

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

А.Г. Кисель

**УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ
И ПРОЦЕССАМИ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлениям подготовки
15.03.01 Машиностроение

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2023

УДК 67.05

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания
ФГБОУ ВО «КГТУ» М. Н. Альшевская

Кисель, А. Г.

Управление техническими системами и процессами: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по напр. подгот. 15.03.01 Машиностроение / А. Г. Кисель – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 27 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Управление техническими системами и процессами» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, материалы по подготовке к практическим занятиям 15.03.01 – Машиностроение.

Табл. 3, список лит. – 4 наименований

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой инжиниринга технологического оборудования 21 апреля 2022 г., протокол № 3

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 30 мая 2023 г., протокол № 5

УДК 67.05

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2023 г.

© Кисель А. Г., 2023 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	21
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	26

ВВЕДЕНИЕ

В начале 70-х годов прошлого столетия в странах с передовой технологией были сформулированы две основные концепции развития производства, которые коренным образом повлияли на перестройку управления в производственных системах (ПС). На основании этих концепций сформировались два глобальных направления, определивших развитие техники и технологии. Первое направление условно объединилось под названием CAD (Computer Aided Design – автоматизированное проектирование). В отечественной литературе аналогами этих терминов являются АСУ, САПР (автоматизированные системы управления, системы автоматического проектирования). Второе направление получило название CAM (Computer Aided Manufacturing – автоматизированное производство), а в отечественной литературе – АСУ ТП (автоматизированные системы управления технологическими процессами). В промышленно развитых странах наблюдалось развитие сразу двух направлений CAD и CAM, но доля капитальных вложений в одно или другое направление была разной. Так, в США основное внимание уделялось концепции CAD, и к концу 1970-х годов США значительно опережали другие страны в этой области. Япония сосредоточила капитальные вложения в концепцию CAM и в результате значительно опередила США на международном рынке по целому ряду промышленных видов продукции. Достижения в направлениях CAD и CAM привели к необходимости и возможности создания объединенной концепции CAD/CAM (САПР/АСУ ТП). Этот информационный компонент получил обозначение MIS (management information system – информационная служба). Системы CAD/CAM обладают следующими особенностями: строятся на базе аппаратных и программных средств ЭВМ для целей технического проектирования, графического представления информации, машинного анализа, управления производством. Благодаря модульному принципу построения системы имеют многотерминальный доступ со стороны пользователей; позволяют автоматически преобразовать информацию в команды управления средствами производства с устройствами числового программного управления. Развитие и взаимное объединение CAD, CAM, MIS привело к созданию принципиально нового производства FMS [Flexible Manufacturing System – гибкая производственная система (ГПС)]. С применением робототехники значительно повысилась гибкость управления ПС, был сделан практический шаг в области разработки и создания «безлюдного» и «безбумажного» производства.

Дисциплина «Управление техническими системами и процессами» относится к блоку 1 части ОПОП ВО по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение.

Целью освоения дисциплины «Управление техническими системами и процессами» является формирование у студентов знаний в области взаимосвязи технологического процесса и технической системы с системой управления; а также о том, что весь широкий спектр технологических функций может быть реализован только посредством системы управления.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- основные понятия и определения в области программного управления технологическими процессами и техническими системами;

- классы систем управления и области их применения;

- архитектуру систем ЧПУ на базе персонального компьютера;

- задачи ЧПУ: геометрическую, логическую, технологическую, терминальную;

уметь:

- правильно выбирать класс системы управления и разрабатывать ее общую конфигурацию;

- выполнять редактирование, отладку и графическое моделирование управляющих программ ЧПУ;

- разрабатывать простые и параллельные (с блокированием) циклы управления электроавтоматикой;

владеть:

- навыками разработки управляющих программ для систем ЧПУ и программируемых контроллеров;

- навыками работы на компьютере с эмуляторами интерфейсов оператора систем ЧПУ;

- навыками работы в среде редактора-отладчика управляющих программ.

При реализации дисциплины «Управление техническими системами и процессами» организуется практическая подготовка путем проведения практических и лабораторных работ, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Для успешного освоения дисциплины «Управление техническими системами и процессами», студент должен активно работать на лекционных и практических занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены тестовые и практические задания. Тестирование и решение практических задач, обучающихся проводится на практических (семинарских) занятиях после изучения соответствующих тем. Тестовое задание предусматривает выбор правильного ответа на поставленный вопрос из предлагаемых вариантов ответа. Перед

проведением тестирования преподаватель знакомит студентов с вопросами теста, а после проведения тестирования проводит анализ его работы. Перечень примерных тестовых и практических заданий представлен в фонде оценочных средств по данной дисциплине.

Промежуточной аттестацией по дисциплине является экзамен.

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства поэтапного формирования результатов освоения;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам поэтапного формирования результатов освоения дисциплины относятся:

- задания и контрольные вопросы к практическим работам;
- задания и контрольные вопросы к лабораторным работам;
- задания к курсовой работе.

К экзамену допускаются студенты:

- положительно аттестованные по результатам освоения дисциплины;
- получившие положительную оценку при защите курсовой работы.

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100-балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (таблица 1).

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно- корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2. Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	информации в рамках поставленной задачи		задачи	поставленной задачи
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

При необходимости для обучающихся-инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Для успешного освоения дисциплины «Управление техническими системами и процессами» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень ключевых вопросов для подготовки к практическим занятиям и организации самостоятельной работы студентов.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Осваивая курс «Управление техническими системами и процессами», студент должен научиться работать на лекциях, практических занятиях, лабораторных, выполнять курсовую работу и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом в области управления техническими системами и процессами, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливая их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Тематический план лекционных занятий (ЛЗ) представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ЛЗ

Номер темы	Содержание лекционного занятия
1	Классификация и структура систем числового программного управления промышленными установками и технологическими комплексами
2	Функциональные схемы систем числового программного управления
3	Промышленные роботы
4	Управляющие программы СЧПУ
5	Вычислительный блок СЧПУ
6	Математические модели интерполяторов
7	Функциональные схемы и алгоритмы реализации интерполяторов по методу цифровых интеграторов и по методу оценочной функции
8	Блок задания скорости (БЗС)
9	Системы электропривода в СЧПУ
10	Шаговые ЭП в системах ЧПУ

Если лектор приглашает студентов к дискуссии, то необходимо принять в ней активное участие. Если на лекции студент не получил ответа на возникшие у него вопросы, он может в конце лекции задать эти вопросы лектору курса дисциплины.

Тема 1. Классификация и структура систем числового программного управления промышленными установками и технологическими комплексами

Ключевые вопросы темы

1. Актуальность внедрения систем программного управления промышленными установками и технологическими комплексами.
2. Понятия и определения из области программного управления.
3. Классификация систем программного управления промышленными установками и технологическими комплексами.
4. Структура системы циклового программного управления (СЦПУ).
5. Классификация систем числового программного управления (СЧПУ).
6. Современные способы автоматизации машиностроительного производства.

Ключевые понятия: числовое программное управление, промышленные установки, технологические комплексы, классификация ЧПУ, структура ЧПУ.

Литература: [1, с. 9–15]

Методические рекомендации

Программное управление (ПУ) – управление техническими объектами, в том числе электроприводами промышленных установок по заданной программе. Такие программы называются управляющими (УП).

Какова технология подготовки управляющих программ? Составляется программа работы, наносится на программноноситель и вводится в систему управления до начала работы.

Системы программного управления ПУ и ТК применяются с целью повысить производительность труда при работе на промышленных установках и технологических комплексах. Даже не комплексное применение средств программного управления позволяет увеличить производительность в 2–2,5 раза.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое программное управление (ПУ)?
2. Зачем применяются системы программного управления ПУ и ТК?
3. В чем заключается технология подготовки управляющих программ?
4. Какие элементы называются промышленными установками?
5. Какие элементы входят в состав технологического комплекса?
6. Что называется технологическим процессом?
7. Что такое многооперационный станок?

8. Назовите функции, которые выполняет манипулятор.
9. Какие элементы входят в состав промышленного робота (ПР)?
10. Какие элементы входят в состав робототехнического комплекса?
11. Какие функции выполняют робототехнические технологические комплексы?
12. Какие функции выполняют робототехнические производственные комплексы?
13. Что является рабочим органом (РО) в металлорежущих станках?
14. Что является рабочим органом (РО) в промышленных роботах?
15. Какие функции выполняют системы циклового программного управления (СЦПУ)?
16. Какие функции выполняют системы числового программного управления (СЧПУ)?
17. Какие бывают системы числового программного управления (ЧПУ)?
18. Какие блоки входят в состав системы циклового программного управления (ПУ)?
19. Назовите поколения СЧПУ.
20. Какие существуют виды и траектории движения РО в СЧПУ?
21. Каким числом информационных потоков характеризуются СЧПУ?
22. Какие существуют современные способы автоматизации машиностроительного производства?
23. Какие функции выполняет гибкий производственный модуль (ГПМ)?
24. Из чего состоит гибкое автоматизированное производство (ГАП)?
25. Что такое «гибкая производственная система» (ГПС)?
26. Какие существуют ступени автоматизации машиностроительного производства?

Тема 2. Функциональные схемы систем числового программного управления

Ключевые вопросы темы

1. Функциональная схема СЧПУ с одним потоком информации.
2. Функционирование СЧПУ с одним потоком информации.
3. Структура СЧПУ с двумя потоками информации.

Ключевые понятия: числовое программное управление, функциональная схема, система ЧПУ, поток информации, структура СЧПУ.

Литература: [1, с. 16–19]

Методические рекомендации

СЧПУ с одним потоком информации представляют собой разомкнутую систему. Системы координат (СК) движения РО: прямоугольная, цилиндрическая, сферическая.

Управляющее устройство преобразует информацию управляющей программы, хранящейся в блоке ввода УП, в команды, поступающие в системы шагового электропривода. Управляющее устройство выдает в каждый канал системы шагового электропривода унитарную последовательность импульсов.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое СЧПУ с одним потоком информации?
2. Что такое СЧПУ с двумя потоками информации?
3. Какие элементы составляют СЧПУ с одним потоком информации?
4. Какие элементы составляют СЧПУ с двумя потоками информации?
5. Расскажите, из каких частей состоит СЧПУ.
6. Какие элементы входят в функциональную схему СЧПУ с двумя потоками информации?
7. Объясните, что такое комплектный электропривод.
8. Какие регуляторы применяются в комплектном электроприводе?
9. Какие элементы входят в состав регулятора положения в системе электропривода для СЧПУ с двумя потоками информации?
10. Какие функции выполняют устройства сопряжения в функциональной схеме СЧПУ с двумя потоками информации?

Тема 3. Промышленные роботы

Ключевые вопросы темы

1. Общие сведения о промышленных роботах.
2. Параметры и характеристики манипулятора.
3. Задачи расчета кинематики манипулятора.
4. Обозначение ПР в России.
5. Программирование ПР.
6. Поколения роботов.
7. Структура СЧПУ для ПР (с двумя потоками информации).

Ключевые понятия: промышленный робот, манипулятор, кинематика манипулятора, программирование роботов, СЧПУ для роботов.

Литература: [1, с. 20–27]

Методические рекомендации

Промышленные роботы представляют собой второй класс промышленных установок. Манипулятор – это устройство для воспроизведения движения руки человека. ПР – это манипулятор, оснащенный СЧПУ. Манипулятор может работать в декартовой системе координат (ДСК), цилиндрической СК и сферической СК.

Современные манипуляторы строятся по модульному принципу. Это основной принцип, который позволяет наращивать число звеньев.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие элементы входят в состав промышленного робота (ПР)?
2. Какие параметры и характеристики имеет промышленный робот?
3. Объясните, что такое звено манипулятора.
4. Какие системы координат используются при кинематическом описании промышленного робота?
5. Расскажите, что такое полярная система координат.
6. Где находится электродвигатель, приводящий в движение звено промышленного робота?
7. Что такое рабочая зона промышленного робота?
8. В чем заключается суть решения прямой задачи промышленного робота?
9. В чем заключается суть решения обратной задачи промышленного робота?
10. Что является рабочим органом (РО) в промышленных роботах?
11. Решение какого уравнения используется для описания движения звеньев промышленного робота?
12. Какие существуют методы для программирования промышленного робота?
13. Сколько существует вариантов метода обучения промышленного робота?
14. Какие существуют поколения промышленных роботов?
15. Какие датчики применяются в роботах?
16. Какие блоки имеются в функциональной схеме СЧПУ промышленного робота?

Тема 4. Управляющие программы СЧПУ

Ключевые вопросы темы

1. Общие сведения об управляющих программах в СЧПУ.
2. Преимущества кодирования УП.
3. Формат управляющей программы.

4. Команды управляющей программы для СЧПУ класса Н221, Н331.
5. Подготовительная функция в управляющей программе для СЧПУ класса Н221, Н331.
6. Вспомогательные функции в управляющей программе для СЧПУ класса Н221, Н331.
7. Формат кадра в управляющей программе для СЧПУ класса Н221, Н331.
8. Подготовка геометрической информации (ГИ) для УП.
9. Эквидистанта.
10. Системы автоматизированного программирования.

Ключевые понятия: управляющая программа, СЧПУ, классы СЧПУ, кадр управляющей программы, геометрическая информация.

Литература: [1, с. 28–34]

Методические рекомендации

В СЧПУ, которыми оснащены станки и ПР, все действия выполняются под управлением программы (УП). Если УП подготовлена непрофессионально, то работа станка и ПР выполняется плохо или вообще не выполняется.

Программы СЧПУ в 60-годах прошлого века не кодировались. Современные УП в кодированной форме помещаются на программоноситель.

Типы программоносителей:

- перфолента;
- магнитная лента;
- магнитный диск;
- электронный носитель (ПЗУ, ППЗУ, flash).

Вопросы для самоконтроля

1. Какие программоносители применяются для хранения управляющих программ в современных СЧПУ?
2. В чем заключаются преимущества кодирования управляющих программ в современных СЧПУ?
3. Сколько байт требуется для хранения одной буквы латинского или русского алфавита?
4. Сколько бит требуется для хранения одной буквы латинского или русского алфавита или десятичных цифр?
5. Из каких элементов состоит управляющая программа?
6. Из каких частей состоит команда управляющей программы?
7. Какие действия программируются в управляющей программе?
8. Какие существуют типы команд управляющей программы?

9. Как готовится геометрическая информация для управляющей программы?

10. Объясните, что такое эквидистанта.

11. Из каких частей состоит система автоматизированного программирования?

Тема 5. Вычислительный блок СЧПУ

Ключевые вопросы темы

1. Аппаратная часть (вычислительный блок) СЧПУ.

2. Понятие об интерполяторах.

3. Физическая модель интерполятора.

4. Информационная модель интерполятора.

5. Классификация интерполяторов.

Ключевые понятия: вычислительный блок, СЧПУ, интерполятор, физическая модель, информационная модель.

Литература: [1, с. 35–38]

Методические рекомендации

Система ЧПУ условно может быть разделена на две части:

1) вычислительный блок СЧПУ;

2) системы электропривода СЧПУ.

Функции вычислительного блока СЧПУ:

1. Ввод УП.

2. Преобразование кодов УП в коды вычислительного блока (ЭВМ), т. е. двоичные коды.

3. Управление процессом выполнения УП:

– управление движением РО по заданной траектории (интерполяторы);

– управление скоростью движения РО (блок задания скорости – БЗС).

Основные узлы и устройства вычислительного блока СЧПУ:

– интерполяторы;

– блок задания скорости (БЗС).

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите, из каких основных частей состоит СЧПУ.

2. В чем заключаются преимущества кодирования управляющих программ в современных СЧПУ?

3. Какие функции выполняет вычислительный блок СЧПУ?

4. Какие основные узлы, устройства или программы реализует вычислительный блок СЧПУ?
5. Какую функцию выполняет интерполятор?
6. Что позволяет выяснить информационная модель интерполятора?
7. Какие типы линий реализуются интерполяторами?
8. Назовите математические методы построения интерполяторов.
9. Какие существуют методы реализации интерполяторов?
10. Откуда поступает информация на вход интерполятора?
11. Куда поступает информация с выхода интерполятора?

Тема 6. Математические модели интерполяторов

Ключевые вопросы темы

1. Математическая модель интерполятора для кривых второго порядка.
2. Математические модели линейного интерполятора по методу ЦДА.
3. Модели кругового интерполятора по методу ЦДА.
4. Математическая модель линейного интерполятора по методу оценочной функции.
5. Математическая модель кругового интерполятора по методу оценочной функции.

Ключевые понятия: математическая модель, интерполятор, линейный интерполятор, круговой интерполятор, оценочная функция.

Литература: [1, с. 39–51]

Методические рекомендации

Выбор математической модели интерполятора (И) зависит от:

- 1) вида траектории;
- 2) квадранта, в котором эта траектория представлена;
- 3) метода, который положен в основу реализации.

Виды траекторий, реализуемых интерполяторами промышленных СЧПУ – прямая линия и окружность (дуга окружности). Структуры математических моделей интерполяторов в разных квадрантах похожи, но не совпадают.

Формы представления математических моделей интерполяторов. Различают две традиционные формы представления математических моделей интерполяторов при использовании метода цифровых дискретных анализаторов: форма уравнений состояния и форма структурной схемы.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие существуют математические методы построения интерполяторов?
2. Какие существуют формы представления математических моделей интерполяторов?
3. Назовите виды траекторий, реализуемых интерполяторами.
4. Каким образом можно получить математическую модель интерполятора в дифференциальной форме для кривой?
5. Каким образом можно получить математическую модель интерполятора в параметрической форме?
6. На основе чего разрабатывается математическая модель интерполятора в форме структурной схемы?
7. Что собой представляет структурная схема математической модели кругового интерполятора?
8. Что собой представляет структурная схема математической модели линейного интерполятора?
9. Что такое оценочная функция интерполятора?
10. Как получить рекуррентное выражение для оценочной функции интерполятора?
11. На основании чего разрабатывается алгоритм программной реализации интерполятора по методу оценочной функции?»

Тема 7. Функциональные схемы и алгоритмы реализации интерполяторов по методу цифровых интеграторов и по методу оценочной функции

Ключевые вопросы темы

1. Цифровой интегратор.
2. Линейный интерполятор по методу ЦДА.
3. Круговой интерполятор по методу ЦДА.
4. Синтез линейного интерполятора по методу оценочной функции.
5. Синтез кругового интерполятора по методу оценочной функции.
6. Алгоритм программной реализации кругового интерполятора по методу оценочной функции.
7. Анализ работы интерполяторов.

Ключевые понятия: метод цифровых интеграторов, линейный интерполятор, функциональная схема, метод оценочной функции, круговой интерполятор.

Литература: [1, с. 52–62]

Методические рекомендации

Для разработки структурной (или функциональной) схемы аппаратного интерполятора или алгоритма работы программного интерполятора необходимо воспользоваться математической моделью интерполятора, составленной по результатам выполнения предыдущего пункта задания.

Рассматриваются некоторые варианты структур аппаратных интерполяторов. Выполняется разработка линейного интерполятора по методу ЦДА (для первого квадранта). Для этого рассматривается принцип действия ЦДА (цифрового интегратора – ЦИ). Одним из важнейших устройств такого интерполятора является интегратор.

Вопросы для самоконтроля

1. Какова математическая модель цифрового интегратора?
2. Как выглядит алгебраическое представление интеграла?
3. Как выглядит геометрическое представление интеграла?
4. Назовите элементы, которые входят в функциональную схему цифрового интегратора.
5. Какие элементы входят в функциональную схему линейного интерполятора по методу ЦДА?
6. Какие элементы входят в функциональную схему кругового интерполятора по методу ЦДА?
7. Какие элементы входят в функциональную схему линейного интерполятора по методу оценочной функции?
8. Какие элементы входят в функциональную схему кругового интерполятора по методу оценочной функции?
9. Какие блоки входят в алгоритм программной реализации линейного интерполятора по методу оценочной функции?
10. Какие блоки входят в алгоритм программной реализации кругового интерполятора по методу оценочной функции?
11. Объясните, на основании чего разрабатывается алгоритм программной реализации интерполятора по методу оценочной функции.

Тема 8. Блок задания скорости (БЗС)

Ключевые вопросы темы

1. Классификация блоков задания скорости.
2. Структурная схема БЗС без устройства разгона и торможения.
3. Структурная схема БЗС с устройством разгона и торможения.

Ключевые понятия: блок задания скорости, структурная схема, устройство разгона, устройство торможения, классификация БЗС.

Литература: [1, с. 63–65]

Методические рекомендации

Различают два типа БЗС:

1) БЗС, в котором реализуется плавное торможение и разгон;

2) БЗС, в котором разгон и торможение производятся скачкообразной подачей задания.

Второй способ имеет недостатки, используется реже. Его не рекомендуется применять при ЭП с шаговым двигателем (ШД), так как у ШД есть недостаток – это пропуск шагов. Для шагового ЭП нужен плавный разгон и плавное торможение, чтобы не было скачков частоты следования импульсов, то есть скорости вращения ШД.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы функции блока задания скорости?

2. Назовите варианты реализации блока задания скорости.

3. Какие элементы используются в блоке задания скорости, реализованном по простому варианту?

4. Какие блоки входят в блок задания скорости, реализованном по «полному» варианту?

5. Какие участки характеризуют временную диаграмму скорости рабочего органа СЧПУ?

Тема 9. Системы электропривода в СЧПУ

Ключевые вопросы темы

1. Классификация систем электропривода в СЧПУ.

2. Выбор системы электропривода СЧПУ.

Ключевые понятия: электропривод, СЧПУ, классификация, система электропривода, числовое программное управление.

Литература: [1, с. 66–67]

Методические рекомендации

В СЧПУ используются электроприводы с шаговым двигателем бездатчика положения и с датчиком положения.

Электропривод с шаговым двигателем разомкнут по положению (датчики положения не применяются), но можно регулировать положение, используя свойства ШД. Правда, у ЭП с ШД имеются недостатки: пропуск шагов и средний класс точности.

Для ЭП с ДПТ и АД невозможно реализовать регулирование положения без ДП. Можно реализовать ЭП с позиционированием на базе ДПТ и АД, используя датчик положения или датчик пути, то есть замкнув систему управления ЭП по положению. Нередко системы, замкнутые по положению, называются следящими системами. С ШД тоже можно получить замкнутую систему, но этого чаще всего не делается.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие типы электроприводов используются в СЧПУ?
2. Назовите регуляторы, которые используются в системах электропривода СЧПУ.
3. Какой «внешний» регулятор применяется в системах электропривода СЧПУ?
4. Как нередко называются электроприводы, в которых требуется регулировать положение рабочего органа?
5. Какие электродвигатели используются в электроприводах для регулирования положения рабочего органа СЧПУ?

Тема 10. Шаговые ЭП в системах ЧПУ

Ключевые вопросы темы

1. Блок-схемы систем ЧПУ с шаговыми ЭП.
2. Классификация ШД. Устройство и принцип действия ШД.
3. Трехфазный ШД с реактивным ротором. Параметрический ШД.
4. Параметры ШД.
5. Режимы работы ШД.
6. Элементы схемы управления ШД.
7. Старт-стопный режим работы ШД.
8. Позиционные СЧПУ на базе с ШД.

Ключевые понятия: электропривод, система ЧПУ, числовое программное управление, шаговый двигатель, старт-стопный режим работы.

Литература: [1, с. 68–82]

Методические рекомендации

Существует два вида ШД, используемых в СЧПУ. Силовой ШД (СШД) мощностью от $P = 10$ до 100 Вт применяется для приведения в движение маломощных рабочих органов. Рассмотрим функциональную схему системы ЭП с шаговым двигателем для одной координаты в СЧПУ.

Передаточный механизм связывает вал двигателя с рабочим органом. Передаточный механизм может быть выполнен в виде устройства «винт-гайка». Это позволяет преобразовать круговое движение вала двигателя в поступательное движение рабочего органа. Для мощных рабочих механизмов используется несилевой ШД. Роль механического задатчика положения в замкнутой системе с гидравлическим приводом выполняет несилевой ШД, который при вращении перемещает золотник гидравлической системы. Из-за этого возникает перепад давления, который усиливается гидроусилителем ГУ.

Гидродвигатель ГД приводит в движение рабочий механизм и элементы механической обратной связи (МОС). Механическая ОС возвращает золотник гидравлической системы в исходное состояние при отработке задания на перемещение рабочего механизма. При этом перепад давления становится равным нулю.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие блоки входят в систему электропривода с шаговым ЭД в СЧПУ?
2. В чем заключается особенность несилового шагового электропривода в СЧПУ?
3. Назовите типы шаговых электродвигателей.
4. Какие существуют характеристики шаговых электродвигателей?
5. Что такое шаг ШД?
6. Какие существуют типы систем питания ШД?
7. В чем заключается принцип действия ШД?
8. Какие блоки входят в позиционную систему ЧПУ с ШД?

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Практические занятия проводятся с целью формирования у студентов умений и навыков в области взаимосвязи технологического процесса и технической системы с системой управления.

Практические занятия по дисциплине «Управление техническими системами и процессами» являются важной составной частью учебного процесса изучаемого курса, поскольку помогают лучшему усвоению курса дисциплины, закреплению знаний.

В ходе самостоятельной подготовки студентов к практическому занятию необходимо не только воспользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, но и проявить самостоятельность в отыскании новых источников, интересных фактов, статистических данных, связанных с изучаемой проблематикой практического занятия.

Тематический план практических (семинарских) (ПЗ) занятий представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ПЗ

Номер темы	Содержание практического (семинарского) занятия
1	Изучение конструкции и кинематики токарного станка с компьютерной системой ЧПУ
2	Режущий инструмент со сменными многогранными пластинами (СМП), используемыми на токарном станке
3	Изучение системы управления токарного станка с ЧПУ и управляющей программы Stepper
4	Изучение различных систем координат, применяемых на станке. Система координат станка (СКС). Система координат детали (СКД)
5	Изучение взаимосвязи систем координат СКС, СКД и базовой точки токарного станка
6	Комплексная наладка токарного станка с ЧПУ. Настройка системы координат детали (СКД). Измерение и установка вылетов режущего инструмента (РИ). Настройка параметров заготовки
7	Изучение системы команд станка (изучение стандартных G,M кодов)

Обучающийся должен подготовить по рассматриваемому занятию отчет, защитить его, ответив устно на вопросы преподавателя.

По результатам защиты отчета преподаватель выставляет экспертную оценку по четырехбалльной шкале – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценка «отлично» ставится

обучающемуся, обладающему системностью, обстоятельностью и глубиной излагаемого материала, способностью воспроизвести основные тезисы по теме практического занятия, готовому развернуто отвечать на вопросы преподавателя. Оценка «хорошо» ставится обучающемуся, обладающему глубиной и системностью излагаемого материала, но имеющему некоторые затруднения при ответе на вопросы. Оценка «удовлетворительно» ставится обучающемуся, имеющему недостатки информации по теме практического занятия, имеющему затруднения при ответе на вопросы преподавателя. Оценка «неудовлетворительно» ставится обучающемуся, не обладающему информацией по теме практического занятия, неспособному ответить на вопросы преподавателя.

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом его индивидуальных психофизических особенностей.

2.1 Практическое занятие на тему «Изучение конструкции и кинематики токарного станка с компьютерной системой ЧПУ»

Цель занятия – изучить конструкцию и кинематику токарного станка с компьютерной системой ЧПУ.

Задание на практическое занятие

1. Ознакомиться с назначением и технической характеристикой токарного станка с ЧПУ.
2. Изучить конструкцию узлов станка и кинематику приводов.

Вопросы для самоконтроля:

1. Каково назначение ременной передачи главного движения?
2. Как осуществляется регулировка силы прижима задней бабки к станине?
3. Каково назначение шариковой винтовой пары? В чем ее отличие от винтовой пары скольжения?
4. Как осуществляется поворот револьверной головки в ручном режиме?
5. Какие виды работ можно выполнять на данном станке?

2.2 Практическое занятие на тему «Режущий инструмент со сменными многогранными пластинами (СМП), используемыми на токарном станке»

Цель занятия – изучить режущие инструменты со сменными многогранными пластинами, используемые на токарном станке.

Задание на практическое занятие

1. Ознакомиться с назначением и конструкцией режущего инструмента (с СМП).

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие способы крепления и базирования СМП используются?
2. Виды резцов?
3. Какие виды форм бывают СМП?
4. Назовите основные режущие кромки проходного резца.
5. Перечислите достоинства применения СМП.
6. Каков химический состав СМП марки T15K6?
7. Как осуществляется крепление и базирование сменных многогранных пластин?

2.3 Практическое занятие на тему «Изучение системы управления токарного станка с ЧПУ и управляющей программы Stepper»

Цель занятия – изучить систему управления токарного станка с ЧПУ и управляющей программы Stepper.

Задание на практическое занятие

1. Получить знания и навыки по системе управления токарным станком с ЧПУ.
2. Выполнить запуск станка и произвести обработку заготовки (подрезать торец и проточить диаметр).

Вопросы для самоконтроля:

1. Как расшифровать PCNC?
2. Как осуществляется выход в исходное состояние станка?
3. Перечислите основные функции данного УЧПУ.
4. Какие команды, отвечают за работу шпинделя?
5. Как задаются режимы резания на станке с ЧПУ в ручном режиме?
6. Как включается ручной режим управления станка?
7. Какие системы управления станком бывают?

2.4 Практическое занятие на тему «Изучение различных систем координат, применяемых на станке. Система координат станка (СКС). Система координат детали (СКД)»

Цель занятия – изучить системы координат, применяемые на токарном станке.

Задание на практическое занятие

1. Ознакомиться с системами координат, используемыми на токарном станке с ЧПУ УТС-6.

Вопросы для самоконтроля:

1. Для каких целей разрабатывают карту наладки станка с ЧПУ?
2. Где находится ноль станка?
3. Кто назначает ноль детали?
4. От какой системы координат настраивается инструмент?
5. Сколько референтных точек может быть?
6. В каких случаях применяют относительную систему отсчета?
7. Кто принимает решение о применении той или иной системы координат и системы отсчета?
8. Что нужно иметь ввиду при переходе от абсолютной системы отсчета к относительной?

2.5 Практическое занятие на тему «Изучение взаимосвязи систем координат СКС, СКД и базовой точки токарного станка»

Цель занятия – изучить взаимосвязь систем координат СКС, СКД и базовой точки токарного станка.

Задание на практическое занятие

1. Ознакомиться с системами координат, используемыми на токарном станке с ЧПУ УТС-6.

Вопросы для самоконтроля:

1. Для каких целей задают ноль детали?
2. Где находится ноль станка?
3. Кто назначает ноль детали?
4. От какой системы координат настраивается инструмент?
5. Сколько можно задать смещений нуля детали?

2.6 Практическое занятие на тему «Комплексная наладка токарного станка с ЧПУ. Настройка системы координат детали (СКД). Измерение и установка вылетов режущего инструмента (РИ). Настройка параметров заготовки»

Цель занятия – изучить комплексную наладку токарного станка с ЧПУ.

Задание на практическое занятие

1. Ознакомиться с назначением систем координат детали, настройками инструмента и настройки заготовки на токарном станке с ЧПУ УТС-6.

Вопросы для самоконтроля:

1. Для каких целей задают ноль детали?
2. Где находится ноль станка?
3. С какой целью настраивается вылет инструмента?
4. От какой точки производится настройка инструмента?
5. По каким координатам настраивается коррекция инструмента?
6. Что такое режущая кромка?
7. Чем обеспечивается количество инструментов на станке?

2.7 Практическое занятие на тему «Изучение системы команд станка (изучение стандартных G-, M-кодов)»

Цель занятия – изучить стандартные G-, M-коды.

Задание на практическое занятие

1. Получить знания по основным командам управления, применяемым для программирования обработки деталей на токарном станке УТС-6.

Вопросы для самоконтроля:

1. Как записывается команда круговой интерполяции?
2. Как записывается цикл продольной обработки?
3. Что такое сплайновая интерполяция?
4. Какие команды отвечают за работу шпинделя?
5. Какая команда отвечает за паузу?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сартаков, В. Д. Программное управление промышленными установками и технологическими комплексами: учеб. пособие / В. Д. Сартаков. – Иркутск: ИРНИТУ, 2020. – 152 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/325031> (дата обращения: 25.05.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Балла, О. М. Обработка деталей на станках с ЧПУ. Оборудование. Оснастка. Технология / О. М. Балла. – 6-е изд, стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 368 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/214733> (дата обращения: 10.06.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Грибов, Н. В. Системы числового программного управления и программирование обработки: учеб. пособие / Н. В. Грибов, О. В. Миловзоров. – Рязань: РГРТУ, 2022. – 48 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/310514> (дата обращения: 10.06.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Зубарев, Ю. М. Технология автоматизированного производства / Ю. М. Зубарев, А. В. Приемышев. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 216 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/327350> (дата обращения: 10.06.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Локальный электронный методический материал

Антон Геннадьевич Кисель

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ И ПРОЦЕССАМИ

Редактор Е. Билко

Уч.-изд. л. 1,9. Печ. л. 1,7

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1