
G31	0	Пропуск функции
G39	0	Круговая интерполяция с коррекцией угла

G40	7	Отмена коррекции на диаметр инструмента
G41	7	Активизация коррекции на диаметр инструмента (деталь справа)
G42	7	Активизация коррекции на диаметр инструмента (деталь слева)
G43	8	Активизация коррекции на длину инструмента
G49	8	Отмена коррекции на длину инструмента
G50	1	Отмена режима масштабирования
G51	11	Активизация режима масштабирования
G52	0	Задать местную систему координат
G53	0	Задать систему координат станка
G54	14	Задать рабочую систему координат 1
G54P_	14	Дополнительные рабочие системы координат 1 – 48 (дополнительная функция)
G55	14	Рабочая система координат 2
G56	14	Рабочая система координат 3
G57	14	Рабочая система координат 4
G58	14	Рабочая система координат 5
G59	14	Рабочая система координат 6
G60	0 или 1	Позиционирование в одном направлении (дополнительная функция)
G61	15	Режим точной остановки
G62	15	Автоматическая коррекция угла
G63	15	Режим нарезки резьбы
G64	15	Режим резания
G65	0	Вызов немодальной макропрограммы
G66	12	Вызов модальной макропрограммы
G67	12	Отмена вызова модальной макропрограммы
G73	9	Цикл сверления с периодической подачей
G74	9	Цикл нарезки левой резьбы
G76	9	Цикл чистового растачивания
G81	9	Цикл сверления
G82	9	Цикл сверления
G83	9	Цикл сверления с периодической подачей
G84	9	Цикл нарезки правой резьбы
G85	9	Цикл растачивания
G86	9	Цикл растачивания
G87	9	Цикл обратного растачивания
G88	9	Цикл растачивания (с ручным выводом инструмента)
G89	9	Цикл растачивания
G90	3	Режим абсолютного позиционирования
G91	3	Режим дискретного позиционирования
G92	0	Сдвиг абсолютных координат
G94	5	Скорость подачи в дюймах/мм в минуту
G95	5	Скорость подачи в дюймах/мм на оборот
G97	13	Прямое программирование скорости вращения об/мин
G98	10	Возврат инструмента в начальную точку цикла
G99	10	Возврат инструмента в точку отвода в циклах обработки

Вспомогательные функции

М СЛОВО

M00	Остановка программы
M01	Промежуточная остановка
M02	Конец программы
M03	Шпиндель вперед
M04	Шпиндель назад
M05	Остановка шпинделя
M06	Автоматическая смена инструмента
M08	Включение насоса СОЖ
M09	Выключение насоса СОЖ
M10	Блокировка поворотного стола
M11	Разблокировка поворотного стола
M13	Шпиндель вперед / насос СОЖ включен
M14	Шпиндель назад / насос СОЖ включен
M15	Подача СОЖ через шпиндель включена (дополнительная функция)
M16	Подача СОЖ через шпиндель выключена (дополнительная функция)
M17	Клапан рампы СОЖ открыт
M18	Клапан рампы СОЖ закрыт
M19	Ориентация шпинделя
M20	Опустить гнездо инструментального магазина
M27	Пульсирующая подача СОЖ под напором (дополнительная функция)
M28	Подача СОЖ через шпиндель непрерывным потоком (дополнительная функция)
M29	Включен режим жесткого нарезания резьбы
M30	Конец программы
M38	Автоматическое открывание ограждения СОЖ
M48	Активизация регуляторов скорости подачи и вращения шпинделя
M49	Выключение регуляторов скорости подачи и вращения шпинделя
M98	Вызов подпрограммы
M99	Конец подпрограммы

**Приложение №3 – Подготовительные и вспомогательные функции
системы управления GE Fanuc 21T (Токарная)**

G слово

G00 – Позиционирование G00
 G01 – Линейная интерполяция G01
 G02 – Дуга по часовой стрелке G02
 G03 – Дуга против часовой стрелки
 G04 – Выдержка
 G10 – Включение режима установки данных
 G20 – Ввод данных в дюймах
 G21 – Ввод метрических данных
 G22 – Включение режима сохраненных пределов хода [Дополнительный]
 G23 – Выключение режима сохраненных пределов хода [Дополнительн.]
 G28 – Возврат в исходное положение
 G31 – Функция пропуска
 G32 – Нарезание резьбы (Постоянный шаг)
 G40 – Отмена коррекции на радиус вершины инструмента
 G41 – Коррекция на радиус вершины инструмента (Обрабатываемая
деталь справа от инструмента)
 G42 – Коррекция на радиус вершины инструмента (Обрабатываемая
деталь слева от инструмента)
 G50 – Предел максимального числа оборотов в минуту
 G65 – Вызов макрокоманды
 G70 – Автоматический цикл чистовой обработки [Дополнительный]
 G71 – Автоматический цикл чернового точения [Дополнительный]
 G72 – Автоматический цикл черновой подрезки торца [Дополнительный]
 G73 – Автоматический цикл повторной черновой обработки по контуру
[Дополнительный]
 G74 – Автоматический цикл сверления (Приращения постоянной
глубины) [Дополнительный]
 G75 – Автоматический цикл проточки канавок [Дополнительный]
 G76 – Автоматический цикл нарезания резьбы [Дополнительный]
 G90 – Цикл повторяющихся проходов точения
 G92 – Цикл повторяющихся проходов нарезания резьбы
 G94 – Цикл повторяющихся проходов подрезки торца
 G96 – Постоянная скорость резания
 G97 – Непосредственное программирование числа оборотов в минуту
(Отмена режима постоянной скорости резания)
 G98 – Скорость подачи в дюймах/миллиметрах в минуту
 G99 – Скорость подачи в дюймах/миллиметрах на оборот G99

М слово

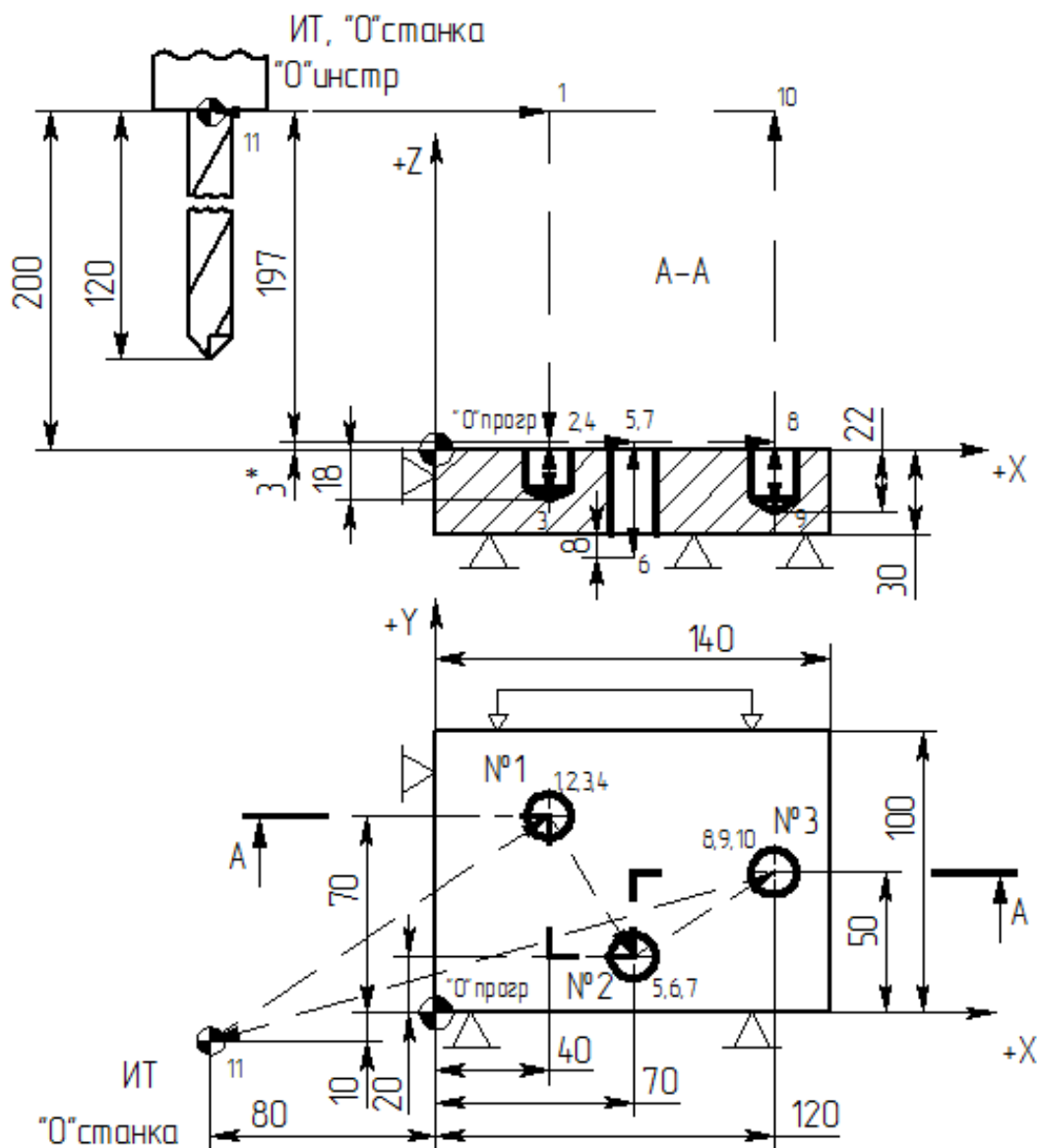
M00 – Остановка программы
 M01 – Вспомогательная остановка
 M02 – Конец программы
 M03 – Вращение шпинделя вперед
 M04 – Вращение шпинделя в обратном направлении
 M05 – Остановка шпинделя/выключение системы охлаждения
 M08 – Включение системы охлаждения
 M08 – Выключение системы охлаждения
 M10 – Включение системы охлаждения высокого давления (только для
токарных станков Cobra™ 51 и 65) [Дополнительная]
 M11 – Выключение системы охлаждения высокого давления (только
для токарных станков Cobra™ 51 и 65) [Дополнительная]
 M13 – Вращение шпинделя вперед/включение системы охлаждения

M14 – Вращение шпинделя в обратном направлении/включение системы охлаждения
M21 – Открытие цанги
M22 – Закрытие цанги
M25 – Втягивание улавливателя деталей [Дополнительная]
M26 – Выдвижение улавливателя деталей [Дополнительная]
M28 – Способ внешнего зажима в патроне
M29 – Способ внутреннего зажима в патроне
M30 – Конец программы
M31 – Возвращение программы к начальным блокам и повторный пуск программы M31
M48 – Разрешение коррекции скорости подачи и вращения шпинделя
M49 – Запрещение коррекции скорости подачи и вращения шпинделя
M61 – Загрузка новых прутков M61
M84 – Выдвижение вперед выдвижного шпинделя задней бабки M84 [Дополнительная]
M85/M86 – Втягивание выдвижного шпинделя задней бабки M85/M86 [Дополнительная]
M93 – Открытие неподвижного люнета M93 [Дополнительная]
Закрытие неподвижного люнета M94 [Дополнительная]
M98 – Вызов подпрограммы M98
M99 – Окончание подпрограммы M99

Пример1

Обработка отверстий на сверлильном станке с ЧПУ

1) эскиз операции



2) План обработки:

В данной операции используется одно сверло для обработки трёх отверстий Ъ16 (№2 сквозное, а №1 и №3 глухие)

3) циклограммы движений инструмента:

Так как планируется использовать функцию G43-коррекции на длину инструмента, то составляем циклограмму движения «0» инструмента, а так как инструмент один совмещаем циклограмму с эскизом операции.

4) Таблица координат опорных точек (в абсолютных координатах)

	1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
X	120	40	40	40	40	70	70	70	120	120	120	-80
Y	80	70	70	70	70	20	20	20	50	50	50	-10
Z	-	200	3	-18	3	3	-38	3	3	-22	200	200
При м.	G91	G92	коррек - ция H1	пауза						пау за	коррек- ция H1	ИТ G28

Примечание:

Для точки №2 Реальное перемещение по координате Z с учётом коррекции на длину инструмента будет: $Z_{\text{реал}} = Z_{\text{кон}} - Z_{\text{нач.}} + H = 3 - 200 + 120 = -77$

Для точки №10 Реальное перемещение по координате Z с учётом коррекции на длину инструмента будет: $Z_{\text{реал}} = Z_{\text{кон}} - Z_{\text{нач.}} - H = 200 - (-22) - 120 = 102$

5) Управляющая программа:

примечание: Автоматически были установлены функции G0,1 G17, G40, G49, G91, G94.

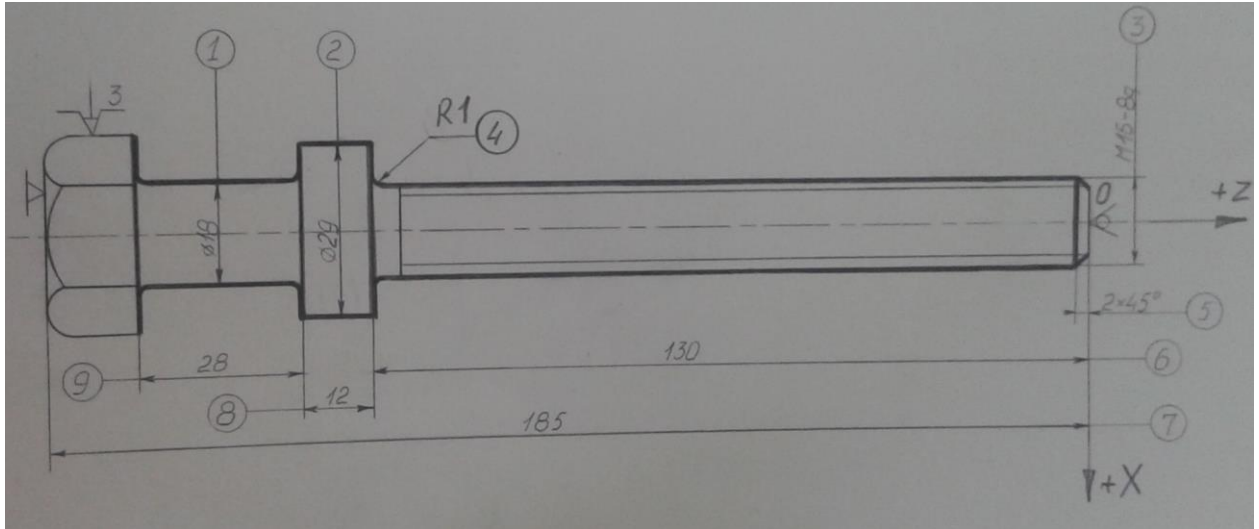
%	Начало программы
(H1=+120 инструмента T1) Коррекция	Справочная информация
№1 G00 X120. Y80. ;	Ускоренный выход в точку 1 т.е. на ось отв. №1 (работа в приращениях)
№2 G92 X40. Y70. Z200.;	Установка системы координат в «0» программы (угол детали). Прим. перемещений нет.
№3 G90 G43 Z3. H1;	Установка абсолютной системы координат. Ускоренное перемещение по координате Z в отрицательном направлении (т. 2) с учётом коррекции на длину инструмента на -77 мм ($Z_{\text{реал}} = Z_{\text{к-}} - Z_{\text{н}} + H = 3 - 200 + 120 = -77$) (Примечание: 3 мм до поверхности оставляем на врезание)
№4 S550 M03 M08;	Включение вращения шпинделя по часовой стрелке с частотой 550 мин ⁻¹ и включение охлаждения

№5 G01 Z-18. F80.;	Сверление глухого отверстия №1 на глубину 18 мм с подачей 80 мм/мин (т. 3)
№6 G04 P2000;	Пауза в конце рабочего хода 2 секунды
№7 G00 Z3.;	Выход из отверстия №1 на ускоренном ходу (т. 4)
№8 X70. Y20.;	Ускор. выход на ось отв. №2 по X и Y (т. 5)
№9 G01 Z-38.;	Сверление сквозного отверстия №2 (до т. 6)
№10 G00 Z3.;	Выход из отверстия №2 на ускоренном ходу (т. 7)
№11 X120. Y50. ;	Ускор. выход на ось отв. №3 по X и Y (т. 8)
№12 G01 Z-22. ;	Сверление глухого отверстия №3 на глубину 22 мм (т. 9)
№13 G04 P2000 ;	Пауза в конце рабочего хода 2 секунды
№14 G00 Z200. H0 M09 (или G00 G49 Z200. M09)	Ускоренное перемещение по координате Z (т. 10) с учётом отмены коррекции на длину инструмента на 102 мм ($Z_{\text{реал}} = Z_{\text{кон}} - Z_{\text{нач.}} - H = 200 - (-22) - 120 = 102$) и отключение охлаждения
№15 X-80. Y-10. M05 ; или лучше (G91 G28 X0. Y0. M05 ;)	Возврат в исходную точку по X и Y, останов вращения шпинделя или (возврат к отсчёту в приращениях и выход в ноль станка по X и Y без промежуточной точки)
№16 G91 M30 (или G91M02)	Возврат к отсчёту в приращениях. Конец программы

Пример 2

Обработка детали на токарном станке с ЧПУ

1) эскиз операции

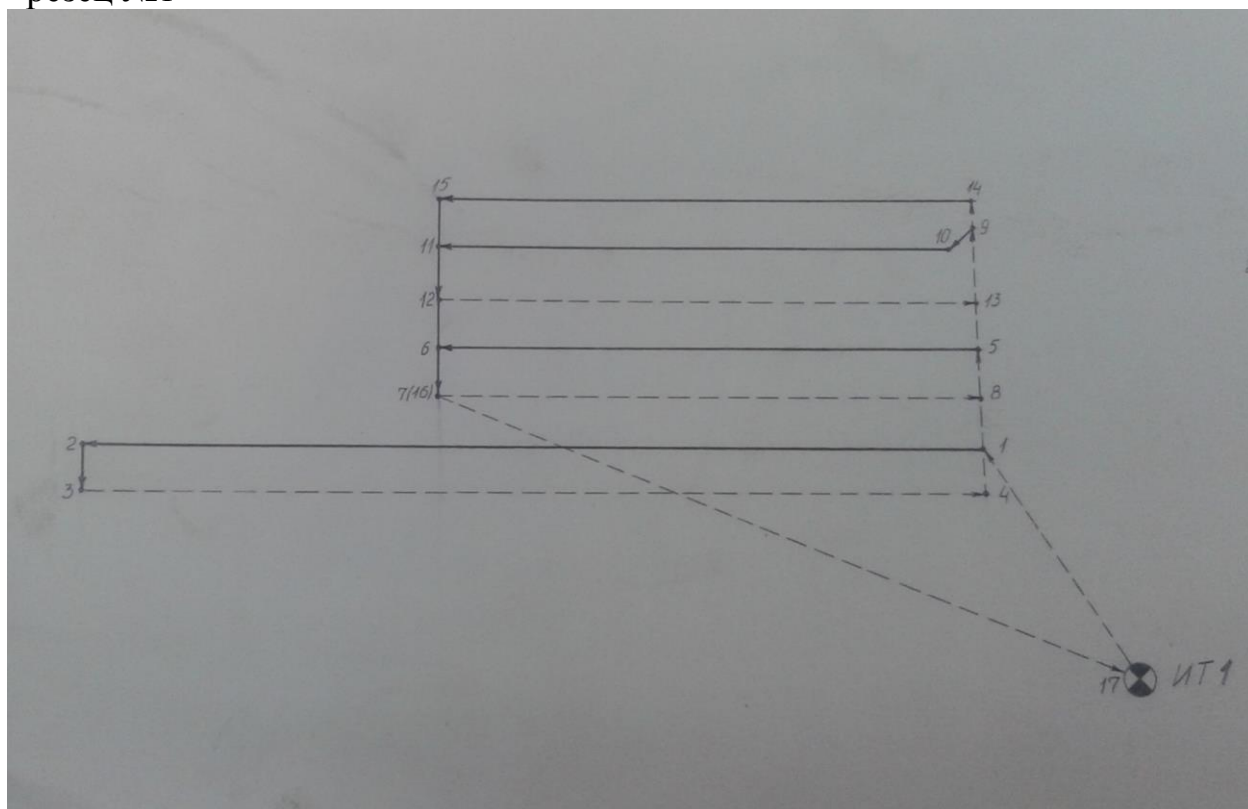


2) План обработки:

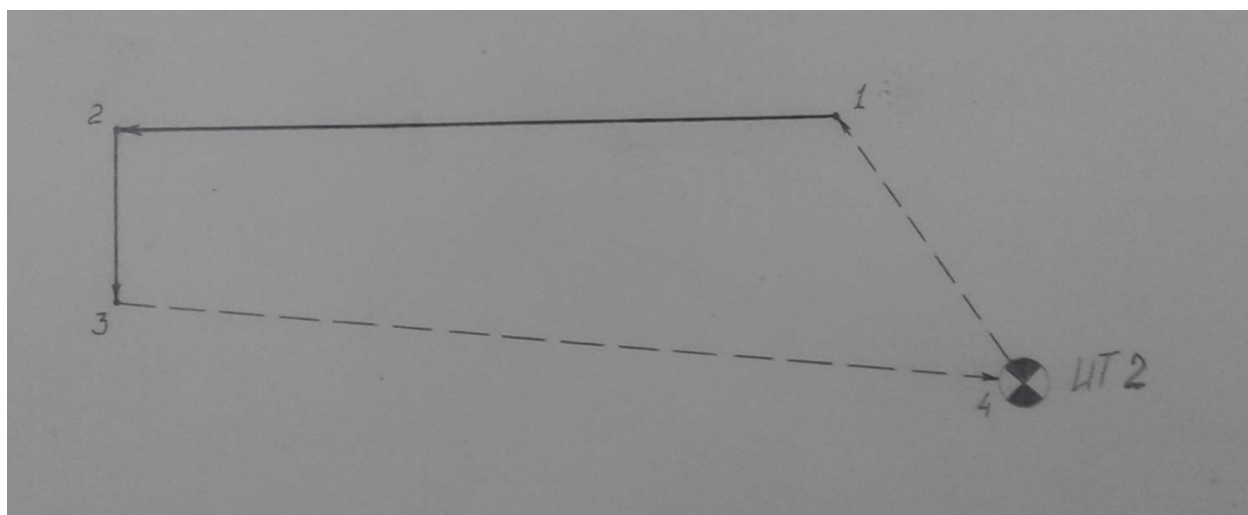
В данной операции используются четыре резца:

- инструмент №1 – резец упорно проходной производит наружное черновое точение цилиндрических поверхностей с номерами размеров 2, 3, 5, 6, 8, 9.
- инструмент №2 – резец упорно проходной производит наружное чистовое точение торцов и цилиндрических поверхностей с номерами размеров 3, 6.
- инструмент №3 – резец канавочный производит точение канавки с номерами размеров 1, 9.
- инструмент №4 – резец резьбовой производит нарезание резьбы с номерами размеров 3, 5.

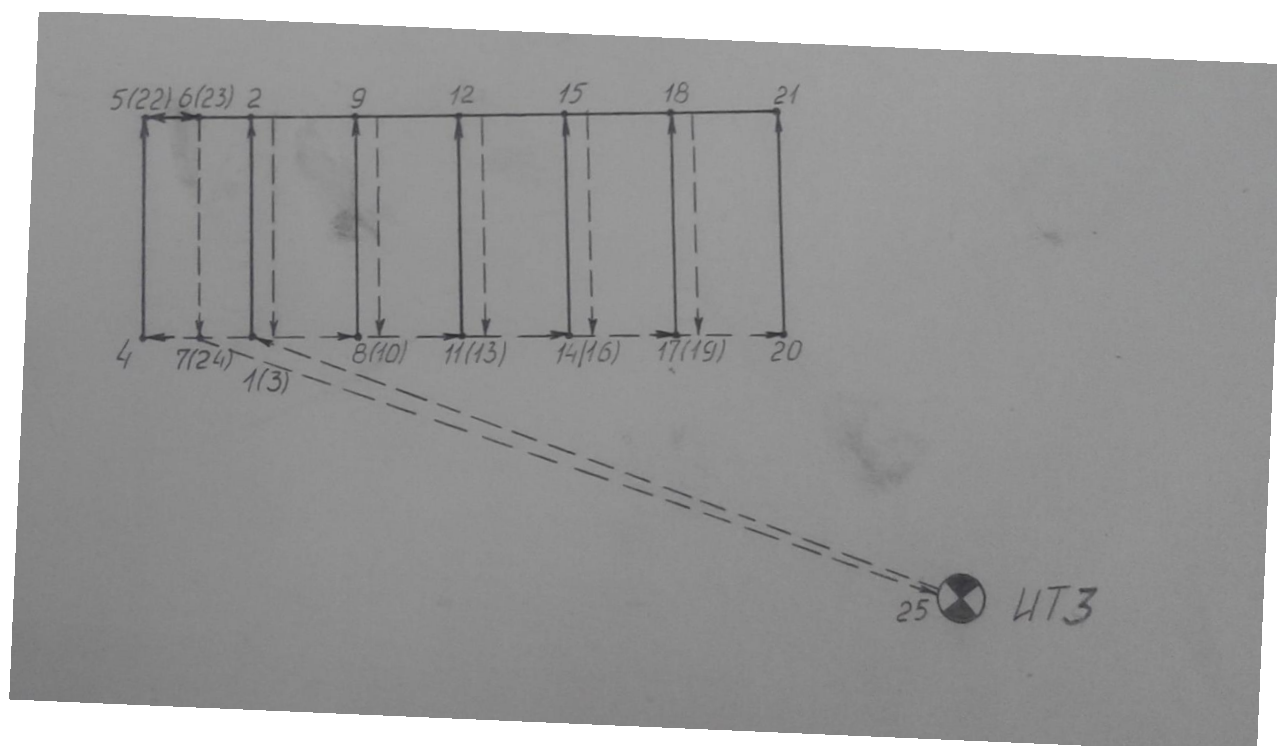
3) циклограммы движений инструментов:
резец №1



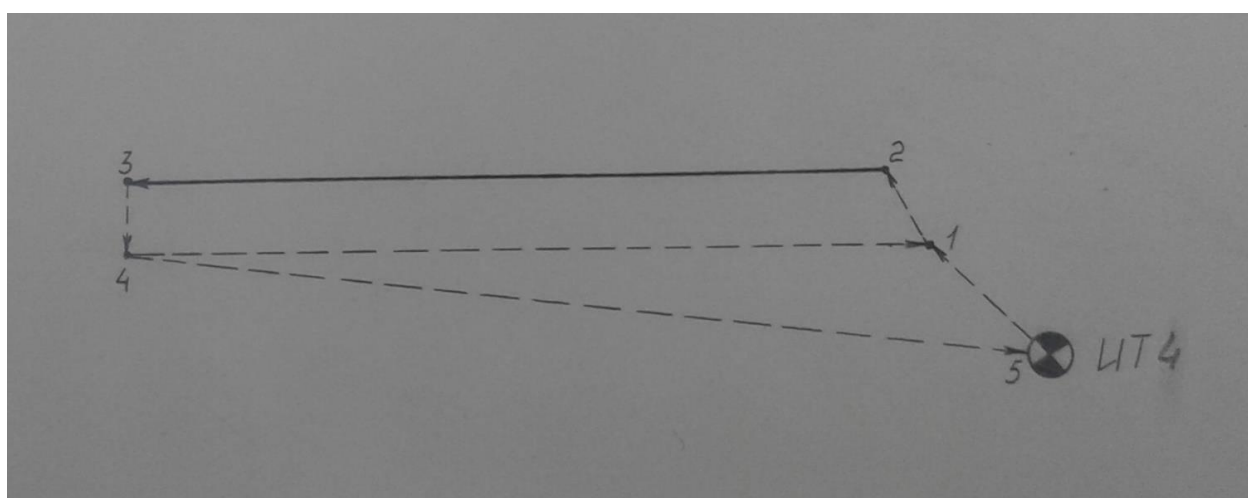
Резец №2



Резец №3



Резец №4



4) Таблица координат опорных точек (в абсолютных координатах)

№ Коорд.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
X(Ø)	29	29	36	36	23	23	30	30	10	17	17	20	20	16,32	16,32	30	1
Z	1	-170	-170	1	1	-130	-130	1	1	-3	-130	-130	1	1	-130	-130	3

Инструмент ПИ 1

Инструмент ПИ 2

№ Коорд.	1	2	3	4
X(Ø)	15,98	15,98	30	100
Z	1	-130	-130	30

Инструмент ПИ 3

№ Коорд.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
X(Ø)	33	18	33	33	18	18	33	33	18	33	33	18	33	33
Z	-167	-167	-167	-170	-170	-168	-168	-163	-163	-163	-159	-159	-159	-155

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
18	33	33	18	33	33	18	18	18	33	100
-155	-155	-151	-151	-151	-147	-147	-170	-168	-168	37

Инструмент ПИ 4

№ Коорд.	1	2	3	5
X(Ø)	32	14	14	100

Z	5	2	-125	41
---	---	---	------	----

5) Управляющая программа (для токарного станка типа 16K20Ф3
с УЧПУ НЦ-31:

№0 T1	Вызов 1-го инструмента в рабочую позицию
№1 M3	Включение вращения шпинделя по часовой стрелке
№2 G97	Отмена постоянства скорости резания
№3 S610	Задание частоты вращения - 610 мин ⁻¹
№4 G95	задание подачи в мм/об
№5 F20	Подача 0.2 мм/об
№6 M8	Включение охлаждения
№7 ~ X2900*	Быстрое перемещение по оси X в точку с координатой 29 мм,
№8 Z100	по оси Z в точку с коорд. 1мм
№9 Z-17000	Перемещение по оси Z в точку с коорд. -170мм
№10 X3600	Перемещение по оси X в точку с коорд. -36мм
№11 ~ Z 100	Быстрое перемещение по оси Z в точку с коорд. 1 мм
№12 ~ X2300	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. 23 мм
№13 S785	Частота вращения 785 мин ⁻¹
№14 F25	Подача 0.25 мм/об
№15 Z-13000	Перемещение по оси Z в точку с коорд. -130мм
№16 X3000	Перемещение по оси X в точку с коорд. 30 мм
№17 ~ Z 100	Быстрое перемещение по оси Z в точку с коорд. 1 мм
№18 ~ X1000	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. 10 мм
№19 S895	Частота вращения 895 мин ⁻¹
№20 F35	Подача 0.35 мм/об
№21 - 45°X1700	Обработка фаски с выходом по оси X в точку с коорд. 17мм
№22 S785	Частота вращения 785 мин ⁻¹
№23 Z-13000	Перемещение по оси Z в точку с коорд. -130 мм
№24 X2000	Перемещение по оси X в точку с коорд. 20 мм
№25 ~ Z 100	Быстрое перемещение по оси Z в точку с коорд. 1 мм
№26 ~ Z 1632	Быстрое перемещение по оси Z в точку с коорд. 16,32 мм
№27 S1570	Частота вращения 1570 мин ⁻¹
№28 F10	Подача 0.1 мм/об
№29 Z-13000	Перемещение по оси Z в точку с коорд. -130 мм
№30 S2500	Частота вращения 2500 мин ⁻¹
№31 F30	Подача 0.3 мм/об
№32 X3000	Перемещение по оси X в точку с коорд. 30 мм
№33 M9	Выключение охлаждения
№34 ~ X10000*	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. 100 мм,
№35 Z3000	Перемещение по оси Z в точку с коорд. 30 мм

№36 T2	Вызов второго инструмента в рабочую позицию
№37 S2500	Частота вращения 2500 мин ⁻¹
№38 F10	Подача 0.1 мм/об
№39 M8	Включение охлаждения
№40 ~ X1598*	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. 15,98 мм,
№41 Z100	Перемещение по оси Z в точку с коорд. 1мм
№42 Z-13000	Перемещение по оси Z в точку с коорд. -130 мм
№43 F30	Подача 0.3 мм/об
№44 X3000	Перемещение по оси X в точку с коорд. 30 мм
№45 M9	Выключение охлаждения
№46 ~ X10000*	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. 100 мм
№47 Z3000	Перемещение по оси Z в точку с коорд. 30 мм
№48 T3	Вызов второго инструмента в рабочую позицию
№49 S835	Частота вращения 835 мин ⁻¹
№50 F10	Подача 0.1 мм/об
№51 M8	Включение охлаждения
№52 ~ X3300*	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. 33 мм,
№53 Z-16700	Перемещение по оси Z в точку с коорд. 167 мм
№54 X1800	Перемещение по оси X в точку с коорд. 18 мм
№55 ~ X3300	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. 33 мм,
№56 ~ Z - 17000	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. -170 мм
№57 X1800	Перемещение по оси X в точку с коорд. 18 мм
№58 ~ Z - 16800	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. -168 мм
№59 ~ X3300	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. 33 мм,
№60 ~ Z - 16300	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. -163 мм
№61 X1800	Перемещение по оси X в точку с коорд. 18 мм
№62 ~ X3300	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. 33 мм,
№63 ~ Z - 15900	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. -159 мм
№64 X1800	Перемещение по оси X в точку с коорд. 18 мм
№65 ~ X3300	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. 33 мм,
№66 ~ Z - 15500	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. -155 мм
№67 X1800	Перемещение по оси X в точку с коорд. 18 мм
№68 ~ X3300	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. 33 мм,
№69 ~ Z - 15100	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. -151 мм

№70 X1800	Перемещение по оси X в точку с коорд. 18 мм
№71 ~ X3300	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. 33 мм,
№72 ~ Z - 14700	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. -147 мм
№73 X1800	Перемещение по оси X в точку с коорд. 18 мм
№74 Z - 17000	Перемещение по оси X в точку с коорд. -170 мм
№75 ~ Z - 16800	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. -168 мм
№76 ~ X3300	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. 33 мм,
№77 M9	Выключение охлаждения
№78 ~ X10000*	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. 100 мм,
№79 Z3700	Перемещение по оси Z в точку с коорд. 37 мм
№80 T4	Вызов четвертого инструмента в рабочую позицию
№81 S2500	Частота вращения 2500 мин ⁻¹
№82 M8	Включение охлаждения
№83 ~ X3200*	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. 32 мм,
№84 Z500	Перемещение по оси Z в точку с коорд. 5 мм
№85 G31*	Задание цикла нарезания резьбы
№86 X1600*	Наружный диаметр резьбы 16 мм
№87 Z- 12500*	Длина резьбовой поверхности 125 мм
№88 F20000*	Подача при нарезании резьбы 2 мм/об
№89 P108*	Глубина резьбы 1,08 мм
№90 P108*	Глубина резьбы при первом переходе 0,3 мм
№91 P0	Конусность резьбы равна нулю
№92 M9	Выключение охлаждения
№93 ~ X10000*	Быстрое перемещение по оси X в точку с коорд. 100 мм,
№94 Z4100	Перемещение по оси Z в точку с коорд. 41 мм
№92 M30	Конец программы

Справочные таблицы с М и G функциями

Приложение №1 – Подготовительные и вспомогательные функции,
согласно **ГОСТ 20999-83**

	Наименование функции	Значение функции
Подготовительные функции		
G00	Быстрое позиционирование (линейная интерполяция* при ускоренном перемещении)	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 нескорректированными.
G01	Линейная интерполяция с заданной скоростью подачи	Команда на перемещение исполнительного органа станка, 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 станка перемещение происходит по прямой линии со скоростью, заданной в программе при помощи адреса F.
G02	Круговая интерполяция с перемещением по часовой стрелке	Команда на перемещение со скоростью, заданной в программе при помощи адреса F, по дуге окружности в направлении по часовой стрелке, если смотреть со стороны положительного направления координатной оси, перпендикулярной обрабатываемой поверхности.
G03	Круговая интерполяция с перемещением против часовой стрелки	Команда на перемещение со скоростью, заданной в программе при помощи адреса F, по дуге окружности в направлении против часовой стрелки, если смотреть со стороны положительного направления оси, перпендикулярной обрабатываемой поверхности.
G04	Пауза (выдержка в отработке программы на определенное время)	Команда на временную задержку в отработке программы, конкретное значение которой задается отдельно в программе или иным способом. Применяется для выполнения операций, протекающих известное время и не требующих сообщения о выполнении.
G06	Параболическая интерполяция	Команда на перемещение со скоростью, заданной в программе при помощи адреса F, по дуге параболы.
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.
G17	Выбор плоскости XY	Задание плоскости XY для выполнения таких функций как круговая интерполяция, коррекция на фрезу и т.п.
G18	Выбор плоскости XZ	Задание плоскости XZ для выполнения таких функций как круговая интерполяция, коррекция на фрезу и т.п.
G19	Выбор плоскости YZ	Задание плоскости YZ для выполнения таких функций как круговая интерполяция, коррекция на фрезу и т.п.

G41	Коррекция левая на радиус (диаметр) инструмента	Коррекция на диаметр или радиус режущей части инструмента. Используется совместно с обозначением корректора на радиус (диаметр) инструмента, численное значение которого занесено в память ЧПУ станка, когда режущая часть инструмента находится слева от обрабатываемой поверхности, если смотреть от режущей части инструмента в направлении перемещения инструмента относительно обрабатываемой заготовки.
G42	Коррекция правая на радиус (диаметр) инструмента	Коррекция на диаметр или радиус режущей части инструмента. Используется совместно с обозначением корректора на радиус (диаметр) инструмента, численное значение которого занесено в память ЧПУ станка, когда режущая часть инструмента находится справа от обрабатываемой поверхности, если смотреть от режущей части инструмента в направлении перемещения инструмента относительно обрабатываемой заготовки.
G43	Коррекция положительная на положение (длину вылета) инструмента	Указание, что численное значение выбранной коррекции на длину вылета режущей части инструмента, занесенное в память ЧПУ станка, необходимо сложить со значением координаты, заданной в соответствующих кадрах программы.
G44	Коррекция отрицательная на положение (длину вылета) инструмента	Указание, что численное значение выбранной коррекции на длину вылета режущей части инструмента, занесенное в память ЧПУ станка, необходимо вычесть из значения координаты, заданной в соответствующих кадрах программы.
G53	Отмена заданного смещения координат	Отмена любого смещения координат, заданного при помощи функций G54...G59.
G54 ... G59	Заданное смещение координат	Смещение координат нулевой точки детали относительно исходной точки станка. Конкретный вариант кода определяется особенностями системы ЧПУ станка.
G80	Отмена постоянного цикла	Команда, отменяющая выполнение любого постоянного цикла
G81 ... G89	Постоянные циклы	Команды на выполнение постоянных циклов. Вид циклов и характер движений исполнительных органов станка при их исполнении определяется особенностями системы ЧПУ станка.
G90	Абсолютный размер	Отсчет перемещений исполнительных органов станка производится в абсолютной системе координат относительно выбранной нулевой точки.
G91	Размер в приращениях	Отсчет перемещений исполнительных органов станка производится в относительной системе координат относительно предыдущей запрограммированной точки.
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.

Вспомогательные функции		
M00	Программируемый останов	Команда на останов программы без потери информации с остановом шпинделя, прекращением движения подач и выключением охлаждения. После нажатия кнопки «Пуск» на пульте управления выполнение программы возобновляется с кадра, следующего за кадром с командой M00.
M01	Программируемый останов с подтверждением	Команда, аналогичная M00, отличающаяся тем, что выполняется системой ЧПУ только после получения предварительного подтверждения с пульта управления.
M02	Конец программы	Указывает на завершение отработки программы и приводит к останову шпинделя, прекращению подачи и выключению охлаждения после выполнения всех команд в кадре. Используется для приведения в исходное состояние системы ЧПУ и (или) приведения в исходное положение исполнительных органов станка.
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке	Команда на включение вращения шпинделя в направлении, при котором вектор линейной скорости резания направлен: при вращающейся заготовке - от обрабатываемой поверхности заготовки к передней поверхности режущей части инструмента; при вращающемся инструменте - и от передней поверхности режущей части инструмента к обрабатываемой поверхности заготовки.
M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки	Команда на включение вращения шпинделя в направлении, противоположном направлению вращения по часовой стрелке
M05	Останов шпинделя	Команда на останов шпинделя и выключение охлаждения
M06	Смена инструмента	Команда на смену инструмента вручную или автоматически (без поиска закодированной ячейки сменного инструмента)
M30	Конец информации	Команда на останов шпинделя, прекращение подачи и выключение охлаждения. Используется для приведения в исходное состояние системы ЧПУ, включая приведение в исходное положение исполнительных органов станка.

Приложение №2 – Подготовительные и вспомогательные функции системы ЧПУ Fanuc 18M (Фрезерная)

G СЛОВО

G – слово представляет собой подготовительную команду, которая настраивает процессор ЧПУ на выполнение конкретной операции. Оно имеет формат G2 от 00 до 99. Некоторые G-коды автоматически активизируются процессором ЧПУ при следующих обстоятельствах.

1. Включение питания станка.
2. Считывание кода «конец программы» M02 или M30.
3. Перезапуск процессора ЧПУ.
4. Аварийная остановка.

Существует два типа G – кода:

1. немодальные G-коды, которые действуют только в блоке, в котором они запрограммированы,
2. модальные G-коды, которые действуют до тех пор, пока не будут заменены другим G-кодом из той же группы.

В приложении приведен перечень G-кодов по группам, которые используются с процессором ЧПУ Fanuc M18.

В блоке данных допускается использовать только один G-код из каждой группы. Если в блоке данных с клавиатуры или с ленты запрограммировано более одного G-кода, то активным будет последний из противоречащих G-кодов, заведенных в этот блок данных. G-коды, содержащие начальный нуль, могут записываться в программу без нуля.

Пример: код G01 может быть записан как G1.

Подготовительные функции

G СЛОВО	Группа	Определение
G00	1	Режим быстрого позиционирования
G01	1	Линейная интерполяция
G03	1	Круговая интерполяция против часовой стрелки
G04	0	Выстой
G10	0	Включение режима ввода данных
G11	0	Выключение режима ввода данных
G15	17	Отмена полярных координат
G16	17	Активизация полярных координат
G17	2	Выбор плоскости XY
G18	2	Выбор плоскости XZ
G19	2	Выбор плоскости YZ
G20	6	Ввод данных в дюймах
G21	6	Ввод данных в метрических единицах
G22	9	Активизация заданных пределов хода
G23	9	Отмена заданных пределов хода
G25	24	Включение отслеживания отклонений скорости шпинделя
G26	24	Выключение отслеживания отклонений скорости шпинделя
G27	0	Проверка возврата в исходное положение
G28	0	Возврат в исходное положение
G29	0	Возврат из исходного положения
G30	0	Возврат в положение смены инструмента
G31	0	Пропуск функции
G39	0	Круговая интерполяция с коррекцией угла
G40	7	Отмена коррекции на диаметр инструмента

G41	7	Активизация коррекции на диаметр инструмента (деталь справа)
G42	7	Активизация коррекции на диаметр инструмента (деталь слева)
G43	8	Активизация коррекции на длину инструмента
G49	8	Отмена коррекции на длину инструмента
G50	1	Отмена режима масштабирования
G51	11	Активизация режима масштабирования
G52	0	Задать местную систему координат
G53	0	Задать систему координат станка
G54	14	Задать рабочую систему координат 1
G54P_	14	Дополнительные рабочие системы координат 1 – 48 (дополнительная функция)
G55	14	Рабочая система координат 2
G56	14	Рабочая система координат 3
G57	14	Рабочая система координат 4
G58	14	Рабочая система координат 5
G59	14	Рабочая система координат 6
G60	0 или 1	Позиционирование в одном направлении (дополнительная функция)
G61	15	Режим точной остановки
G62	15	Автоматическая коррекция угла
G63	15	Режим нарезки резьбы
G64	15	Режим резания
G65	0	Вызов немодальной макропрограммы
G66	12	Вызов модальной макропрограммы
G67	12	Отмена вызова модальной макропрограммы
G73	9	Цикл сверления с периодической подачей
G74	9	Цикл нарезки левой резьбы
G76	9	Цикл чистового растачивания
G81	9	Цикл сверления
G82	9	Цикл сверления
G83	9	Цикл сверления с периодической подачей
G84	9	Цикл нарезки правой резьбы
G85	9	Цикл растачивания
G86	9	Цикл растачивания
G87	9	Цикл обратного растачивания
G88	9	Цикл растачивания (с ручным выводом инструмента)
G89	9	Цикл растачивания
G90	3	Режим абсолютного позиционирования
G91	3	Режим дискретного позиционирования
G92	0	Сдвиг абсолютных координат
G94	5	Скорость подачи в дюймах/мм в минуту
G95	5	Скорость подачи в дюймах/мм на оборот
G97	13	Прямое программирование скорости вращения об/мин
G98	10	Возврат инструмента в начальную точку цикла
G99	10	Возврат инструмента в точку отвода в циклах обработки

Вспомогательные функции

М СЛОВО

M00	Остановка программы
M01	Промежуточная остановка
M02	Конец программы
M03	Шпиндель вперед
M04	Шпиндель назад
M05	Остановка шпинделя
M06	Автоматическая смена инструмента
M08	Включение насоса СОЖ
M09	Выключение насоса СОЖ
M10	Блокировка поворотного стола
M11	Разблокировка поворотного стола
M13	Шпиндель вперед / насос СОЖ включен
M14	Шпиндель назад / насос СОЖ включен
M15	Подача СОЖ через шпиндель включена (дополнительная функция)
M16	Подача СОЖ через шпиндель выключена (дополнительная функция)
M17	Клапан рампы СОЖ открыт
M18	Клапан рампы СОЖ закрыт
M19	Ориентация шпинделя
M20	Опустить гнездо инструментального магазина
M27	Пульсирующая подача СОЖ под напором (дополнительная функция)
M28	Подача СОЖ через шпиндель непрерывным потоком (дополнительная функция)
M29	Включен режим жесткого нарезания резьбы
M30	Конец программы
M38	Автоматическое открывание ограждения СОЖ
M48	Активизация регуляторов скорости подачи и вращения шпинделя
M49	Выключение регуляторов скорости подачи и вращения шпинделя
M98	Вызов подпрограммы
M99	Конец подпрограммы

Приложение №3 – Подготовительные и вспомогательные функции системы управления **GE Fanuc 21T** (Токарная)

G слово

G00 – Позиционирование G00

G01 – Линейная интерполяция G01
 G02 – Дуга по часовой стрелке G02
 G03 – Дуга против часовой стрелки
 G04 – Выдержка
 G10 – Включение режима установки данных
 G20 – Ввод данных в дюймах
 G21 – Ввод метрических данных
 G22 – Включение режима сохраненных пределов хода [Дополнительный]
 G23 – Выключение режима сохраненных пределов хода [Дополнительн.]
 G28 – Возврат в исходное положение
 G31 – Функция пропуска
 G32 – Нарезание резьбы (Постоянный шаг)
 G40 – Отмена коррекции на радиус вершины инструмента
 G41 – Коррекция на радиус вершины инструмента (Обрабатываемая деталь справа от инструмента)
 G42 – Коррекция на радиус вершины инструмента (Обрабатываемая деталь слева от инструмента)
 G50 – Предел максимального числа оборотов в минуту
 G65 – Вызов макрокоманды
 G70 – Автоматический цикл чистовой обработки [Дополнительный]
 G71 – Автоматический цикл чернового точения [Дополнительный]
 G72 – Автоматический цикл черновой подрезки торца [Дополнительный]
 G73 – Автоматический цикл повторной черновой обработки по контуру [Дополнительный]
 G74 – Автоматический цикл сверления (Приращения постоянной глубины) [Дополнительный]
 G75 – Автоматический цикл проточки канавок [Дополнительный]
 G76 – Автоматический цикл нарезания резьбы [Дополнительный]
 G90 – Цикл повторяющихся проходов точения
 G92 – Цикл повторяющихся проходов нарезания резьбы
 G94 – Цикл повторяющихся проходов подрезки торца
 G96 – Постоянная скорость резания
 G97 – Непосредственное программирование числа оборотов в минуту (Отмена режима постоянной скорости резания)
 G98 – Скорость подачи в дюймах/миллиметрах в минуту
 G99 – Скорость подачи в дюймах/миллиметрах на оборот G99

М слово

M00 – Остановка программы
 M01 – Вспомогательная остановка
 M02 – Конец программы
 M03 – Вращение шпинделя вперед
 M04 – Вращение шпинделя в обратном направлении
 M05 – Остановка шпинделя/выключение системы охлаждения
 M08 – Включение системы охлаждения
 M08 – Выключение системы охлаждения
 M10 – Включение системы охлаждения высокого давления (только для токарных станков Cobra™ 51 и 65) [Дополнительная]
 M11 – Выключение системы охлаждения высокого давления (только для токарных станков Cobra™ 51 и 65) [Дополнительная]
 M13 – Вращение шпинделя вперед/включение системы охлаждения
 M14 – Вращение шпинделя в обратном направлении/включение

системы охлаждения

M21 – Открытие цанги

M22 – Закрытие цанги

M25 – Втягивание улавливателя деталей [Дополнительная]

M26 – Выдвижение улавливателя деталей [Дополнительная]

M28 – Способ внешнего зажима в патроне

M29 – Способ внутреннего зажима в патроне

M30 – Конец программы

M31 – Возвращение программы к начальным блокам и повторный пуск программы M31

M48 – Разрешение коррекции скорости подачи и вращения шпинделя

M49 – Запрещение коррекции скорости подачи и вращения шпинделя

M61 – Загрузка новых прутков M61

M84 – Выдвижение вперед выдвижного шпинделя задней бабки M84 [Дополнительная]

M85/M86 – Втягивание выдвижного шпинделя задней бабки M85/M86 [Дополнительная]

M93 – Открытие неподвижного люнета M93 [Дополнительная]

Закрытие неподвижного люнета M94 [Дополнительная]

M98 – Вызов подпрограммы M98

M99 – Окончание подпрограммы M99

5 СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основные источники:

1 Ермолаев, В.В. Программирование для автоматизированного оборудования [Текст]: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования/ В.В. Ермолаев. – М.: ИЦ «Академия», 2018.-256с.

Дополнительные источники:

1 Дулькевич, А.О. Токарная и фрезерная обработка. Программирование системы ЧПУ НААС в примерах [Электронный ресурс]: пособие / А.О. Дулькевич. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2016. — 72 с. — 978-985-503-547-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67767.html>

2 Сергеев, А.И. Программирование оборудования с числовым программным управлением [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.И. Сергеев, А.С. Русяев, А.А. Корнипаева. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 118 с. — 978-5-7410-1539-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61398.html>

3 ГОСТ 20999-83 Устройства числового программного управления для металлообрабатывающего оборудования. Кодирование информации управляющих программ. Введён 28.03.1983 до 01.07.89* (* Ограничение срока действия снято постановлением Госстандарта России от 02.07.92 N 638 (ИУС N 9, 1992 год).

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО	ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ , Качковский Юрий Валентинович, Заведующий методическим кабинетом	31.07.24 16:36 (MSK)	Простая подпись
	ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ , Савельева Ольга Викторовна, Зам. директора РССК «РГРТУ» по УР	31.07.24 16:41 (MSK)	Простая подпись
УТВЕРЖДЕНО	ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ , Цинарева Тамара Алтыбаевна, Директор РССК «РГРТУ»	31.07.24 17:15 (MSK)	Простая подпись