

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

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

А.А. Галкин

2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ»**

направление подготовки / специальность

**27.04.04 – Управление в технических системах**

направленность (профиль) подготовки

**Управление и информатика в технических системах**

Владимир

2021

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цели 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» относится к части учебного плана, сформированной участниками образовательного процесса.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-3 – Способен применять современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления	ПК-3.1. Знает современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления. ПК-3.2. Умеет анализировать современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления.	Знать современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления Уметь применять современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления	Задания рейтинг контроля Отчет по лабораторным работам

	ПК-3.3. Владеет навыками применения на практике выбранных методов разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления.	Владеть современными методами разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления	
ПК-4 – Способен к организации и проведению экспериментальных исследований и компьютерного моделирования с применением современных средств и методов	ПК-4.1. Знает методы проведения экспериментальных исследований и компьютерного моделирования. ПК-4.2. Умеет проводить экспериментальные исследования и компьютерное моделирование с применением современных средств и методов. ПК-4.3. Владеет навыками выполнения экспериментов и оформление результатов исследований	Знает методы проведения экспериментальных исследований и компьютерного моделирования. Умеет проводить экспериментальные исследования и компьютерное моделирование с применением современных средств и методов. Владеет навыками выполнения экспериментов и оформление результатов исследований	
ПК-8 – Способен выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления в технических системах	ПК-8.1. Знает методы решения задач управления в технических системах. ПК-8.2. Умеет разрабатывать алгоритмы решения задач управления в технических системах. ПК-8.3. Владеет навыками выбора метода решения задач управления в технических системах	Знать алгоритмы решения задач управления в технических системах Уметь выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления в технических системах Владеть методами разработки алгоритмов решения задач управления в технических системах	

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоёмкость дисциплины составляет **5** зачётных единицы, **180** час.

##### Тематический план Форма обучения - очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоя- тельную работу сту- дентов и трудоёмкость (в ча- сах)					Формы теку- щего кон- троля успева- емости, форма проме- жуточной аттестации <i>(по семест- рам)</i>
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Введение.	3	1	2	2	2	12		
2	Базовые понятия и классификация адап- тивных систем.	3	2-5	4	4	4	12		
3	Адаптивные си- стемы	3	6- 10	4	4	4	12		1 рейтинг-кон- троль
4	Синтез адаптивных систем	3	11- 14	2	2	2	12		2 рейтинг-кон- троль
5	Многомерные адап- тивные системы	3	15- 16	2	2	2	12		
6	Наблюдатели в адап- тивных системах	3	17	2	2	2	12		
7	Фильтр Калмана	3	18	2	0	2	18	2	3 рейтинг-кон- троль
Всего за 3 семестр				18	18	18	90		экзамен
Наличие в дисциплине КП/КР					-				
<b>Итого по дисциплине</b>				<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>90</b>		Экзамен (36)

## **Содержание лекционных занятий по дисциплине**

### **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.

### **1. Наблюдатели в адаптивных системах**

1. Дуальное управление. Наблюдатель Люенберга. Наблюдатель Куботы.

### **2. Фильтр Калмана.**

3. Основные уравнения. Применение фильтра Калмана.

## **Содержание лабораторных занятий по дисциплине**

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.

### **Содержание практических занятий по дисциплине**

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.

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

### **5.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **1 рейтинг-контроль**

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.

## 2 рейтинг-контроль

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.

## 3 рейтинг-контроль

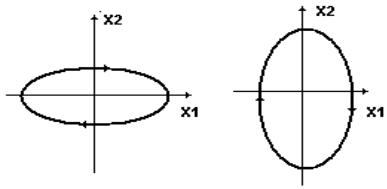
1. Многосвязные адаптивные системы управления.
  2. Примеры и классификация систем многосвязного регулирования (МСАР).
  3. Матричная передаточная функция. Характеристическое уравнение МСАР.
  4. Проблема автономного управления. Автономность по Вознесенскому и Боксенбому - Худу.
  5. Взаимоотношения 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 неуправляемых и ненаблюдаемых мод.
- 5.2. Промежуточная аттестация** по итогам освоения дисциплины (экзамен).

## Вопросы к экзамену

### Вариант 1

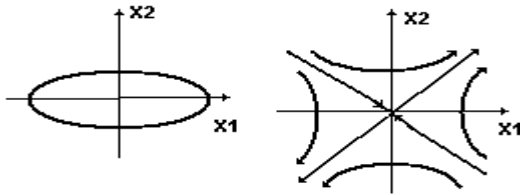
1. Как определять составляющие градиента регулируемой функции  $F$  в СЭР, работающих по методу запоминания экстремума?
2. Сформулируйте условие устойчивости "в малом" для СЭР.
3. СНС с разомкнутым контуром настройки. Структурная схема, критерий настройки, преимущества перед СНС с замкнутым контуром настройки.

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



### 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 заданы:



### 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:

$$P1 = -0.3; \quad P2 = -0.05; \quad P3 = -2 - j0.8; \quad P4 = -2 + j0.8;$$

$$P5 = -0.1 - j1.3; \quad P6 = -0.1 + j1.3.$$

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.

### **5.3. Самостоятельная работа обучающегося**

Самостоятельная работа заключается в изучении содержания тем курса по конспектам, учебникам и дополнительной литературе, подготовке к лабораторным занятиям, к текущим контролям успеваемости, оформлении лабораторных работ, подготовок к зачету с оценкой.

#### **Задания для самостоятельной работы студентов**

1. История развития автоматики и применение адаптивных систем.
2. История развития математических методов теории управления.
3. Роль отечественных ученых в развитии автоматики.
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 автоматики.
8. Теория устойчивости автоматических систем.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид тип издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
1	2	3
<b>Основная литература</b>		
1. Соснин П.И. Архитектурное моделирование автоматизированных систем. – СПб., Лань, 2019. – 180 с.	2019	<a href="https://lanbook.com/catalog/informatika/arkhitekturnoe-modelirovanie-avtomatizirovannykh-sistem2/">https://lanbook.com/catalog/informatika/arkhitekturnoe-modelirovanie-avtomatizirovannykh-sistem2/</a>
2. Хабаров С.П. Основы моделирования технических систем. – СПб., Лань, 2019. – 120 с.	2019	<a href="https://lanbook.com/catalog/informatika/osnovy-modelirovaniya-tekhnicheskikh-sistem-sreda-simintech/">https://lanbook.com/catalog/informatika/osnovy-modelirovaniya-tekhnicheskikh-sistem-sreda-simintech/</a>
3. Пен Р.З. Статистические методы математического моделирования, анализа и оптимизации технологических процессов. – СПб., Лань, 2019. – 308 с.	2019	<a href="https://lanbook.com/catalog/informatika/statisticheskie-metody-matematicheskogo-modelirovaniya-analiza-i-optimizatsii-tekhnologicheskikh-pro/">https://lanbook.com/catalog/informatika/statisticheskie-metody-matematicheskogo-modelirovaniya-analiza-i-optimizatsii-tekhnologicheskikh-pro/</a>
<b>Дополнительная литература</b>		
1. Амелина М.А. Программа схемотехнического моделирования Micro Cap. Версии 9, 10. – СПб., Лань, 2019. – 180 с.	2019	<a href="https://lanbook.com/catalog/mashinostroenie/programma-skhemotekhnicheskogo-modelirovaniya-micro-sap-versii-9-10/">https://lanbook.com/catalog/mashinostroenie/programma-skhemotekhnicheskogo-modelirovaniya-micro-sap-versii-9-10/</a>
2. Трушков А.С. Статистическая обработка информации. Основы теории и компьютерный практикум. – СПб., Лань, 2019. – 152 с.	2019	<a href="https://lanbook.com/catalog/informatika/statisticheskaya-obrabotka-informatsii-osnovy-teorii-i-kompyuternyy-praktikum-/">https://lanbook.com/catalog/informatika/statisticheskaya-obrabotka-informatsii-osnovy-teorii-i-kompyuternyy-praktikum-/</a>

### 6.2 Периодические издания

1. Автоматика, связь, информатика
2. Мехатроника, автоматизация, управление
3. Автоматика и телемеханика:
4. Автоматизация в промышленности
5. Автоматика и телемеханика.
6. Известия РАН. Теория и системы управления.
7. Электротехника.

### 6.3 Интернет-ресурсы

1 <http://users.kaluga.ru/math/> - сайт "Компьютерная математика", обзор основных математических пакетов.

2 <http://www.mathworks.com/products/simulink> - раздел Simulink на сервере [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com) (англ.)

3 <http://www.engin.umich.edu/group/ctm/> - учебные материалы по моделированию и исследованию динамических объектов с помощью MatLab (англ.)

4 <http://www.eagle.ca/~cherry/pst.htm> материалы по Power System Toolbox

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

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного, лабораторного, практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а так же помещения для самостоятельной работы.

Лабораторные занятия проводятся в компьютерном классе кафедры ВТиСУ 111-3, оснащенный современными персональными компьютерами с установленной операционной системой Windows 8 (10).

При изучении дисциплины используется следующее программное обеспечение: операционная система MSWindows, СУБД MS SQL.

Рабочую программу составил

Профессор кафедры ВТ и СУ

 С.И. Малафеев


Рецензент (представитель работодателя):  
Начальник лаборатории ЗАО «Автоматика»  
к.т.н.

 В.М.Дерябин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ВТ и СУ

Протокол № 1 от 31.08.2024 года

Заведующий кафедрой

 В.Н.Ланцов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 09.03.03 Прикладная информатика

Протокол № 1 от 31.08.2024 года

Председатель комиссии

 А.Б. Градусов