

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

В. И. Устич, А. А. Паршилкина

АДАПТИВНЫЕ И ОПТИМАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины
для студентов бакалавриата по направлению подготовки
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2022

УДК 681.5

Рецензент:

кандидат технических наук,
доцент кафедры цифровых систем и автоматики института цифровых технологий ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» Н.А. Долгий

Устич, В. И.

Адаптивные и оптимальные системы управления: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студентов бакалавриата по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств / **В. И. Устич, А. А. Паршилкина.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 20 с.

В учебно-методическом пособии приведен тематический план по дисциплине и даны методические указания по её самостоятельному изучению, подготовке к практическим и лабораторным занятиям, подготовке и сдаче экзамена, выполнению самостоятельной работы.

Пособие подготовлено в соответствии с требованиями утвержденной рабочей программы Модуля по выбору 1 «Эксплуатация систем автоматизации технологических процессов и производств» направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено в качестве локального электронного методического материала кафедрой цифровых систем и автоматики 28 сентября 2022 г., протокол № 2

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к использованию в качестве локального электронного методического материала в учебном процессе методической комиссией института цифровых технологий ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 29 сентября 2022 г., протокол № 7

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2022 г.
© Устич В. И., 2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| 1. Введение..... | 4 |
| 2. Тематический план | 5 |
| 3. Содержание дисциплины..... | 7 |
| 4. Методические указания по проведению практических занятий | 8 |
| 5. Методические указания по проведению лабораторных занятий..... | 9 |
| 6. Методические указания по выполнению самостоятельной работы | 10 |
| 7. Методические указания по проведению занятий и освоению дисциплины... .. | 10 |
| 8. Требования к аттестации по дисциплине..... | 12 |
| 8.1. Текущая аттестация | 12 |
| 8.2. Промежуточная аттестация по дисциплине | 15 |
| 9. Заключение..... | 17 |
| 10. Библиографический список..... | 18 |

1. Введение

Данное учебно-методическое пособие предназначено для студентов направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, изучающих дисциплину «Адаптивные и оптимальные системы управления».

Целью освоения дисциплины является формирование знаний и навыков по анализу, синтезу и практическому использованию адаптивных и оптимальных систем управления (АиОСУ).

Задачи изучения дисциплины:

- формирование базовых понятий об области использования, преимуществах и принципах построения АиОСУ;
- приобретение теоретических знаний и практических навыков по анализу и синтезу АиОСУ;
- приобретение практических навыков эксплуатации АиОСУ, реализованных на базе микроконтроллеров (программируемых логических контроллеров).

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- методологические основы функционирования и синтеза адаптивных и оптимальных систем автоматического управления (САУ);
- основные способы синтеза адаптивных и оптимальных САУ;

уметь:

- проводить анализ адаптивных и оптимальных САУ;
- выбирать средства при проектировании адаптивных и оптимальных САУ;
- программировать и отлаживать системы на базе микроконтроллеров;
- определять показатели качества функционирования САУ;
- рассчитывать основные характеристики и оптимальные режимы работы;

владеть:

- навыками построения систем автоматического управления системами и процессами;
- навыками наладки, настройки и обслуживания технических средств и систем управления.

Дисциплина «Адаптивные и оптимальные системы управления» входит в состав Модуля по выбору 1 «Эксплуатация систем автоматизации технологических процессов и производств» части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

Для успешного освоения дисциплины, в соответствии с учебным планом, ей предшествуют такие дисциплины, как: «Теория автоматического управления», «Системы автоматизации и управления технологическими процессами», «Моделирование систем и процессов».

Результаты освоения дисциплины могут быть использованы при выполнении выпускной квалификационной работы, а также в дальнейшей профессиональной деятельности.

Далее в пособии представлен тематический план, содержащий перечень изучаемых тем, лабораторных и практических занятий, мероприятий текущей аттестации и отводимое на них аудиторное время (занятия в соответствии с расписанием) и самостоятельную работу. При формировании личного образовательного плана на семестр следует оценивать рекомендуемое время на изучение дисциплины, возможно, вам потребует больше времени на выполнение отдельных заданий или проработку отдельных тем.

В разделе «Содержание дисциплины» приведены подробные сведения об изучаемых вопросах, по которым вы можете ориентироваться в случае пропуска каких-то занятий, а также методические рекомендации преподавателя для самостоятельной подготовки, каждая тема имеет ссылки на литературу (или иные информационные ресурсы), а также контрольные вопросы для самопроверки.

Раздел «Требования к аттестации по дисциплине» содержит описание обязательных мероприятий контроля самостоятельной работы и усвоения разделов или отдельных тем дисциплины. Далее изложены требования к завершающей аттестации – экзамену.

Помимо данного пособия, студентам следует использовать материалы, размещенные в соответствующем данной дисциплине разделе ЭИОС, в которые более оперативно вносятся изменения для адаптации дисциплины под конкретную группу.

2 Тематический план

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (ЗЕТ), т. е. 180 академических часов контактной (лекционных, лабораторных и практических занятий, а также контрактной работы посредством электронной-информационно-образовательной среды) и самостоятельной работы студента, в том числе связанной с текущей и промежуточной (заключительной) аттестацией по дисциплине.

Распределение трудоемкости освоения дисциплины по семестрам ОП, темам и видам учебной работы студента приведено в таблицах 1 и 2.

Формы аттестации по дисциплине:

очная форма, восьмой семестр – экзамен;

заочная форма, девятый семестр – контрольная работа, экзамен.

Таблица 1 - Объем (трудоемкость освоения) в очной форме обучения и структура дисциплины

| Номер и наименование темы, вид учебной работы | Объем учебной работы, ч | | | | | |
|---|-------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|------------|
| | Контактная работа | | | | СРС | Всего |
| | Лекции | ЛЗ | ПЗ | РЭ | | |
| 1. Оптимальное и адаптивное управление. Основные понятия | 4 | 2 | 2 | - | 10 | 18 |
| 2. Синтез оптимальных систем управления | 6 | 10 | 4 | 1 | 30 | 51 |
| 3. Анализ и синтез адаптивных систем управления | 8 | 10 | 4 | 1 | 28 | 51 |
| 4. Синтез алгоритмов управления на основе обратных задач динамики | 4 | - | 2 | - | 18 | 24 |
| Учебные занятия | 22 | 22 | 12 | 2 | 86 | 144 |
| Промежуточная аттестация | экзамен | | | | | 36 |
| Итого по дисциплине | | | | | | 180 |

ЛЗ – лабораторные занятия, ПЗ - практические занятия, РЭ – контактная работа посредством электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС), СРС – самостоятельная работа студентов

Таблица 2 - Объем (трудоемкость освоения) в заочной форме обучения и структура дисциплины

| Номер и наименование темы, вид учебной работы | Объем учебной работы, ч | | | | | |
|---|-------------------------|----|----|----|-------|--------------|
| | Контактная работа | | | | СРС | Всего |
| | Лекции | ЛЗ | ПЗ | РЭ | | |
| 1. Оптимальное и адаптивное управление. Основные понятия | 2 | - | - | - | 24,25 | 26,25 |
| 2. Синтез оптимальных систем управления | - | 2 | 2 | 2 | 40 | 46 |
| 3. Анализ и синтез адаптивных систем управления | - | 2 | 2 | 1 | 50 | 55 |
| 4. Синтез алгоритмов управления на основе обратных задач динамики | - | - | 2 | 1 | 40 | 43 |

| Номер и наименование темы, вид учебной работы | Объем учебной работы, ч | | | | | |
|---|-------------------------|----------|----------|----------|---------------|---------------|
| | Контактная работа | | | | СРС | Всего |
| | Лекции | ЛЗ | ПЗ | РЭ | | |
| 1. Оптимальное и адаптивное управление. Основные понятия | 2 | - | - | - | 24,25 | 26,25 |
| 2. Синтез оптимальных систем управления | - | 2 | 2 | 2 | 40 | 46 |
| 3. Анализ и синтез адаптивных систем управления | - | 2 | 2 | 1 | 50 | 55 |
| 4. Синтез алгоритмов управления на основе обратных задач динамики | - | - | 2 | 1 | 40 | 43 |
| Учебные занятия | 2 | 4 | 6 | 4 | 154,25 | 170,25 |
| Промежуточная аттестация | экзамен | | | | | 9,75 |
| Итого по дисциплине | | | | | | 180 |

3 Содержание дисциплины

Содержательно структура дисциплины представлена четырьмя тематическими блоками (темами).

Тема 1. Оптимальное и адаптивное управление. Основные понятия

Перечень изучаемых вопросов:

Цели и задачи дисциплины. Место дисциплины в структуре образовательной программы. Планируемые результаты освоения дисциплины.

Понятие оптимального и адаптивного управления.

Классификация оптимальных и адаптивных систем управления, обобщенная функциональная схема. Показатели оптимальности процесса, задачи оптимального управления.

Рекомендуемая литература: [1], гл. 1, 2; [4], гл. 9; [5], гл. 4; [6].

Контрольные вопросы:

1. Приведите отличие в понятиях оптимального и адаптивного управления.
2. Назовите наиболее часто используемые критерии оптимизации.
3. Запишите математическую трактовку задач оптимизации Лагранжа, Больца, Майера.
4. Приведите классификацию задач оптимального управления.
5. Приведите пример ограничений классического и неклассического вида.

6. Чем отличается задача оптимизации со свободными и подвижными концами?

Тема 2. Синтез оптимальных систем управления

Перечень изучаемых вопросов:

Использование принципа максимума для решения задач оптимального управления.

Синтез оптимальных непрерывных и цифровых систем с использованием уравнения Риккати.

Синтез наблюдателя состояния. Дуальность оптимальных наблюдателей и регуляторов.

Оптимальные системы с обратной связью по наблюдаемым координатам.

Модальное управление.

Рекомендуемая литература: [1], гл. 1; [2], гл. 4; [3]; [4], гл. 9, 10; [5], гл. 5; [6].

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается принцип максимума?
2. Какой вид должен иметь оптимизирующий функционал при использовании уравнения Риккати?

3. Для чего нужен наблюдатель состояния?

Тема 3. Анализ и синтез адаптивных систем управления

Перечень изучаемых вопросов:

Методы и алгоритмы адаптации, классификация, сферы их применения.

Беспоисковые адаптивные системы (БАС) прямого адаптивного управления. Обобщенная структура и виды БАС. БАС с настраиваемой и эталонной моделью. Синтез контура самонастройки.

БАС с неявной эталонной моделью. Адаптивные системы с идентификатором. Система управления с автоматически настраиваемым ПИ - (ПИД) регулятором.

Рекомендуемая литература: [1], гл. 2; [4], гл. 12; [6].

Контрольные вопросы:

1. Приведите классификацию методов и алгоритмов адаптации.
2. Назовите особенности беспоисковых адаптивных систем.
3. В чем отличие БАС с эталонной моделью и идентификатором?

Тема 4. Синтез алгоритмов управления на основе обратных задач динамики

Перечень изучаемых вопросов:

Симметрия структур управляющей и управляемой подсистем.

Синтез алгоритма управления замкнутых систем.

Синтез робастных систем управления.

Последовательность формирования алгоритмов управления.

Рекомендуемая литература: [1], гл. 3; [6].

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается симметрия структур управляющей и управляемой подсистем?
2. Назовите особенности робастных систем.

4 Методические указания по проведению практических занятий

Тематический план и трудоемкость практических занятий приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Объем (трудоемкость освоения) и структура ПЗ

| Тема и содержание практического занятия | Очная форма, ч | Заочная форма, ч |
|--|----------------|------------------|
| Тема 1. Оптимальное и адаптивное управление. Основные понятия. Критерии и задачи оптимизации АиОСУ. Ограничения фазовых координат и управления | 2 | - |
| Тема 2. Синтез оптимальных систем управления. Синтез непрерывной оптимальной системы управления с использованием принципа максимума. Синтез оптимальных непрерывных и цифровых систем с использованием уравнения Риккати. Синтез наблюдателя состояния. Синтез оптимальной системы на основе модального управления. Реализация цифровых регуляторов в виде импульсных фильтров | 4 | 2 |
| Тема 3. Анализ и синтез адаптивных систем управления. Синтез самонастраивающейся системы с использованием функций Ляпунова | 4 | 2 |
| Тема 4. Синтез алгоритмов управления на основе обратных задач динамики. Синтез алгоритмов управления на основе обратных задач динамики | 2 | 2 |
| ИТОГО: | 12 | 6 |

Подробная информация о темах практических занятий, включая методические указания по подготовке к ним, теоретические сведения, а также ссылки на литературу, приведены в учебно-методическом пособии [6].

5 Методические указания по проведению лабораторных занятий

Особое место в структуре дисциплины занимает практикум, включающий в себя пять лабораторных работ (таблица 4).

Таблица 4 - Объем (трудоемкость освоения) и структура ЛЗ

| Номер темы | Содержание лабораторного занятия | Очная форма, ч | Заочная форма, ч |
|------------|---|----------------|------------------|
| 1 | Проверка работоспособности и наладка регулирующего устройства РП-4У | 2 | - |
| 2 | Изучение регулирующего контроллера Р-130 (КР-300) | 4 | 1 |

| Номер темы | Содержание лабораторного занятия | Очная форма, ч | Заочная форма, ч |
|------------|--|----------------|------------------|
| 2 | Технологическое программирование регулирующего контроллера Р-130 (КР-300) | 6 | 1 |
| 3 | Использование стандартных конфигураций ремиконта Р-130 для построения контуров регулирования | 6 | 1 |
| 3 | Программирование контроллеров FESTO в редакторе лестничных диаграмм | 4 | 1 |
| ИТОГО: | | 22 | 4 |

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в лаборатории №230 (главный учебный корпус) кафедры цифровых систем и автоматики, оснащенной промышленными логическими контроллерами (Ремиконт Р-130, КР – 300, ПЛК-150, ПЛК FESTO), физическими объектами, персональными компьютерами с программным обеспечением.

Студент (в составе группы из 3-4 человек) в ходе лабораторного практикума согласно методическим указаниям и заданию преподавателя изучает структуру, функциональные возможности, языки программирования промышленных логических контроллеров, реализует технологическое программирование заданной задачи и построение контуров регулирования объекта автоматизации. Защита лабораторной работы проводится на основании выполненного задания к лабораторной работе, оформленного отчета, а также ответа на контрольные вопросы.

Более подробные указания по выполнению лабораторного практикума, включая задание, методические указания по выполнению работы, контрольные вопросы приведены в учебно–методическом пособии [7].

6 Методические указания по выполнению самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов по дисциплине, а также работа в ЭИОС университета может проводиться в компьютерном классе (лаб. 143а, главный учебный корпус) кафедры цифровых систем и автоматики, оснащенный персональными компьютерами с выходом в сеть Интернет.

Объем и формы самостоятельной работы студентов приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Объем (трудоемкость освоения) и формы СРС

| № п/п | Вид (содержание) СРС | Кол-во часов | | Форма контроля, аттестации |
|-------|---|--------------|---------------|---|
| | | очная форма | заочная форма | |
| 1 | Освоение теоретического учебного материала (в т.ч. подготовка к практическим и лабораторным занятиям, оформление работ, подготовка к защите лабораторных работ) | 44 | 130 | Текущий контроль: - контроль на лекциях и ПЗ; - защита лабораторных работ |

| № п/п | Вид (содержание) СРС | Кол-во часов | | Форма контроля, аттестации |
|----------|--|----------------|------------------|---|
| | | очная форма | заочная форма | |
| 2 | Индивидуальные контрольные задания *; контрольная работа** | 42 | 24,25 | Текущий контроль: -защита индивидуальных контрольных заданий, контрольной работы. |
| Итого | | 86 | 154,25 | |

* - для очной формы обучения;

** - для заочной формы обучения.

Содержание индивидуальных заданий приведено в п. 8.1.

В качестве задания для контрольной работы студентов заочной формы обучения выбираются (по указанию преподавателя) два вопроса из примерного перечня экзаменационных вопросов по дисциплине (п. 8.2).

7 Методические указания по проведению занятий и освоению дисциплины

Для успешного освоения дисциплины необходимо ознакомиться с основными принципами построения адаптивных и оптимальных систем управления, областью их применения в современных производствах, возможностью реализации на программируемых логических контроллерах.

При разработке образовательной технологии организации учебного процесса основной упор сделан на соединение активной и интерактивной форм обучения. Интерактивная форма позволяет студентам проявить самостоятельность в освоении теоретического материала и овладении практическими навыками, формирует интерес и позитивную мотивацию к учебе.

При изучении дисциплины внимание студентов постоянно акцентируется не только на теоретическом аспекте построения АиОСУ, но и их практическом применении в современных высокотехнологичных производствах.

Для планирования работы студента в начале семестра производится выдача тем для самостоятельного изучения, определяются источники информации и график проведения текущего контроля. В качестве источников информации рекомендуется наряду с учебными пособиями использовать периодические издания (журналы) из области профессиональной деятельности.

В ходе лекционных занятий студенту следует вести конспектирование учебного материала. При самостоятельном изучении заданных преподавателем тем рекомендуется вносить основные материалы по ним в тот же конспект лекций в соответствии с рекомендованным порядком следования учебного материала.

При проведении занятий в интерактивной форме важно участвовать в процессе обсуждения и решения поставленных задач анализа и синтеза АиОСУ, задавать преподавателю вопросы с целью уяснения теоретических положений, области их применения, разрешения спорных ситуаций.

На лекциях и практических занятиях изложению нового материала предшествуют обсуждение предыдущей темы с целью восстановления и закрепления студентами изученного теоретического и практического материала и ответы на вопросы студентов. В конце лекции (практического занятия) выделяется время для ответов на вопросы по текущему материалу и его обсуждению. На практических занятиях используется разбор конкретных ситуаций анализа и синтеза АиОСУ, при этом студенты участвуют в коллективном обсуждении. Активность студентов и проявленные знания при обсуждении материала учитываются при текущей и промежуточной (заключительной) аттестации по дисциплине.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать специальную литературу.

Для закрепления изученного материала, определения «пробелов» в знаниях студентов, а также для текущего контроля используются индивидуальные контрольные задания (три на весь курс). Индивидуальные контрольные задания выполняются студентом на 5, 9 и 11 учебных неделях семестра в ходе самостоятельной работы по дисциплине, проверяются преподавателем и при необходимости на практических занятиях разбираются конкретные ошибки при их выполнении.

8 Требования к аттестации по дисциплине

8.1 Текущая аттестация

Текущая аттестация (текущий контроль) проводится с целью оценки освоения теоретического учебного материала, в том числе в рамках самостоятельной работы студента (п. 6).

Контроль на лекциях и практических занятиях производится в виде устного опроса.

Типовые контрольные вопросы для устного опроса по темам приведены в п. 3 настоящего пособия.

Положительная оценка («зачтено») по результатам каждого контроля (опроса) выставляется в соответствии с универсальной системой оценивания, приведенной в табл.

6. В случае получения оценки «не зачтено» студент должен пройти повторный контроль по данной теме в ходе последующих консультаций.

Таблица 6 – Система оценок и критерии выставления оценки при прохождении контроля (опроса)

| Критерий | Система оценок | | | |
|--|---|---|---|---|
| | «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 полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект |

Текущий контроль в виде защиты лабораторных работ проводится на лабораторном практикуме, целью которого является формирование умений и навыков по программированию оптимальных и адаптивных систем управления на базе промышленных логических контроллеров. Оценка результатов выполнения задания по каждой лабораторной работе производится при представлении студентом отчета по лабораторной работе и на основании ответов студента на вопросы по тематике лабораторной работы. Студент, самостоятельно выполнивший задание, продемонстрировавший знание использованных им технических средств, алгоритмов и языков программирования задачи, получает по лабораторной работе оценку «зачтено».

Индивидуальные контрольные задания используются для оценки освоения второй (два задания) и третьей (одно задание) тем дисциплины студентами очной формы обучения. Индивидуальные контрольные работы выполняются в рамках самостоятельной работы студентов после рассмотрения на лекциях и практических занятиях соответствующих тем.

Индивидуальное контрольное задание № 1 – «Синтез непрерывной оптимальной системы управления с использованием принципа максимума» предусматривает выполнение студентом работы указанной тематики по заданной преподавателем исходной информации: уравнению движения объекта, критерию оптимизации (оптимизирующим функционалу), начальных и конечных условий, наличию (отсутствию) ограничений на управление.

Индивидуальное контрольное задание № 2 – «Синтез оптимальных непрерывных систем с использованием уравнения Риккати» предусматривает получение для выполнения задания исходной информации от преподавателя: уравнения движения объекта, критерия оптимизации (оптимизирующего функционала).

Индивидуальное контрольное задание № 3 – «Синтез самонастраивающейся системы с использованием функций Ляпунова» в качестве исходной информации, получаемой от преподавателя, содержит: уравнение объекта (основного контура), матрицу коэффициентов P.

Положительная оценка («зачтено») по каждому заданию выставляется, если задание выполнено без ошибок (получены правильные зависимости функции управления от времени (первое задание), фазовых координат объекта (второе задание), настраиваемых параметров функции Ляпунова и структурная схема самонастраивающейся системы (третье задание)). Если студентом получены неправильные результаты или действия выполнены неправильно, то задание получает оценку «не зачтено» и отправляется на доработку.

С целью контроля качества самостоятельной работы студентов заочной формы запланировано выполнение и защита контрольной работы. Система оценивания и критерии оценки контрольной работы приведены в таблице 7.

Таблица 7 Система оценивания и критерии оценки контрольной работы

| Критерий | Система оценок | | | |
|-------------------------------|---|---|---|--|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | «неудовлетворительно» | «удовлетворительно» | «хорошо» | «отлично» |
| | «не зачтено» | «зачтено» | | |
| 1 Работа с информацией | Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи | Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи | Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи | Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи |

| Критерий | Система оценок | | | |
|---|--|--|--|---|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | «неудовлетворительно» | «удовлетворительно» | «хорошо» | «отлично» |
| | «не зачтено» | «зачтено» | | |
| 2 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 задачи данные | В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи |
| 3 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 |

8.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Промежуточная (заключительная) аттестация по дисциплине предусматривает проведение экзамена (экзаменационного тестирования).

К экзамену допускаются студенты:

- выполнившие и защитившие все предусмотренные лабораторные работы (получившие положительную оценку по результатам лабораторного практикума);
- выполнившие индивидуальные контрольные задания (получившие оценку «зачтено» по каждому индивидуальному заданию) – для студентов очной формы,

- выполнившие контрольную работу (получившие оценку «зачтено» по контрольной работе) – для студентов заочной формы.

Экзамен может проводиться как в традиционной форме, так и в виде экзаменационного тестирования.

Экзаменационный билет содержит два экзаменационных вопроса.

Примерный перечень экзаменационных вопросов по дисциплине:

1. Понятия оптимального и адаптивного управления.
2. Обобщенная функциональная схема адаптивной системы управления.
3. Показатели оптимальности процесса.
4. Задачи оптимального управления.
5. Использование принципа максимума для синтеза оптимальных систем.
6. Определение оптимального управления для непрерывных систем при квадратичном оптимизирующем функционале.
7. Синтез цифровых систем управления при квадратичном оптимизирующем функционале.
8. Дискретные наблюдатели, не учитывающие помех.
9. Дуальность оптимальных наблюдателей и регуляторов.
10. Оптимальные системы с обратной связью по наблюдаемым координатам.
11. Реализация цифровых регуляторов в виде последовательных импульсных фильтров.
12. Реализация цифровых регуляторов в виде импульсных фильтров в цепи обратной связи.
13. Реализация цифровых регуляторов в виде комбинированных импульсных фильтров.
14. Принципы построения самонастраивающихся систем.
15. Структурная схема самонастраивающейся системы и ее основные элементы.
16. Классификация самонастраивающихся систем.
17. Задача синтеза контура самонастройки. Выбор критерия самонастройки и принципа построения контура самонастройки.
18. Применение анализатора характеристик. Использование эталонной модели.
19. Определение закона изменения настраиваемых параметров. Применение функций Ляпунова.
20. Беспойсковые системы прямого адаптивного управления. Обобщенная структура БАС.
21. Беспойсковые системы прямого адаптивного управления. Основные виды.

22. БАС с информацией о процессах на границе устойчивости.
23. Беспорочные системы прямого адаптивного управления. БАС с настраиваемой и эталонной моделью.
24. Адаптивные системы с идентификатором.
25. Система управления с автоматически настраиваемым ПИ- (ПИД) регулятором.
26. Особенности робастного управления.

Задания для проведения экзаменационного тестирования приведены в фонде оценочных средств по дисциплине.

Система оценивания и критерии выставления оценок по экзамену (экзаменационному тестированию) приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Система оценок и критерии выставления оценки по экзамену (экзаменационному тестированию).

| Критерий | Система оценок | | | |
|--|---|---|---|--|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 0-40% | 41-60% | 61-80 % | 81-100 % |
| | «неудовлетворительно» | «удовлетворительно» | «хорошо» | «отлично» |
| 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 полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект |
| 2 Работа с информацией | Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи | Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи | Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи | Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках 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 | В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации | В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, | В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в |

| Критерий | Система оценок | | | |
|--|---|---|--|--|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 0-40% | 41-60% | 61-80 % | 81-100 % |
| | «неудовлетворительно» | «удовлетворительно» | «хорошо» | «отлично» |
| | из имеющихся у него сведений | | вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные | 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 |

9 Заключение

Современные системы автоматизации технологических процессов в значительной мере базируются на микропроцессорных вычислительных устройствах и, в частности, регулирующих контроллерах. Относительно низкая стоимость микропроцессорных устройств (МПУ), высокая надежность, малые габариты позволяют устанавливать их непосредственно на объектах или их частях, создавая системы с более высоким быстродействием и повышенной живучестью, возможностью разделения общей функции управления и обработки информации на несколько слабосвязанных функций и распределение этих функций между несколькими МПУ в режиме реального времени. Разрабатываемая САУ должна обеспечивать наилучшие технические или технико-экономические показатели при заданных реальных условиях работы, т.е. являться оптимальной системой.

Дальнейшее совершенствование производственных и технологических процессов обусловлено усложнением задач управления при практической невозможности подробного изучения и описания процессов, протекающих в САУ. Соответственно появляются трудности в обеспечении заданного качества управления из-за уменьшения априорной информации о системе. Для преодоления этих трудностей применяют принцип адаптации.

Освоение дисциплины «Адаптивные и оптимальные системы управления» является одним из основополагающих шагов к формированию будущего специалиста в области автоматизации технологических процессов и производств. Приобретенные в ходе изучения дисциплины знания, умения и навыки будут углубляться и совершенствоваться в процессе дальнейшего обучения и могут быть применены в профессиональной деятельности.

10 Библиографический список

Основная литература

1. Сердобинцев, С. П. Теория автоматического управления : оптим. и адаптив. системы : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подготовки : "Технология, оборудование и автоматизация машиностр. пр-в" ; "Конструкторско-техн. обеспечение машиностр. пр-в" ; "Автоматизир. технологии и пр-ва / С. П. Сердобинцев ; ФГОУ ВПО "КГТУ". - Калининград : ФГОУ ВПО "КГТУ", 2010. - 207 с.

2. Сердобинцев, С. П. Теория автоматического управления : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подготовки : "Технология, оборудование и автоматизация машиностр. пр-в" ; "Конструкторско-техн. обеспечение машиностр. пр-в" ; "Автоматизир. технологии и пр-ва" / С. П. Сердобинцев ; ФГОУ ВПО "КГТУ". - Калининград : ФГОУ ВПО "КГТУ", 2010. - 429 с.

Дополнительная литература

3. Сердобинцев, С. П. Управление электромеханическими системами с переменными параметрами : учеб. пособие / С. П. Сердобинцев ; КГТУ. - Калининград : КГТУ, 2004. - 103 с.

4. Ким, Д. П. Теория автоматического управления: учебное пособие/Д. П. Ким. – 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Физматлит, 2007. – Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. – 440 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).

5. Ким, Д. П. Сборник задач по теории автоматического управления: учеб. пособие/Д. П. Ким. – Москва: Физматлит, 2008. – Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. – 328 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).

Учебно-методические пособия:

6. Устич, В. И. Адаптивные и оптимальные системы управления: учебно-методическое пособие к практическим занятиям/ В.И. Устич. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. - 19 с.

7. Устич, В. И. Адаптивные и оптимальные системы управления: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ/ В. И. Устич. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. - 69 с.

Интернет-ресурсы

Ссылки на журналы в области автоматизации технологических процессов и производств:

8. Современные технологии автоматизации (<http://www.cta.ru/>);
9. Автоматизация в промышленности (<http://www.avtprom.ru/>);
10. Портал «Мир компьютерной автоматизации» (<http://www.mka.ru/>).

Локальный электронный методический материал

Владимир Иванович Устич
Анна Алексеевна Паршилкина

АДАПТИВНЫЕ И ОПТИМАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Редактор Г. А. Смирнова

Уч.-изд. л. 1,4 . Печ. л. 1,4

Издательство федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1