

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 УМР

 А.А.Панфилов

« 11 » 02 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ОПТИМАЛЬНОЕ И АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Направление подготовки: 15.04.06 Мехатроника и робототехника
 Профиль/программа подготовки
 Уровень высшего образования: магистратура
 Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежу- точного кон- троля (экз./зачет)
1	4/144	18	18	18	54	36/экз.
Итого	4/144	18	18	18	54	36/экз.

Владимир 2015

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины являются освоение основных положений оптимального и адаптивного управления мехатронных и робототехнических систем, их трактовке и применения при анализе и проектировании мехатронных и робототехнических систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Оптимальное и адаптивное управление относится к блоку обязательных дисциплин вариативной части. Рассматриваются методы оптимального управления, основы построения адаптивных систем мехатронных и робототехнических систем, вопросы расчета и моделирования оптимальных и адаптивных систем. Основана на знании дисциплин ОПОП в соответствии с ФГОС данного направления для бакалавров: Математика, Теория автоматического управления, Электрические машины и приводы мехатронных и робототехнических систем.

Знания, полученные при изучении дисциплины используются в последующих дисциплинах: Управление роботами и мехатронными системами, Методы искусственного интеллекта в мехатронике и робототехнике, Методы моделирования мехатронных и робототехнических систем; при выполнении выпускной квалификационной работы. В учебном плане предусмотрены лекции, практические и лабораторные занятия.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе освоения дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общекультурные и общепрофессиональные компетенции:

- владением в полной мере основным физико-математическим аппаратом, необходимым для описания и исследования разрабатываемых систем и устройств; (ОПК-2);

- способностью использовать имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабатывать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования (ПК-2);

Знать:

- постановку задачи и критерии оптимизации; (ОПК-2);
- основные методы оптимального управления (на основе вариационного исчисления, максимума Понтрягина Л.С., динамического программирования); (ПК-3);
- принципы построения адаптивных систем; (ОПК-2);
- критерии и алгоритмы адаптации настраиваемых параметров; (ПК-2).

Уметь:

- формулировать критерии оптимизации; (ОПК-2);
- выбирать метод оптимизации наиболее приемлемый для решения поставленной задачи;
- разрабатывать структурные схемы адаптивных систем; (ПК-2);
- формулировать функции качества адаптивных систем; (ОПК-2).

Владеть:

- навыками постановки задач оптимизации; (ОПК-2);
- навыками расчета и моделирования оптимальных систем из условия оптимизации линейных и квадратичных функций качества; (ПК-2);
- навыками составления математического описания и анализ систем с контурами адаптации; (ОПК-2);
- навыками моделирования адаптивных систем, (ПК-2).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел (тема)	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)						Объём учебной работы с применением интерактивных методов (в час/%)	Формы текущего контроля успеваемости промежуточной аттестации	
				Лекции	Семинары	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС			КП/КР
1.	Оптимальное управление											
1.1.	Вариационное исчисление в задачах оптимального управления	2	1-4	4		4	4		10		2/20	
1.2	Принцип максимума Л.С. Понтрягина	2	5-6	2		4	2		5		2/25	Рейтинг-контроль 1
1.3.	Метод динамического программирования	2	7-8	2		2			4		2/33	
2.	Адаптивное управление	2										
2.1.	Основные положения адаптивного управления.	2	9-10	2					5			
2.2.	Адаптивные системы с эталонной моделью	2	11-12	2		2	4		10		4/50	Рейтинг - контроль 2
2.3.	Адаптивные системы с контролем временных характеристик	2	13-14	2		2	4		5		4/50	
2.4.	Адаптивные системы со стабилизацией частотных характеристик	2	15-16	2		2	4		10		4/50	
2.5.	Экстремальные системы	2	17-18	2		2	4		5		4/50	Рейтинг-контроль 3
	Итого	2	18	18		18	18		54		22/40	Экзамен

Содержание (дидактика) дисциплины

4.1. Лекции

1. Оптимальное управление

1.1. Вариационное исчисление в задачах оптимального управления. Понятие об оптимальном управлении. Постановка задачи оптимального управления. Критерии оптимизации. Непрерывность и дифференцируемость и экстремума функционалов. Необходимые и достаточные условия экстремума. Уравнение Эйлера-Лагранжа. Задачи на экстремум с подвижными границами. Задачи на условный экстремум. Применение уравнения Эйлера-Пуансона. Синтез линейной системы автоматического управления (САУ), оптимальной по квадратичному критерию. Синтез оптимального линейного регулятора.

1.2. Принцип максимума Л.С. Понтрягина в теории оптимальных систем. Основная теорема принципа максимума. Введение дополнительной координаты и связывающих функций. Принцип максимума для оптимальности по быстродействию. Оптимальное по быстродействию управление линейными объектами. Теорема об n-интервалах.

1.3. Метод динамического программирования. Принцип оптимальности. Стратегия многошагового процесса. Оптимальное управление дискретными системами. Пошаговая минимизация функционала качества. Оптимальное управление непрерывными системами.

2. Адаптивное управление

2.1. Основные положения адаптивного управления. Природа изменения параметров САУ. Обобщенная структура адаптивной САУ. Функции качества. Методы поиска экстремумов функций качества: Гаусса-Зайделя, градиентный, наискорейшего спуска, тяжелого шарика. Идентификация систем. Постановка задачи. Методы идентификации. Настраиваемые модели.

2.2. Адаптивные (самонастраивающиеся системы (СНС)) системы с эталонной моделью. Адаптивные наблюдатели. Структура САУ с эталонной моделью. Критерии и алгоритмы настройки.

2.3. Адаптивные (СНС) системы с контролем временных характеристик. Получение информации о параметрах переходной характеристики. Критерии и алгоритмы настройки коэффициента усиления и степени демпфирования.

2.4. Адаптивные (СНС) системы со стабилизацией частотных характеристик. Выделение контуров регулирования и уравнения контуров самонастройки. Получение информации об АЧХ и ФЧХ. Критерии и алгоритмы настройки.

2.5. Экстремальные системы. Принцип экстремального регулирования. Критерии и алгоритмы экстремального регулирования.

4.2. Практические занятия

№	Номер раздела дисциплины	Объем, часов	Тема практического занятия
1.	1.1	2	Синтез линейной системы автоматического управления (САУ), оптимальной по квадратичному критерию.
2.	1.1	2	Синтез оптимального линейного регулятора.
3.	1.2	2	Синтез оптимальной по быстродействию системы
4.	1.2	2	Синтез оптимального по быстродействию управления
3.	1.3	2	Пример динамического программирования для дискретной системы
5.	2.2	2	Критерии и алгоритмы настройки параметров в САУ с эталонной моделью

6.	2.3.	2	Критерии и алгоритмы настройки параметров в САУ
7.	2.4.	2	Критерии и алгоритмы настройки параметров в САУ со стабилизацией частотных характеристик
8.	2.5.	2	Критерии и алгоритмы настройки параметров в экстремальных САУ

4.3. Лабораторные работы

№	Номер раздела дисциплины	Объем, часов	Наименование лабораторной работы
1.	1.1	2	Моделирование системы автоматического управления (САУ), оптимальной по квадратичному критерию.
2.	1.1	2	Моделирование САУ с оптимальным линейным регулятором
3.	1.2	2	Моделирование оптимальной по быстродействию системы
5.	2.2	4	Моделирование САУ с настройкой коэффициента передачи прямого тракта
6.	2.3.	4	Моделирование САУ с настройкой коэффициента обратной связи по скорости
7.	2.4.	4	Моделирование САУ с настройкой коэффициентов передачи компенсирующих сигналов

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для реализации компетентного подхода в учебный процесс интегрируются интерактивные образовательные технологии, включая информационные и коммуникационные технологии (ИКТ), а также применяются:

- учебные дискуссии;
- видеотренинги;
- проблемное обучение;
- методы групповой работы;
- компьютерная симуляция (процессов, объектов и т. п. по профилю дисциплины);
- мультимедийные технологии при проведении учебных занятий.

Для проведения контрольных мероприятий предлагается использовать компьютерные контрольные задания.

Самостоятельная работа студентов подкрепляется использованием ресурсов Интернет.

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

Текущий контроль:

- 6.1. Рейтинг-контроль №1.
- 6.2. Рейтинг-контроль №2.
- 6.3. Рейтинг-контроль №3.

6.1. Рейтинг- контроль 1

Вопросы к рейтинг-контролю

1. Понятие об оптимальном управлении.
2. Постановка задачи оптимального управления.
3. Критерии оптимизации лин.
4. Непрерывность и дифференцируемость и экстремума функционалов.
5. Необходимые и достаточные условия экстремума.
6. Уравнение Эйлера-Лагранжа.
7. Постановка задачи: синтез линейной САУ, оптимальной по квадратичному критерию.
8. Синтез оптимального линейного регулятора.

6.2. Рейтинг-контроль 2

Вопросы к рейтинг-контролю

1. Принцип максимума Л.С. Понтрягина в теории оптимальных систем. Введение дополнительной координаты и связывающих функций.
2. Принцип максимума Л.С. Понтрягина в теории оптимальных систем. Введение связывающих функций.
3. Основная теорема принципа максимума.
4. Принцип максимума для оптимальности по быстродействию.
5. Постановка задачи: оптимальное по быстродействию управление линейными объектами.
6. Общая задача оптимального управления стационарным объектом.
7. Теорема об n -интервалах.
8. Синтез САУ, оптимальных по квадратичному критерию. Постановка задачи синтеза.
9. Метод динамического программирования. Принцип оптимальности. Стратегия многошагового процесса.

6.3. Рейтинг-контроль 3

Вопросы к рейтинг-контролю

1. Природа изменения параметров САУ.
2. Обобщенная структура адаптивной САУ.
3. Идентификация систем. Методы идентификации.
4. Идентификация систем. Настраиваемые модели.
5. Функции качества, методы поиска экстремума Гаусса-Зайделя, градиентный.
6. Функции качества, методы поиска экстремума наискорейшего спуска, тяжелого шарика.
7. Адаптивные системы с эталонной моделью, структура, критерии ,алгоритмы настройки.
8. Адаптивные наблюдатели, структура, введение в основной контур.
9. Адаптивные системы с контролем временных характеристик. Структурная схема.
10. Адаптивные системы со стабилизацией частотных характеристик. Структурная схема.

Промежуточная аттестация:

6.4. Экзамен

Вопросы к экзамену

1. Понятие об оптимальном управлении. Постановка задачи оптимального управления.
2. Критерии оптимизации.
3. Непрерывность и дифференцируемость и экстремумы функционалов.
4. Уравнение Эйлера-Лагранжа.
5. Синтез линейной САУ, оптимальной по квадратичному критерию. Пример.
6. Синтез оптимального линейного регулятора. Пример
7. Принцип максимума Л.С. Понтрягина в теории оптимальных систем. Введение дополнительной координаты и связывающих функций.
8. Основная теорема принципа максимума.

9. Принцип максимума для оптимальности по быстродействию.
10. Оптимальное по быстродействию управление линейными объектами.
11. Теорема об n-интервалах. Общая трактовка.
12. Синтез САУ, оптимальных по квадратичному критерию. Постановка задачи синтеза.
13. Метод динамического программирования. Принцип оптимальности. Стратегия многошагового процесса.
14. Основные положения адаптивного управления. Природа изменения параметров САУ.
15. Обобщенная структура адаптивной САУ.
16. Идентификация систем. Методы идентификации.
17. Функции качества, методы поиска экстремума Гаусса-Зайделя, градиентный.
18. Функции качества, методы поиска экстремума наискорейшего спуска, тяжелого шарика.
19. Адаптивные системы с эталонной моделью, структура, критерии и алгоритмы настройки.
20. Наблюдатели в адаптивных САУ, структура, введение в основной контур.
21. Адаптивные системы с контролем временных характеристик. Структура. Критерии и алгоритмы настройки коэффициента усиления и степени демпфирования.
22. Адаптивные системы с контролем временных характеристик. Критерии и алгоритмы настройки коэффициента усиления и степени демпфирования.
23. Адаптивные системы со стабилизацией частотных характеристик. Выделение контуров регулирования, критерии и алгоритмы самонастройки.
24. Получение информации об АЧХ и ФЧХ.
25. Экстремальные системы. Принцип экстремального регулирования. Виды характеристик объектов.

6.5. Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная работа студента выполняется в соответствии с учебным планом и программой дисциплины. Самостоятельная работа выполняется с целью углубления и закрепления теоретических знаний и в период подготовки и выполнения практических и лабораторных занятий. Для самостоятельной работы используется основная и дополнительная литература, периодические издания (журналы и ресурсы интернет), указанные в разделе 6 настоящей рабочей программы. Могут быть также использованы другие источники, имеющиеся в свободном доступе.

№ п/п	Раздел дисциплины	Темы СРС	Трудоемкость, часов
1.	1.1	Вариационное исчисление в задачах оптимального управления	10
2.	1.2	Принцип максимума Л.С. Понтрягина	5
3.	1.3	Метод динамического программирования	4
4.	2.1	Основные положения адаптивного управления.	5
5.	2.2	Адаптивные системы с эталонной моделью	10
6.	2.3	Адаптивные системы с контролем временных характеристик	5
7.	2.4	Адаптивные системы со стабилизацией частотных характеристик	10
8.	2.5	Экстремальные системы	5
		ИТОГО	54

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Алексеев, В.М. Оптимальное управление [Электронный ресурс] / Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин С.В. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922105897.html>. Режим доступа свободный.
2. Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах : учебное пособие для вузов по направлению "Прикладная математика" / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова .— Изд. 4-е, испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2015 .— 511 с. : ил., табл. — (Учебники для вузов, Специальная литература) .— Библиогр.: с. 507 .— ISBN 978-5-8114-1887-9.
3. Кобзев А.А. Системы автоматического управления с параллельной прогнозирующей моделью / А.А. Кобзев, Ю.Е. Мишулин, Н.А. Новикова, А.В. Лекарева. Владимир. ВлГУ, 2014. – 160с. (библиотека ВлГУ). Электронная версия по адресу: <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3872/1/01380.pdf>. Режим доступа свободный.

б) дополнительная литература:

1. Ким, Д.П. Сборник задач по теории автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы [Электронный ресурс] / Ким Д.П. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109376.html>
2. Изоткина, Н.Ю. Инновационные технологии управления в мехатронике и робототехнике: учебное пособие (электронные ресурсы: учебное пособие/ Н.Ю. Изоткина), Ю.М. Осипова, В.И. Сыромякин. – Томск.: Томский государственный университет, 2015. http://e.lanbook.com/books/element.php?pll_id=68263. Режим доступа свободный.
3. Мирошник, И. В. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы : учебное пособие для вузов по направлениям 550000 - "Технические науки", 650000 - "Техника и технологии" и дисциплине "Теория автоматического управления" / И. В. Мирошник .— Санкт-Петербург : Питер, 2006 .— 271 с. : ил. — (Учебное пособие) .— Библиогр.: с. 265-267 .— ISBN 5-469-00351-5. (1).

в) периодические издания (Российская Федерация):

1. Научно технический журнал «Мехатроника, автоматизация, управление».
2. Научно технический журнал «Известия ВУЗ «Электромеханика».
3. Научно технический журнал «Вестник машиностроения».

г) интернет-ресурсы:

1. Робототехнические мехатронные системы. Егоров О.Д., Подураев Ю.В., Бубнов М.А. - М.: Издательство Станкин. - 2015. – 328 с. Доступ по регистрации на сайте <http://www.kodges.ru/nauka/tehnika1/303427-robototekhnicheskie-mehatronnye-sistemy.html>.
2. Курс лекций компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ncsystems.ru/index.php/rukafedra-ksu/obuchenie/lektsii>, свободный.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционные занятия:
 - а) комплект электронных презентаций/слайдов;
 - б) ауд. 316-2: доска ПЭВМ, проектор, экран, ПО (MS Office, MS PowerPoint, MatLab).
2. Практические занятия:
 - а) ауд. 106-2: ПЭВМ – 10 шт.; компоненты и роботы моделей: РМ 01, РТ 20, Электроника НЦ; компоненты и станок с ЧПУ модели МА 6300;
 - б) презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук);

с) пакеты ПО общего назначения (MS Office, MS PowerPoint, MatLab);

3. Лабораторные занятия:

а) ауд. 105а-2: ПЭВМ – 10 шт.; электроприводы с программированием параметров корректирующих устройств моделей КЕВ, НИТАСНІ;

б) презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

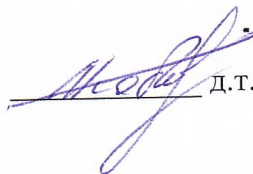
3. Прочее:

а) рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;

б) рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.06. «Мехатроника и робототехника».

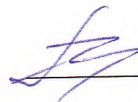
Рабочую программу составил:

 д.т.н., профессор Кобзев А.А.,
кафедра МиЭСА

Рецензент (представитель работодателя):

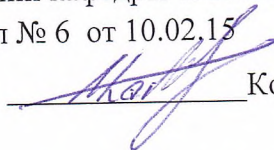
ПАО «НИПТИЭМ»

Заведующий лабораторией, к.т.н., доцент

 Родионов Р.В.

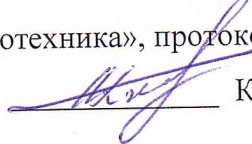
Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Мехатроника и электронные системы автомобилей», протокол № 6 от 10.02.15

Зав. кафедрой

 Кобзев А.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 15.04.06. «Мехатроника и робототехника», протокол № 2 от 11.02.15

Председатель комиссии

 Кобзев А.А.

Программа переутверждена:

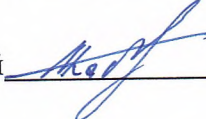
на 2016/17 учебный год, протокол № 15 от 30.06.16

Зав. кафедрой 

на 17/18 учебный год, протокол № 13 от 29.06.17

Зав. кафедрой 

на 18/19 учебный год, протокол № 12 от 27.06.18

Зав. кафедрой 

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2020/2021 учебный год
Протокол заседания кафедры № 1 от 01.09.2020 года
Заведующий кафедрой В.Ф. Коростелев

Рабочая программа одобрена на 2021/22 учебный год
Протокол заседания кафедры № 16 от 28.06.21 года
Заведующий кафедрой В.Ф. Коростелев

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____