

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра автоматике и
вычислительной техники

Самостоятельная работа по
дисциплине
«Б1.О.11 Числовое
программное управление»

Методические указания для магистров по
направлению подготовки 15.04.04 «Автоматизация
технологических процессов и производств»,
профиль «Компьютерные информационно-
управляющие системы»

Мурманск
2023

Составитель:

Кайченев Александр Вячеславович, канд.
техн. наук, доцент кафедры автоматике и
вычислительной техники ФГАОУ ВО
«Мурманский государственный технический
университет»

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	4
ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.....	6
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	7
СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ	8
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	11

Введение

Методические указания предназначены для магистров по направлению подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», изучающих дисциплину «Б1.О.11 Числовое программное управление». В методических указаниях приведены основные сведения о компетенциях, закрепляемых в ходе изучения дисциплины, планируемых результатах обучения, список литературы для самостоятельного ознакомления, а также список тем дисциплины и вопросы для самопроверки.

Тематический план

№ п/п	Наименование тем и содержание самостоятельной работы	Кол-во часов
1	<p>Тема 1. Введение. Основы числового программного управления.</p> <p>Предмет дисциплины и ее задачи. Краткие исторические сведения о развитии систем с ЧПУ. Особенности устройства и конструкции фрезерного станка с ЧПУ. Функциональные составляющие (подсистемы) ЧПУ. Подсистема управления. Подсистема приводов. Подсистема обратной связи Языки для программирования обработки</p>	4
2	<p>Тема 2. Основы фрезерной обработки. Программирование обработки</p> <p>Процесс фрезерования. Режущий инструмент. Вспомогательный инструмент. Основные определения и формулы. Прямоугольная система координат. Написание простой управляющей программы. Создание УП на персональном компьютере. Передача управляющей программы на станок. Проверка управляющей программы на станке. Тестовые режимы станка с ЧПУ. Последовательность полной проверки УП.</p>	4
3	<p>Тема 3. Станочная система координат. Управление станком с ЧПУ</p> <p>Нулевая точка станка и направления перемещений. Нулевая точка программы и рабочая система координат. Компенсация длины инструмента. Абсолютные и относительные координаты. Органы управления. Основные режимы работы. Индикация системы координат. Установление рабочей системы координат. Алгоритм нахождения нулевой точки детали по оси Z. Алгоритм нахождения нулевой точки детали по осям X и Y. Алгоритм нахождения нулевой точки в центре отверстия. Измерение инструмента и детали.</p>	4
4	<p>Тема 4. Структура управляющей программы. Постоянные циклы станка с ЧПУ. Основы эффективного программирования</p> <p>G- и M-коды. Структура программы. Слово данных, адрес и число. Модальные и немодальные коды. Формат программы. Строка безопасности. Важность форматирования УП. Стандартный цикл сверления и цикл сверления с выдержкой. Относительные координаты в постоянном цикле. Циклы прерывистого сверления. Циклы нарезания резьбы. Циклы растачивания. Программы на</p>	14

	сверление отверстий при помощи постоянных циклов.	
5	<p>Тема 5. Классификация систем управления. Современный мировой уровень архитектурных решений в области ЧПУ.</p> <p>Интеграция на основе открытого управления и стандарта OPC (OLE for Process Control). Интеграция на основе комплекса производственных стандартов STEP (Standard for the Exchange of Product model data). Общие принципы построения систем ЧПУ Архитектура систем PCNC. Проблема реального времени в системах управления. Построение межмодульной коммуникационной среды. Принципы построения удаленных терминалов ЧПУ. Особенности архитектуры систем ЧПУ, поддерживающих стандарт ISO 14649 STEP-NC</p>	14
6	<p>Тема 6. Задачи управления.</p> <p>Реализация геометрической задачи. Реализация логической задачи управления. Управление электроавтоматикой станков с ЧПУ по типу виртуальных контроллеров SoftPLC. Реализация терминальной задачи. Реализация диагностической задачи управления.</p>	14
7	<p>Тема 7. Технологии разработки программного обеспечения систем управления</p> <p>Технология объектно-ориентированного программирования. Специфика объектно-ориентированного программирования. Методологические аспекты построения открытых систем ЧПУ. Технология компонентной организации программного обеспечения</p>	14
8	<p>Тема 8. Методика программирования станков с ЧПУ.</p> <p>Документы пользователя систем ЧПУ. Структура руководства по программированию. Конфигурация систем ЧПУ. Методика разработки управляющей программы ЧПУ соответственно стандарту ISO 14649 STEP-NC</p>	16
Итого		84

Список рекомендуемой литературы

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

1. Лучкин, В.К. Проектирование и программирование обработки на токарных станках с ЧПУ : учебное пособие / В.К. Лучкин, В.А. Ванин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. - 83 с. : ил., табл., схем. - Библ. в кн. - ISBN 978-5-8265-1397-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444957>
2. Сергеев, А.И. Программирование оборудования с числовым программным управлением : учебное пособие / А.И. Сергеев, А.С. Русяев, А.А. Корнипаева ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Оренбургский Государственный Университет, Кафедра систем автоматизации производства. - Оренбург : ОГУ, 2016. - 118 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7410-1539-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469655>
3. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система [Электронный ресурс] / Ловыгин А.А., Теверовский Л.В. - М. : ДМК Пресс, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970601235.html>
4. Станки с ЧПУ: устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка [Электронный ресурс] / Жолобов, Ж.А. Мрочек, А.В. Аверченков и др. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976518308.html>

Дополнительная литература

5. Поляков А. Н., Никитина И. П., Гончаров И. О. Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ. Система NX: учебное пособие, Ч. 2 URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=469589

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

Библиотеки, в том числе цифровые (электронные) библиотеки, обеспечивающие доступ к профессиональным базам данных, информационным справочным системам, а также иными информационным ресурсам:

1. <http://biblioclub.ru/> - ЭБС «Университетская библиотека онлайн» (договор № 530-10/2018 от 01.11.2018 г. Срок доступа: с 16.11.2018 г. по 15.11.2019 г.);
2. <http://www.studentlibrary.ru/> - ЭБС «Консультант студента» (договор № 19/37 от 11.03.2019 г. Срок доступа: с 21.04.2019 г. по 20.04.2020 г.);

Перечень программного обеспечения, профессиональных баз данных и информационных справочных систем, реквизиты подтверждающего документа.

1. Программные продукты Microsoft (подписка на образовательные лицензии, сетевые версии), участие в академической программе Microsoft Azure Dev Tools for Teaching (с февраля 2019 г., ранее Microsoft Imagine, ранее Microsoft DreamSpark, ранее Microsoft MSDN Academic Alliance). Идентификаторы подписок (Azure Dev Tools for Teaching Subscription ID):, 700514554, Все подписки действительны по 10.12.2019 (счет-фактура №IM22116 от 12.11.2018, счет №9552401799 от 10.12.2018)

2. Антивирусная программа Dr.Web Desktop Security Suite (комплексная защита), антивирус Dr.Web Desktop Security Suite (серверный).

Содержание и методические указания к изучению тем дисциплины

Рекомендуется при подготовке к экзамену опираться на следующий план:

- Просмотреть программу курса, с целью выявления наиболее проблемных тем, вопросов, которые могут вызвать трудности при подготовке к экзамену.
- Темы необходимо изучать последовательно, внимательно обращая внимание на описание вопросов, которые раскрывают ее содержание. Начинать необходимо с первой темы.
- После работы над темой необходимо ответить на вопросы для самопроверки.

Тема 1. Введение. Основы числового программного управления.

Вопросы к изучению:

Предмет дисциплины и ее задачи. Краткие исторические сведения о развитии систем с ЧПУ. Особенности устройства и конструкции фрезерного станка с ЧПУ. Функциональные составляющие (подсистемы) ЧПУ. Подсистема управления. Подсистема приводов. Подсистема обратной связи Языки для программирования обработки

Вопросы для самопроверки:

1. Чем станок с ЧПУ отличается от станка с ручным управлением?
2. Каковы преимущества от использования станков с ЧПУ?
3. Опишите конструкцию и принцип работы шагового электродвигателя.
4. Почему в современных станках в основном используются серводвигатели, а не шаговые электродвигатели?
5. Перечислите основные составляющие СЧПУ.
6. Как функционирует подсистема обратной связи?
7. Назовите основные типы датчиков, которые используются в подсистеме обратной связи.
8. Какой язык для программирования обработки на станках с ЧПУ сегодня является наиболее популярным?
9. Как в прямоугольной системе координат определяется положение точки?
10. Какое программное обеспечение используется для набора кода УП на персональном компьютере?
11. Как проверяют правильность УП на компьютере?
12. Для чего предназначен режим DNC?
13. Какова последовательность полной проверки УП?
14. Попытайтесь перечислить наиболее важные пункты основных правил техники безопасности при эксплуатации станков с ЧПУ.

Список источников: 1-5.

Тема 2. Основы фрезерной обработки. Программирование обработки

Вопросы к изучению:

Процесс фрезерования. Режущий инструмент. Вспомогательный инструмент. Основные определения и формулы. Прямоугольная система координат. Написание простой управляющей программы. Создание УП на персональном компьютере. Передача управляющей программы на станок. Проверка управляющей программы на станке. Тестовые режимы станка с ЧПУ. Последовательность полной проверки УП.

Вопросы для самопроверки:

1. В чем отличие встречного фрезерования от попутного?
2. Для чего применяется вспомогательный инструмент?

3. Перечислите основные типы конусов шпинделя станка.
4. В чем преимущество фрез с механическим креплением режущих пластин перед цельными фрезами?
5. Опишите принцип действия цангового патрона.
6. Что такое скорость резания и чем она определяется?
7. Для чего применяются маятниковое и спиральное фрезерования?
8. Почему инструмент рекомендуется подводить к обрабатываемой поверхности по касательной?

Список источников: 3, 5, 6.

Тема 3. Станочная система координат. Управление станком с ЧПУ

Вопросы к изучению:

Нулевая точка станка и направления перемещений. Нулевая точка программы и рабочая система координат. Компенсация длины инструмента. Абсолютные и относительные координаты. Органы управления. Основные режимы работы. Индикация системы координат. Установление рабочей системы координат. Алгоритм нахождения нулевой точки детали по оси Z. Алгоритм нахождения нулевой точки детали по осям X и Y. Алгоритм нахождения нулевой точки в центре отверстия. Измерение инструмента и детали.

Вопросы для самопроверки:

1. В чем заключается правило «правой руки» для определения направления осей координатной системы станка?
2. Какая точка является базовой для шпинделя?
3. Что необходимо сделать в первую очередь после включения станка?
4. Что такое рабочее смещение?
5. Какие коды используются для определения рабочей системы координат?
6. Для чего выполняется компенсация длины инструмента?
7. В чем разница между программированием в абсолютных и относительных координатах?
8. Для чего в УП используются комментарии?
9. Для чего применяется ускоренное перемещение?
10. Зачем нужен зазор между поверхностью и точкой, в которую перемещается
11. инструмент с помощью кода G00?
12. Почему при работе с G00 следует проявлять повышенную осторожность?
13. В чем разница между G01 и G00?
14. В чем разница между G02 и G03?
15. Для чего в кадре круговой интерполяции указывают I-, J-, K-слова данных?
16. Как проще описать дугу – при помощи R- или I-, J-, K-слов данных?
Перечислите основные M-коды.
17. Опишите типичное поведение станка при смене инструмента.
18. В чем разница между кодами M03 и M04?
19. С какой скоростью будет вращаться шпиндель при условии, что в УП находится кадр M03 S1200?
20. Для чего нужно подавать охлаждающую жидкость в зону обработки при
21. фрезеровании?
22. В чем разница между кодами M30 и M02?
23. В чем разница между кодами M00 и M01?
24. Назовите команду для автоматической смены инструмента.

Список источников: 1-5.

Тема 4. Структура управляющей программы. Постоянные циклы станка с ЧПУ. Основы эффективного программирования

Вопросы к изучению:

G- и M-коды. Структура программы. Слово данных, адрес и число. Модальные и немодальные коды. Формат программы. Строка безопасности. Важность форматирования УП. Стандартный цикл сверления и цикл сверления с выдержкой. Относительные координаты в постоянном цикле. Циклы прерывистого сверления. Циклы нарезания резьбы. Циклы растачивания. Программы на сверление отверстий при помощи постоянных циклов.

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое кадр УП?
2. Для чего нужны номера кадров?
3. Для чего в начале программы находятся код начала программы и номер программы?
4. Из чего состоит слово данных?
5. Перечислите функциональные группы кодов.
6. В чем преимущество модальных G-кодов перед немодальными?
7. Для чего нужны строки безопасности?
8. Назовите причины для форматирования УП.
9. Что называется постоянным циклом?
10. Перечислите основные циклы сверления.
11. Что такое плоскость отвода?
12. В чем разница между плоскостью отвода и исходной плоскостью?
13. Для чего необходимо указывать код G80 в УП?
14. Для чего используют цикл прерывистого сверления?
15. Что определяется при помощи Q- и R-слов данных?
16. Для чего нужны подпрограммы?
17. Чем отличаются внутренние подпрограммы от внешних подпрограмм?
18. Можно ли из одной подпрограммы вызвать другую подпрограмму?

Список источников: 1-5.

Тема 5. Классификация систем управления.

Современный мировой уровень архитектурных решений в области ЧПУ.

Вопросы к изучению:

Интеграция на основе открытого управления и стандарта OPC (OLE for Process Control). Интеграция на основе комплекса производственных стандартов STEP (Standard for the Exchange of Product model data). Общие принципы построения систем ЧПУ Архитектура систем PCNC. Проблема реального времени в системах управления. Построение межмодульной коммуникационной среды. Принципы построения удаленных терминалов ЧПУ. Особенности архитектуры систем ЧПУ, поддерживающих стандарт ISO 14649 STEP-NC

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите особенности систем CNC и PCNC-1, PCNC-2, PCNC-3, PCNC-4
2. Поясните, что такое открытое управление.
3. Проведите обзор комплекса производственных стандартов STEP
4. Перечислите особенности систем STEP-NC
5. Поясните, что такое модульная архитектура систем ЧПУ на прикладном уровне
6. Поясните, что такое открытая архитектура систем управления
7. Поясните, что такое виртуальная модель PC-подсистемы ЧПУ
8. Поясните, в чем состоит проблема реального времени в системах управления
9. Поясните, что такое постановка задачи в системах управления.
10. Перечислите особенности управления электроавтоматикой станков с ЧПУ
11. Поясните, что такое язык EXPRESS
12. Поясните, что такое процессы и ресурсы в STEP-NC

Список источников: 1-5.

Тема 6. Задачи управления.

Вопросы к изучению:

Реализация геометрической задачи. Реализация логической задачи управления. Управление электроавтоматикой станков с ЧПУ по типу виртуальных контроллеров SoftPLC. Реализация терминальной задачи. Реализация диагностической задачи управления.

Вопросы для самопроверки:

1. Поясните, что такое интерпретатор управляющих программ.
2. Поясните, что такое интерполятор.
3. Поясните, какова структура подсистемы диагностики.

Список источников: 1-5.

Тема 7. Технологии разработки программного обеспечения систем управления

Вопросы к изучению:

Технология объектно-ориентированного программирования. Специфика объектно-ориентированного программирования. Методологические аспекты построения открытых систем ЧПУ. Технология компонентной организации программного обеспечения

Вопросы для самопроверки:

1. Проведите сравнение технологий программирования.
2. Перечислите базовые понятия объектно-ориентированного подхода.
3. Поясните, каковы методические рекомендации по выбору объектов в системе управления.
4. Поясните, что такое объектно-ориентированная модель отображения данных.
5. Перечислите основные понятия открытых систем ЧПУ
6. Поясните, в чем заключаются особенности построения систем ЧПУ по типу открытого языкового процессора
7. Перечислите стандартные средства поддержки открытой архитектуры
8. Поясните, каковы особенности использования стандартных инструментальных средств поддержки открытой архитектуры
9. Поясните, каковы особенности использования оригинальных инструментальных средств поддержки открытой архитектуры системы ЧПУ
10. Поясните, каковы особенности формирования окружения разработки
11. Перечислите базовые понятия компонентного подхода

Список источников: 1-5.

Тема 8. Методика программирования станков с ЧПУ.

Вопросы к изучению:

Документы пользователя систем ЧПУ. Структура руководства по программированию. Конфигурация систем ЧПУ. Методика разработки управляющей программы ЧПУ соответственно стандарту ISO 14649 STEP-NC

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите базовые понятия методики программирования станков с ЧПУ
2. Поясните, что такое координатные оси и координатные системы
3. Поясните, что такое траектории движения (типы интерполяции)
4. Поясните, каким образом осуществляется управление шпинделем

5. Приведите схемы управляющей программы в стандарте STEP-NC
Список источников: 1-5.

Заключение

Настоящие методические указания предназначены для использования магистрами в ходе изучения дисциплины «Числовое программное управление». Работа с данным материалом предполагается в течение всей продолжительности изучения дисциплины. Выполнение приведенных рекомендаций способствует устойчивому закреплению требуемых компетенций.