

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. Х.М. БЕРБЕКОВА (КБГУ)»**

**Институт информатики, электроники и робототехники**

**Кафедра «Мехатроника и робототехника»**

**СОГЛАСОВАНО**

Руководитель образовательной  
программы

\_\_\_\_\_ Х.М. Сенов

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор ИИЭ и Р

\_\_\_\_\_ Б.В. Шогенов

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.      «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.О.09 «АДАПТИВНЫЕ МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ»**

Направление подготовки

**15.04.06 Мехатроника и робототехника**

Профиль подготовки

**Мехатронные системы автоматизации в машиностроении**

Квалификация (степень) выпускника

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Нальчик 2024

Рабочая программа дисциплины «Адаптивные системы» / сост. Л.А. Лютикова –  
Нальчик: ФГБОУ КБГУ, 2024. - 11 с.

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины по выбору блока 1, магистрантам очной формы обучения по направлению подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» в 3 семестре.

Рабочая программа составлена в соответствии с рабочим учебным планом и Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования ФГОС 3++ по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1023 от 14.08.2020.

## СОДЕРЖАНИЕ

	с.
1 Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
2 Место дисциплины в структуре ОПОП.....	4
3 Требования к результатам освоения содержания дисциплины.....	4
4 Содержание и структура дисциплины.....	5
4.1 Содержание разделов дисциплины.....	5
4.2 Структура дисциплины.....	6
4.3 Лабораторные занятия.....	6
4.4 Практические занятия .....	7
4.5 Курсовая работа.....	7
4.6 Самостоятельное изучение разделов дисциплины.....	7
5 Образовательные технологии.....	8
6 Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.....	9
7 Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	11
7.1 Основная литература.....	11
7.2 Дополнительная литература.....	11
7.3 Периодические издания.....	11
7.4 Интернет-ресурсы.....	11
7.5 Программное обеспечение современных информационно- коммуникационных технологий .....	11
8 Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	12

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью освоения** – формирование комплекса знаний умений и владений в области адаптивного управления существующих и перспективных мехатронных и робототехнических систем;

– обеспечение системой знаний о состоянии и перспективах развития адаптивных систем управления, используемых в мехатронных и робототехнических системах,

**Задачи освоения дисциплины:**

– изучение основ теории автоматических систем идентификационного и прямого адаптивного управления линейными одно- и многомерными объектами;

– изучение детерминированных и стохастических вычислительных алгоритмов адаптации, в т.ч. идентификации математической модели объекта управления для задачи синтеза адаптивного закона управления;

– изучение принципов построения систем, эквивалентных адаптивным; формирование навыков проведения анализа и синтеза типовых функциональных схем адаптивных систем

Учебный курс «Адаптивные мехатронные системы» предназначен для подготовки магистров по направлению – «Мехатроника и робототехника».

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ4.1. «Методы и теория оптимизации» входит в перечень дисциплин профессионального цикла (базовая часть) подготовки магистра.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

Способен организовывать разработку и применение алгоритмов и современных цифровых программных методов расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем

**В результате изучения дисциплины студент должен:**

**знать:**

– назначение адаптивных систем управления, их использование в современной робототехнике;

– классификацию адаптивных систем управления;

– основные принципы и методы теории автоматических систем адаптивного управления;

– основные методы параметрической идентификации математической модели объекта управления;

**уметь:**

– использовать методы адаптивного управления при разработке регуляторов, позволяющих осуществить управление с заданным качеством в технических системах с неполной информацией о текущих характеристиках объекта и воздействиях внешней среды;

– использовать методы определения эффективности использования того, или иного алгоритма адаптивного управления для решения конкретной задачи

**владеть:**

– терминологией дисциплины;  
– типовыми приемами построения алгоритмического и программного обеспечения адаптивных систем управления

## 4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Содержание разделов дисциплины

№ разд.	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1.	Методы адаптивного управления	Основные положения адаптивного управления. Структура и типов адаптивных систем	К РК
2.	Модельное прогнозирующее управление	Обобщённая задача модели с предсказанием. Восстановление состояния и предсказание возмущений.	К РК ПР
3.	Адаптивные системы на базе нечеткой логики	Статистические и динамические регуляторы. Сценарии на базе нечеткой логики.	К РК
4.	Нейросетевые адаптивные системы	Понятие нейросетевого регулятора. Оптимизация параметров адаптивной нейросетевой модели	К РК Т

### 4.2. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов)

Вид работы	3 семестр	Всего
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>Аудиторная работа:</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
<i>Лекции (Л)</i>	18	18
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	18	18
<i>Лабораторные(ЛР)</i>		
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>99</b>	<b>99</b>
Самостоятельное изучение разделов	49	49
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к	50	50

лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.),		
<b>Подготовка и прохождение промежуточной аттестации</b>	<b>9</b>	<b>9</b>
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	зачет	

№ раз-дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Контактная работа			Вне-ауд. работа СР
			Л	ЛР	ПЗ	
1.	Методы адаптивного управления	46	6		6	20
2.	Модельное прогнозирующее управление	30	6		6	30
3.	Адаптивные системы на базе нечеткой логики	40	4		4	29
4.	Нейросетевые адаптивные системы	38	2		2	20
5.	Итого	144	18		18	99

	Темы занятий	Кол. часов
1.	Методы адаптивного управления	6
2.	Модельное прогнозирующее управление	6
3.	Адаптивные системы на базе нечеткой логики	4
4.	Нейросетевые адаптивные системы	2
ИТОГО		18

#### 4.4. Практические занятия

№	Тема	Кол. часов.
1	Основные положения адаптивного управления.	2
2	Структура и типов адаптивных систем	2

3	Обобщённая задача модели с предсказанием.	2
4	Восстановление состояния и предсказание возмущений	4
5	Статистические и динамические регуляторы.	2
6	Сценарии на базе нечеткой логики.	4
7	Понятие нейросетевого регулятора. Оптимизация параметров адаптивной нейросетевой модели	2
ИТОГО		18

### 5.5. Курсовая работа

Курсовая работа не предусмотрена.

#### .6 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов
1	2	3
1.	Методы адаптивного управления	20
2.	Модельное прогнозирующее управление	20
3.	Адаптивные системы на базе нечеткой логики	21
4.	Нейросетевые адаптивные системы	20
5.	Итого	81

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе преподавания дисциплины используются методы проблемного и проектного обучения, исследовательские методы, а также принятая в КБГУ балльно-рейтинговая система обучения и контроля знаний, которые способствует развитию самостоятельности и ответственности будущих специалистов.

При реализации дисциплины должны использоваться следующие образовательные технологии.

№ п/п	Наименование технологии	Вид занятий	Краткая характеристика
1.	Метод проблемного изложения материала	Лекционные, лабораторные и практические занятия	Изложение теоретического материала и разбор конкретных ситуаций и задач при активном диалоге с обучающимися
2.	Интерактивная форма проведения занятий	Лекционные, лабораторные и практические занятия	Использование мультимедийного оборудования, компьютерных технологий и сетей
3.	Дистанционное обучение	Самостоятельная работа, в т.ч. в	Использование компьютерных технологий и сетей; работа в

		диалоге с преподавателем	библиотеке
--	--	--------------------------	------------

Информационные ресурсы используются при реализации следующих видов занятий

№ п/п	Наименование информационных ресурсов	Вид занятий	Краткая характеристика
1.	Программное обеспечение	Лекционные и практические занятия, самостоятельная работа	Изложение теоретического материала, выполнение аудиторных заданий, самостоятельная работа
2.	Интернет-ресурсы	Практические занятия, самостоятельная работа	Выполнение аудиторных заданий, самостоятельная работа

Курс/семестр	Вид занятия	Используемые активные и интерактивные образовательные технологии	Количество часов
3 семестр	Л	Интерактивная доска. Мультимедийное оборудование.	8
	ПР	Персональный компьютер. Мультимедийное оборудование.	14
<b>ИТОГО</b>			<b>24</b>

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### Вопросы к контрольным рейтинговым мероприятиям

1. Постановка проблем робастного и адаптивного управления. Задача интеллектуального управления.
2. Классификация адаптивных систем. Постановка задачи синтеза адаптивной системы управления. Гипотеза о квазистационарности.
3. Робастная устойчивость динамических систем с параметрическими неопределённостями. Теорема Харитонова. Полиномы Харитонова.
4. Поисковые адаптивные системы. Системы экстремального регулирования. Поисковые алгоритмы непрямого адаптивного управления с настраиваемой моделью.
5. Параметрический синтез робастных регуляторов на основе  $D$  – разбиения пространства параметров.
6. Пример идентификации параметра объекта управления методом синхронного детектирования.
7. Годограф Цыпкина-Поляка. Графический критерий.
8. Беспойсковые адаптивные системы. Синтез адаптивной системы методом функций Ляпунова. Синтез основного контура.
9. Математические пространства. Пространства Харди.



10. Беспойсковые адаптивные системы. Синтез адаптивной системы методом функций Ляпунова. Синтез контура адаптации. Условия идентифицируемости.
11. Физический смысл широко используемых норм и их вычисление.
12. Схема скоростного градиента. Алгоритмы скоростного градиента и условия их применимости.
13. Стандартная задача  $H_\infty$ -оптимизации.
14. Пример синтеза адаптивной системы методом функций Ляпунова.
15. Множество внутренне устойчивых регуляторов. Примеры сведения различных задач к задаче  $H^\infty$  – оптимизации.
16. Алгоритмы скоростного градиента в системах с явной эталонной моделью.

### Вопросы к зачету

1. Структура системы управления. Цели управления. Принципы управления, их достоинства и недостатки. Пример (ПИД-регулирование).
2. Топологические принципы управления: локальный, централизованный, распределенный (иерархический). Их достоинства и недостатки.
3. Принципы управления в больших и сложных системах и понятия о них. Декомпозиция, идентификация, адаптация.
4. Системы управления с прозрачной моделью: структура, область применения, принцип работы.
5. Понятие состояния системы, его свойства. Модель состояния (в форме Коши, Фробениуса) и модель выхода.
6. Состояние системы, проблема наблюдения. Структура наблюдателя Калмана. Критерий наблюдаемости.
7. Описание динамических систем во временной и частотной областях. Понятия импульсной характеристики и предельной функции. Передаточная матрица.
8. Связь различных форм описания объектов управления в временной и частотных областях.
9. Структурный метод описания и моделирования систем. Модель системы (элементы модели, связи).
10. Структура модели с элементарными линейными звеньями. Виды звеньев. Пример (двигатель с линейными механическими характеристиками).
11. Структура линейных моделей. Виды соединений звеньев.
12. Структурные преобразования в линейных моделях.
13. Понятия управляемости и наблюдаемости. Виды управляемости. Управляемость по Калману.
14. Понятие наблюдаемости по Калману. Структура наблюдателя Калмана.
15. Критерий управляемости и наблюдаемости. Общий случай не вполне управляемой и наблюдаемой системы.
16. Понятие устойчивости. Виды устойчивости (в малом, большом, в целом). Устойчивость по Ляпунову.
17. Устойчивость линейных стационарных систем. Алгебраические критерии устойчивости.
18. Устойчивость линейных систем. Критерий Найквиста (случай, когда разомкнутая система устойчива).
19. Устойчивость линейных систем. Критерий Найквиста (случай, когда разомкнутая система неустойчива).
20. Устойчивость линейных систем. Критерий Найквиста (случай, когда разомкнутая система нейтральна).

21. Принципы оптимального управления (полноты информации и Белмана). Структура системы и законы оптимального управления при возмущениях.
22. Функция Ляпунова-Беллмана. Управления динамического программирования.
23. Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов. ЛК-задача.
24. Адаптивные системы управления, их структура, принцип дуальности.
26. Система, ее строение и свойства.
27. Характерные особенности социально-технических систем.
28. Многоуровневые иерархические системы.
29. Функции управления организационными системами.
30. Оптимальное планирование. Устойчивость плановых решений.
31. Оперативное управление.
32. Основные принципы реконструкции и синтеза организационных систем.
33. Модель структуры. Операции над структурами.
34. Определение технологической структуры управления.
35. Разбиение структуры на подструктуры.
36. Назначение сотрудников аппарата управления на блоки задач управления.

### **Критерии оценки экзамена**

- **86-100 баллов, «отлично»** ставится студенту, который полностью раскрыл содержание материала в объеме, предусмотренном программой, изложил материал грамотным языком в определенной логической последовательности;

- **71-85, «хорошо»** - ставится студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, но допускает в ответе некоторые неточности;

- **56-70, «удовлетворительно»** - ставится студенту, если неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса, недостаточно правильные формулировки базовых понятий,

- **36-55, «неудовлетворительно»** - ставится студенту, который не раскрыл основное содержание учебного материала, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины.

## **7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### *7.1. Основная литература*

1. Тимофеев А. В. Адаптивное управление робототехническими системами на базе микропроцессоров и микроЭВМ//Микропроцессорные системы управления в робототехнике/Под ред. И. М. Макарова. М.: Наука, 2004
2. . С. 112- 122.
3. Тимофеев А. В. Адаптивная стабилизация программных движений и оценка времени адаптации//ДАН СССР. 2008. Т. 248. № 3. С. 545-549.
4. Основы робототехники / Под ред. Е.П. Попова и Г.В. Письменного. М., 1990

5. 2. Системы осязательного и адаптивные промышленные роботы / Под ред. Е.П. Попова и В.В. Ключева. М., 2015
6. 3. Управляющие системы промышленных роботов / Под ред. И.М. Макарова и В.А. Чиганова. М., 2004

#### 7.2. Учебная литература дополнительная

1. Кузнецов, А. В. Математическое программирование [Текст] : учеб. пособие / А. В. Кузнецов ; авт. Холод, Н. И. - Минск : Высшая школа, 1984. - 221 с.
2. Пахнутов И.А. Теория игр. Вводный курс: учебное пособие / И.А. Пахнутов. – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. – 84 с.
3. Пономарев В.Ф. Дискретная математика для инженеров. Учебное пособие для вузов. Москва : Горячая линия – Телеком, 2009. – 320 с.

### 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Требования к условиям реализации дисциплины:

№ п/п	Вид аудиторного фонда	Требования
1.	Лекционная аудитория	Оснащение специализированной учебной мебелью. Оснащение техническими средствами обучения: настенный экран с дистанционным управлением, мультимедийное оборудование.
2.	Кабинет для практических занятий	Оснащение специализированной учебной мебелью. Оснащение техническими средствами обучения: подвижная маркерная доска, считывающее устройство для передачи информации в компьютер; настенный экран с дистанционным управлением, мультимедийное оборудование.
3.	Компьютерные классы	Оснащение специализированной учебной мебелью. Оснащение техническими средствами обучения: ПК с возможностью подключения к локальным сетям и Интернету. Наличие ВТ из расчета один ПК на два студента.

Перечень материально-технического обеспечения дисциплины:

№ п/п	Вид и наименование оборудования	Вид занятий	Краткая характеристика
1.	IBM PC - совместимые персональные компьютеры.	Практические занятия.	Процессор серии не ниже Pentium IV. Оперативная память не менее 512 Мбайт. ПК должны быть объединены локальной сетью с выходом в Интернет.
2.	Мультимедийные средства.	Лекционные и практические занятия.	Демонстрация с ПК электронных презентаций, документов Word, электронных таблиц, графических изображений.