

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего профессионального образования**  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по  
учебно-методической работе

\_\_\_\_\_  
А.А.Панфилов  
«06» 02 2015г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ»**

**Направление подготовки** *27.04.04 Управление в технических системах*

**Программа подготовки** *Управление и информатика в технических системах*

**Уровень высшего образования** *магистратура*

**Форма обучения** *очная*

Семестр	Трудоем- кость зач, ед, час.	Лек- ций, час.	Практик. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточ- ного контроля (экз./зачет)
3	4/144	18	18	36	36	экзамен (36 час)
<b>Итого</b>	4/144	18	18	36	36	экзамен (36 час)

Владимир, 2015

7

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель дисциплины:** ознакомление студентов с концептуальными основами адаптивных систем управления как самостоятельной части современной комплексной прикладной науки об управлении в технических и человеко-машинных системах; формирование научного мировоззрения на основе знания особенностей процессов управления в сложных системах различной природы; воспитание навыков научной и инженерной культуры.

### **Задачи дисциплины:**

- Изучение основных понятий и концепций адаптивных систем, основных свойств систем с устройствами идентификации, самонастройки, адаптации, качества и эффективности процессов управления и роли человека в автоматизации технологических и информационных процессов.
- Формирование представлений о принципах функционирования и пределах устойчивости и качества адаптивных автоматических систем, о взаимодействии объектов управления, элементов и технических средств автоматизации и человека, о перспективах развития теории и систем управления в различных областях науки, техники и производства.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Адаптивное управление» представляет собой обязательную дисциплину вариативной части плана по направлению подготовки магистратуры. Дисциплина «Адаптивное управление» базируется на курсах цикла дисциплин, входящих в цикл профессиональных дисциплин бакалавриата: «Теория автоматического управления», «Моделирование систем управления», «Электромеханические системы», «Промышленная автоматика», магистратуры: «Оптимальное управление», «Математическое моделирование объектов и систем управления». Знания, полученные в результате изучения дисциплины применяются при изучении курса «Проектирование систем автоматического управления (междисциплинарный проект)», при выполнении научно-исследовательской работы, выпускной квалификационной работы магистра.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций:

- способность применять современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления (ПК-3);
- способность выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления в технических системах (ПК-8).

В результате освоения дисциплины «Адаптивное управление» обучающийся должен:

**Знать:** принципы построения различных адаптивных систем; принципы построения инвариантных систем; структуру, методы анализа и синтеза линейных многосвязных систем; методы анализа устойчивости систем и качества регулирования, принципы оптимального управления техническими системами, основы моделирования и расчетов в области адаптивных систем управления (ПК-3, 8).

**Уметь:** Проектировать и реализовывать адаптивные автоматические системы управления техническими системами, составлять математическое описание объектов управления, выбирать технические средства для систем регулирования, выполнять компьютерное моделирование систем, проводить экспериментальные исследования и наладку систем автоматизации различного назначения (ПК-3, 8).

**Владеть** навыками работы с основными измерительными и регулирующими приборами, современными осциллографами, самопишущими приборами, основами нормативных документов и стандартов в области автоматизации, метрологии, связи и вычислительных средств и систем, методами интерпретации процессов регулирования с применением современного вычислительного программного обеспечения (ПК-3, 8).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Адаптивное управление» составляет 144 часа, 4 зачетных единицы.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в час/%)	Формы текущего контроля (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Лабораторные занятия	Семинары (практические занятия)	Самостоятельная работа студентов		
1.	Введение. Базовые понятия и классификация адаптивных систем.	3	1-3	2	8	2	8	6/50	Реферат
2.	Адаптивные системы	3	4-7	4	8	6	10	9/50	Реферат 1 р-к
3.	Синтез адаптивных систем	3	8-12	6	12	6	9	12/50	2 р-к
4.	Многомерные адаптивные системы	3	13-18	6	8	4	9	9/50	3 р-к
	<b>ИТОГО</b>			18	36	18	36	36/50	3 р-к, экз

## Содержание дисциплины

Темы лекционных занятий направлены на получение теоретических знаний в области управления техническими системами.

### Тема 1. Базовые понятия и классификация адаптивных систем

1. Предмет и задачи курса. Классификация адаптивных систем. Структурная схема обобщенной адаптивной системы. Самонастраивающиеся (СНС) и самоорганизующиеся системы. Системы экстремального регулирования (СЭР). Типы систем, организация квазистационарного режима работы, содержание и последовательность проектирования

### Тема 2. Адаптивные системы управления

1. Способы поиска экстремума. Методы определения градиента регулируемой функции в экстремальных системах: синхронного детектирования, дифференцирования регулируемой функции, запоминания экстремума. Методы организации движения к точке экстремума: Гаусса-Зайделя, градиента, наискорейшего спуска.

2. Анализ динамики линейной многомерной СЭР, работающей по методу градиента. Устойчивость и качество достижения экстремума целевой функции.

3. Типы самонастраивающихся систем. СНС с замкнутым контуром настройки, системы с эталонной и настраиваемой моделью.

4. Самонастраивающиеся системы переменной структуры. Синтез систем методом фазовой плоскости.

### 3. Синтез адаптивных систем

1. Градиентные методы синтеза непрерывных систем прямого адаптивного управления. Синтез адаптивных систем градиентным методом. Алгоритм А.А.Красовского. Свойства систем. Пример расчета параметров адаптивного регулятора. Синтез адаптивных систем методом функций Ляпунова. Условия устойчивости. Алгоритм скоростного градиента. Синтез адаптивных систем по алгоритму скоростного градиента. Свойства систем (идентифицируемость, работоспособность в условиях действия возмущений), системы с явной, неявной, настраиваемой моделями.

2. Синтез адаптивных систем с переменной структурой. Последовательность расчета параметров адаптивного регулятора. Свойства, область применения.

### 4. Адаптивные многосвязные системы управления

1. Многосвязные системы управления. Примеры и классификация систем многосвязного регулирования (МСАР). Матричная передаточная функция. Характеристическое уравнение МСАР. Проблема автономного управления. Автономность по Вознесенскому и Боксенбому - Худу. Взаимоотношения автономности и инвариантности в МСАР.

2. Методы анализа многосвязных систем. Метод декомпозиции.

3. Управляемость и наблюдаемость в МСАР. Запись уравнений МСАР в пространстве состояний. Выявление неуправляемых и ненаблюдаемых мод.

## Практические занятия

1. Определение идеального закона управления, прямой и идентификационный подходы к выбору структуры системы, выбор алгоритма адаптации.

2. Синтез адаптивных систем с переменной структурой.

3. Одноканальная система с градиентным алгоритмом адаптации.

4. Синтез адаптивных систем градиентным методом.

5. Система с алгоритмом адаптации на основе второго метода Ляпунова.
6. Расчет адаптивного регулятора пониженного порядка.
7. Синтез адаптивного ПИД-регулятора.
8. Анализ устойчивости адаптивных систем.
9. Многомерные адаптивные системы.

### **Лабораторные занятия**

1. Исследование экстремальной системы с запоминанием экстремума.
2. Самонастраивающаяся система с эталонной моделью.
3. Скользящий режим в системах с эталонной моделью.
4. Адаптивные системы с переменной структурой.
5. Инвариантная система с бесконечным коэффициентом усиления.
6. Система электропривода постоянного тока с адаптивным управлением.
7. Многосвязная система управления.
8. Адаптивная система управления режимом электрической сети.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При реализации программы дисциплины «Адаптивное управление» используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий (72 часа) занятия проводятся в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проектора и Оверхета и практических занятий в лаборатории автоматике или компьютерном классе факультета с использованием специальных вычислительных и демонстрационных программ и электротехнического оборудования, а самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (консультации и помощь в написании рефератов и при выполнении практических (18 часов), и лабораторных работ (36 час.) и индивидуальную работу студента в компьютерном классе или научной библиотеке (36 часов).

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

В процессе преподавания курса «Адаптивное управление» в качестве текущей аттестации студентов используется текущий контроль в форме рейтинг-контроля, проводится экзамен.

### **Примерные темы рефератов для самостоятельной работы студентов:**

1. История развития автоматике и применение адаптивных систем.
2. История развития математических методов теории управления.
3. Роль отечественных ученых в развитии автоматике.
4. Современные направления развития науки об управлении.
5. Технические средства автоматического управления.
6. Адаптивные автоматические системы управления технологическими процессами.
7. Применение вычислительных машин, систем и устройств в системах автоматике.
8. Теория устойчивости автоматических систем.

### **Вопросы к рейтинг-контролю**

#### **Рейтинг-контроль 1**

1. Основные принципы построения автоматических систем. Робастные системы. Адаптивные системы.
2. Структурная схема обобщенной адаптивной системы.

3. Самонастраивающиеся и самоорганизующиеся системы.
4. Системы экстремального регулирования.
5. Критерии качества автоматических систем.
6. Способы поиска экстремума.
7. Методы определения градиента регулируемой функции в экстремальных системах:
8. Методы организации движения к точке экстремума: Гаусса-Зайделя, градиента, наискорейшего спуска.
9. Анализ динамики линейной многомерной СЭР, работающей по методу градиента.
10. Устойчивость и качество достижения экстремума целевой функции.
11. Типы самонастраивающихся систем.
12. СНС с замкнутым контуром настройки.
13. Системы с эталонной и настраиваемой моделью.
14. Самонастраивающиеся системы переменной структуры.
15. Синтез адаптивных систем методом фазовой плоскости.

### **Рейтинг-контроль 2**

1. Градиентные методы синтеза непрерывных систем прямого адаптивного управления.
2. Синтез адаптивных систем градиентным методом.
3. Алгоритм А.А.Красовского.
4. Пример расчета параметров адаптивного регулятора.
5. Синтез адаптивных систем методом функций Ляпунова. Условия устойчивости.
6. Алгоритм скоростного градиента.
7. Синтез адаптивных систем по алгоритму скоростного градиента.
8. Идентифицируемость, работоспособность систем в условиях действия возмущений.
9. Системы с явной, неявной, настраиваемой моделями.
10. Синтез адаптивных систем с переменной структурой.
11. Последовательность расчета параметров адаптивного регулятора.
12. Наблюдатели.
13. Фильтр Каомана.
14. Фильтр Винера.

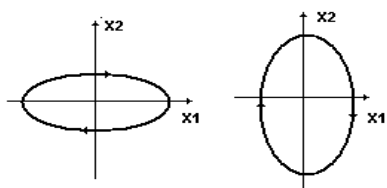
### **Рейтинг-контроль 3**

1. Многосвязные адаптивные системы управления.
2. Примеры и классификация систем многосвязного регулирования (МСАР).
3. Матричная передаточная функция. Характеристическое уравнение МСАР.
4. Проблема автономного управления. Автономность по Вознесенскому и Боксенбому - Худу.
5. Взаимоотношения автономности и инвариантности в МСАР.
6. Методы анализа многосвязных систем.
7. Метод декомпозиции.
8. Управляемость и наблюдаемость в МСАР.
9. Запись уравнений МСАР в пространстве состояний.
10. Выявление управляемых и ненаблюдаемых мод.

## Вопросы к экзамену

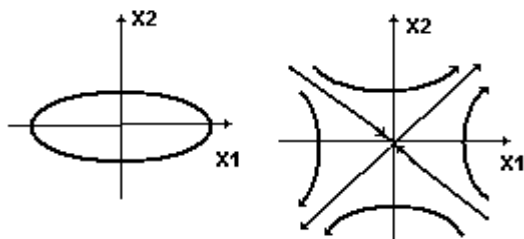
### Вариант 1

1. Как определять составляющие градиента регулируемой функции  $F$  в СЭР, работающих по методу запоминания экстремума?
2. Сформулируйте условие устойчивости "в малом" для СЭР.
3. СНС с разомкнутым контуром настройки. Структурная схема, критерий настройки, преимущества перед СНС с замкнутым контуром настройки.
4. Построить устойчивую систему из неустойчивых структур, фазовые портреты которых даны:



### Вариант 2

1. Дать понятие квазистационарного режима в поисковых адаптивных САУ. Применение этого режима в анализе адаптивных САУ.
2. Метод Гаусса-Зайделя для движения системы к состоянию экстремума.
3. Адаптивная система с эталонной моделью. Структура, критерий настройки, преимущества перед СНС с настраиваемой моделью.
4. Построить устойчивую систему из неустойчивых структур, фазовые портреты которых даны:



### Вариант 3

1. Составить структурную схему 3-канальной СЭР, работающей по методу градиента. Для нахождения составляющих градиента использовать метод дифференцирования регулируемой функции  $F$  во времени.
2. Как определить потери "на рысканье" в СЭР? Когда это необходимо делать?
3. Структура адаптивной САР с замкнутым контуром самонастройки с контролем АЧХ системы. Преимущества и недостатки системы перед инвариантной САР.

4. Дать понятие метода переменной структуры. Что такое - линия переключения, линия вырожденного движения?

#### Вариант 4

1. Определение составляющих градиента регулируемой функции по способу запоминания экстремума.

2. Дать сравнительную характеристику способов организации движения СЭР к положению экстремума по быстродействию и точности.

3. Для создания системы управления высокой точности можно использовать следующие способы:

- СНС с эталонной моделью процесса,
- СНС с настраиваемой моделью процесса,
- систему с переменной структурой,
- инвариантную систему.

Назовите сравнительные преимущества и недостатки этих систем.

4. Построить устойчивую систему из неустойчивых структур, фазовые портреты которых заданы:

#### Вариант 5

1. Метод синхронного детектирования. Назначение, преимущества, недостатки.

2. Известны корни векового уравнения экстремальной системы:

$$P_1 = -0.3; \quad P_2 = -0.05; \quad P_3 = -2 - j0.8; \quad P_4 = -2 + j0.8;$$

$$P_5 = -0.1 - j1.3; \quad P_6 = -0.1 + j1.3.$$

Найти время установления экстремума.

3. Метод наискорейшего спуска для движения СЭР к положению экстремума. Преимущества, недостатки.

4. Построить устойчивую систему из неустойчивых структур, фазовые портреты которых заданы.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) основная литература

1. Веселов О.В., Сабуров П.С. Методы искусственного интеллекта в диагностике. – Владимир, ВлГУ, 2015. – 254 с. Режим доступа: <http://e.lib.vlsu.ru/>.

2. Автоматизированные системы управления электроподвижным составом. Ч. 1: Теория автоматического управления [Электронный ресурс] : учебник: в 3 ч. / Л.А. Баранов, А.Н. Савоськин, О.Е. Пудовиков и др.; под ред. Л.А. Баранова и А.Н. Савоськина. - М. : УМЦ ЖДТ, 2014." - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785890356161.html>

3. Робастное управление с компенсацией возмущений [Электронный ресурс] / Цыкунов А.М. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922114189.html>

### б) дополнительная литература

1. Татмышевский К.В., Макарова Н.Ю. Элементы электронных устройств. – Владимир, ВлГУ, 2015 – 121 с. Режим доступа: <http://e.lib.vlsu.ru/>



2. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы [Электронный ресурс] / К и м Д. П. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922108584.html>

3. Адаптивное и робастное управление динамическими объектами по выходу [Электронный ресурс] / Цыкунов А.М. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922110945.html>

***в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:***

Программные системы: MATLAB, MAPLE, MATCAD. Специальные вычислительные и логические компьютерные программы, созданные сотрудниками и преподавателями кафедры.

Интернет-ресурсы:

[ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)

[www.exponenta.ru](http://www.exponenta.ru)

[www.rusycon.ru](http://www.rusycon.ru)

[www.edx.org](http://www.edx.org)

***г) периодические издания***

1. Автоматика, связь, информатика: Научно-популярный производственно-технический журнал/ МПС России. -М. : МПС России. -ISSN 0005-2329.

2. Транспорт: наука, техника, управление : Сборник обзорной информации/ ВИНТИ. -М. : ВИНТИ. -ISSN 0236-1914.

3. Мехатроника, автоматизация, управление: Теоретический и прикладной научно-технический журнал. -М. : Новые технологии. ISSN 1684-6427.

4. Автоматика и телемеханика: Теоретический и прикладной научно-технический журнал. -М. : Академиздатцентр «Наука» РАН. ISSN 0005-2310.

5. Автоматизация в промышленности: Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. ООО Издательский дом «ИнфоАвтоматизация» ISSN 1819-5962.

## **8.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для материально-технического обеспечения дисциплины «Адаптивное управление» используются: лаборатория кафедры, специализированная аудитория с ПК и компьютерным проектором и Оверхетом, научная библиотека университета.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению «**Управление в технических системах**»

Рабочую программу составил



С.И.Малафеев  
д.т.н., профессор

Рецензент

Зам.начальника отдела

ЗАО «Автоматика Плюс», к.т.н.



В.М.Дерябин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

Протокол № 1/1 от 6.02.15 года

Заведующий кафедрой



УИТЭС

А.Б.Градусов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления «**Управление в технических системах**»

Протокол № 2 от 6.02.15 года

Председатель комиссии



А.Б.Градусов