

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Владимирский государственный университет имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по ОД

А.А. Манфилов

2016г.

« 29 »

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
" Теория оптимального управления "

Направление подготовки: 11.04.01 «Радиотехника»

Профиль/программа подготовки:

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость (зач. ед, /час.)	Лекций, (час.)	Практ. занятий, (час.)	Лаборат. работ, (час.)	СРС, (час.)	Форма контроля (экз./зачет)
2	3/108		36		27	Экзамен(45)
Итого	3/108		36		27	Экзамен(45)

Владимир, 2016

1
Манфилов

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины "Теория оптимального управления" являются:

1. Выработка у студентов понимания физической сущности автоматического управления и стабилизации, ее формализации в виде конкретных математических задач, выработка представлений о возможных исходах при решении этих задач.
2. Приобретение знаний по основам математической теории управления, в том числе и по теории автоматического управления, теории оптимального управления, теории линейных систем управления.
3. Подготовка в области проектирования систем автоматического управления.
4. Подготовка в области радиотехники для разных сфер профессиональной деятельности специалиста.
 - проектно-конструкторской;
 - производственно-технологической;
 - научно-исследовательской;
 - сервисно-эксплуатационной.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Теория оптимального управления» относится к вариативной части дисциплин (Б1.В.ДВ.1). Она логически продолжает курсы математического анализа, теории дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики, основы кибернетики, радиоавтоматики. Предметом ее изучения являются методы для решения задач управления в области техники и экономики.

Взаимосвязь с другими дисциплинами

Изучение курса «Теория оптимального управления» базируется на знаниях, полученных в курсах: основы кибернетики, высшая математика (дифференциальное и интегральное исчисление, дифференциальные уравнения, теория вероятностей, функция комплексной переменной, операторы Фурье и Лапласа, основы теории цепей, радиотехнические цепи и сигналы. Полученные знания используются в дальнейшем в курсах "Устройства приема и обработки сигналов", "Устройства генерирования и формирования радиосигналов", "Основы теории радиотехнических систем", "Основы телевидения", "Цифровая обработка радиотехнической информации", "Основы проектирования радиотехнических систем", полученные знания могут быть использованы при дипломном проектировании, а также в процессе подготовки и проведения автоматизированных лабораторных исследований и производственных испытаний радиоаппаратуры.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины, обучающийся должен:

Знать:

- физическую сущность автоматического управления и стабилизации,

-методику формализации динамических систем в виде конкретных математических задач (ПК-2).

-методы формирования представлений о возможных исходах при решении этих задач (ОПК-4).

-пути их технической реализации.

Уметь:

- приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ПК-2);

- применять на практике решение задач в области теории управления, теории автоматического управления, теории оптимального управления (ОПК-4),

-проводить синтез структурных схем систем автоматического управления с данными показателями для конкретных воздействий и помех.

Владеть:

-классификацией, признаками и математическими основами анализа систем управления, особенностями систем отражаемых линейными и нелинейными моделями (ПК-2).

-математическими и техническими основами построения систем автоматического управления;

-проведением аналитического описания элементов разомкнутых и замкнутых систем во временной и частотной областях в статическом состоянии и динамике (ПК-2, ОПК-4)

-основами моделирования и синтеза систем радиоуправления.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ: «Теория оптимального управления»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов).

№ 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	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации	
				Лекции	Консультации	Практические занятия	Лабораторные работы	Контр. раб.	СРС	КП/КР			
1.	Основные определения. Системы управления. Структурное представление. Классификация по цели и способу управления, по виду математической зависимости, форме представления входных и выходных переменных.	2	1, 2			4			Р Г Р	3		1/25	
2.	Задачи проектирования систем управления: анализ и	2	3,4			4				3		1/25	

	синтез. Анализ непрерывных, линейных, стационарных систем управления. Уравнения состояния и их решение. Переходная матрица и ее нахождение. Одномерные системы управления и их переходные характеристики.									
3.	Управляемость, наблюдаемость, чувствительность. Устойчивость управления. Исследование устойчивости. Первый метод Ляпунова, второй метод Ляпунова	2	5, 6		4		3		1/25	
4.	Анализ дискретных систем управления. Уравнения состояния. Решение линейных уравнений состояния, переходная матрица. Синтез систем управления. Качество управления: динамические и статические характеристики.	2	7,8		4		3		1/25	Рейтинг контроль №1
5.	Вариационное исчисление и оптимальное управление. Задачи линейного оптимального управления. Необходимые и достаточные условия. Уравнение Эйлера-Лагранжа, условие Лежандра, трансверсальности, Вейерштрасса. Управление конечным состоянием. Задача Майера. Задача Больца оптимального управления с обобщенным показателем.	2	9, 10		4		3		1/25	.
6.	Теория устойчивости систем. Определение устойчивости по решению дифференциального уравнения системы. Алгебраические критерии устойчивости	2	11, 12		4		3		1/25	Рейтинг контроль №2
7.	Принцип максимума Понтрягина. Оптимальные по быстродействию системы. Применение принципа максимума к некоторым задачам.	2	13, 14		4		3		1/25	
8.	Динамическое программирование. Принцип оптимальности. Динамическое программирование для непрерывных систем. Уравнение Беллмана.	2	15, 16		4		3		1/25	
9.	Общность методов оптимального управления и их	2	17, 18		4		3		1/25	Рейтинг

	взаимосвязь. Связь динамического программирования и принципа максимума Понтрягина, связь метода динамического программирования с вариационным исчислением.										контроль №3
Всего					36			27		9/25	Экзамен (45)

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

5.1. Активные и интерактивные формы обучения

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: (лабораторные работы, контрольные аудиторские работы, индивидуальные домашние работы). Объем занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 9 час (25%) занятий.

5.2. Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении индивидуальной домашней работы. Основа самостоятельной работы - изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций.

5.3. Мультимедийные технологии обучения

Все лекционные занятия проводятся в виде презентаций в мультимедийной аудитории с использованием компьютерного проектора и представлением от 15 до 30 слайдов по каждой лекции.

Студентам предоставляется компьютерный курс лекций и описания всех лабораторных работ. Компьютерные технологии используются для оформления лабораторных работ.

5.4. Лекции приглашенных специалистов

В рамках учебного курса «Теория оптимального управления» предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний, выступления и лекции специалистов, в частности:

- доктора физико-математических наук, профессора, В.Г. Рау;
- доктора технических наук, профессора, зав. кафедрой МЭИ (г. Москва) В.Г. Карташева.

5.5 Рейтинговая система обучения

Рейтинг-контроль проводится три раза за семестр. Он предполагает оценку суммарных баллов по следующим составляющим: активность на контрольных занятиях;

качество выполнения домашних рейтинговых заданий .

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

6.1. Вопросы к экзамену по дисциплине «Теория оптимального управления»

1	Постановки задач оптимального управления. Классификация задач оптимального управления.
2	Переходная матрица и ее свойства.
3	Теория устойчивости систем управления.
4	Алгебраический критерий устойчивости.
5	Критерий Михайлова.
6	Критерий Найквиста.
7	Управляемость и наблюдаемость Критерии управляемости и наблюдаемости.
8	Каноническая форма Калмана.
9	Модальное управление.
10	Задача Летова-Калмана.
11	Полный наблюдатель.
12	Наблюдатель Луенбергера.
13	Фильтр Калмана.
14	Уравнения Ляпунова и Риккати и их свойства.
15	Уравнение Эйлера. Экстремальное управление и экстремальные траектории.
16	Условия трансверсальности.
17	Исследование второй вариации. Условие Лежандра-Клебша.
18	Принцип максимума Понтрягина.
19	Связь принципа максимума Понтрягина с вариационным исчислением.
20	Особое управление.
21	Оптимальное быстродействие.
22	Динамическое программирование.
23	Уравнение Белмана.
24	Связь динамического программирования с принципом максимума.
25	Численные методы решения задач оптимального управления. Магистральная теория.
26	Численные методы решения уравнений Ляпунова и Риккати.

6.2. Задания для РГР

По заданным полюсам передаточной функции разомкнутой системы найти:

1. Дифференциальное уравнение системы.
2. Передаточную функцию замкнутой системы.
3. Структурную схему системы.
4. АЧХ.
5. ФЧХ.

6. Весовую функцию.
7. Переходную характеристику.
8. АФХ.
9. ЛАЧХ асимптотическую ЛАЧХ.
10. Проанализировать устойчивость системы методами Рауса, Михайлова, Найквиста, по ЛАЧХ
11. Определить точностные характеристики системы.
11. Дать рекомендации по обеспечению устойчивости в случае неустойчивой системы. Определить запасы устойчивости в случае устойчивой.
12. Определить оптимальный алгоритм управления, обеспечивающий максимальное быстродействие.

6.3. Тесты для рейтинг-контроля

РЕЙТИНГ-КОНТРОЛЬ №1

1. Общая задача оптимального управления

- оптимизация управления динамическими системами и процессами.
- управление информационными системами.
- оптимизация разработки компьютерных программ.
- анализ устойчивости систем автоматического управления.

2. Формулировка проблемы оптимального управления

- разработка математических моделей динамических систем.
- анализ устойчивости систем автоматического управления.
- оптимизация разработки компьютерных программ.
- содержит критерий оптимальности (функционал), математическую модель процесса управления и ограничения на эволюцию траектории системы и ресурсы управления.

3. Основные математические методы теории оптимального управления

- линейная алгебра.
- операционное исчисление.
- преобразование Фурье.
- принцип максимума Понтрягина, вариационное исчисление, динамическое программирование Белмана.

4. Необходимые условия оптимальности управления.

- условия существования оптимального решения.
- условия, которых достаточно для определения оптимального решения.
- условия определения оптимального решения.
- условия, при которых определяется определенное множество решений, яки могут содержать оптимальное.

5. Достаточное условие оптимальности управления.

- условия существования решения проблемы оптимизации.
- условия существования локального экстремума функционала.
- условия, которые определяют глобальный экстремум качества функционирования системы (процесса) управления.
- условия, которые обеспечивают нахождения допустимого управления.

6. Существование оптимального управления.

- оптимальное решение всегда существует, но не является единственным.

- оптимальное решение существует не всегда.
- оптимальное решение всегда существует и является единственным.
- оптимальное решение всегда существует.

7. Задача использования методов оптимального управления в теории автоматического управления динамическими системами.

- анализ управляемости систем автоматического управления.
- анализ устойчивости систем автоматического управления.
- анализ точности систем автоматического управления.
- построение оптимального закона управления системами автоматического управления.

8. Разомкнутые системы управления

- системы управления с обратной связью.
- системы программного управления.
- любой тип оптимальной системы.
- любой тип неоптимальной системы.

РЕЙТИНГ-КОНТРОЛЬ № 2

1. Замкнутые системы управления

- любой тип системы управления.
- системы с программным управлением
- нелинейные системы управления
- системы с обратной связью

2. Стохастические системы управления.

- системы управления, параметры или сигналы в которых есть случайными.+
- линейные системы.
- оптимальные системы.
- нелинейные системы.

3. Математическая модель линейной динамической системы управления.

- $dx / dt = Ax + Bu.$
- $dx / dt = f(x, u, t).$
- $dx / dt = f(x, u, t).$
- $dx / dt = xTx + uTu.$

4. Математическая модель нелинейной динамической системы управления.

- $dx / dt = f(x, u, t) .+$
- $dx / dt = Ax(t) + Bu(t).$
- $dx / dt = Ax(t) + Bu(t) + W(t).$
- $dx / dt = A(t)x(t) + B(t)u(t).$

5. Стационарная система.

- система, параметры которой зависят от времени

- система, параметры которой не зависят от времени+
- любая линейная система.
- любая нелинейная система.

6. Нестационарная система.

- система, параметры которой зависят от времени
- система, параметры которой не зависят от времени
- любая линейная система.
- любая нелинейная система.

7. Цифровые системы управления.

- системы программного управления.
- замкнутые системы управления.
- аналоговые системы управления.
- системы управления с цифровым регулятором

8. Значения состояния управляемого процесса, системы.

- совокупность координат, которые однозначно определяют текущее состояние системы.
- координаты вектора скорости объекта.
- координаты вектора положения объекта.
- координаты вектора ускорения объекта.

РЕЙТИНГ-КОНТРОЛЬ № 3

1. Метод пространства состояния.

- метод, в котором математическая модель дана в виде системы дифференциальных уравнений первого порядка (в форме коши) .+
- метод, в котором математическая модель дана в виде дифференциального уравнения n -го порядка.
- метод исследования устойчивости динамических систем.
- метод анализа переходного процесса системы управления.

2. Траектория движения системы.

- ускорение объекта.
- эволюция координат, которые характеризуют вектор состояния системы. +
- скорость объекта.
- вектор состояния системы в текущий момент.

3. Допустимая траектория движения системы

- траектория, параметры движения которой находятся в допустимой области в любой момент. +
- любая траектория.
- только оптимальная траектория.
- любая оптимальная траектория.

4. Оптимальная траектория системы управления.

- допустимая траектория, которая соответствует оптимальному закону управления +
- любая траектория.
- любая допустимая траектория.
- траектория при терминальном управлении

5. Закон управления.

- траектория движения системы.
- функция управления, аргументом которой является время или вектор состояния системы.+
- любая функция управления системой
- допустимая траектория движения системы.

6. Оптимальный закон управления.

- любое управления.
- только программное управление.
- допустимый закон управления, которому соответствует оптимальный показатель качества.+
- любое допустимое управление.

7. .Оптимальная программа управления.

- оптимальный закон управления разомкнутой системы, который соответствует фиксированному начальному вектору состояния системы и является функцией времени.
- закон, который учитывает текущее состояние системы.
- оптимальный закон управления сомкнутой системой.+
- = любая допустимая программа управления.

8.Укажите верное выражение для передаточной функции замкнутой системы. Где $W_p(p)$ - передаточная функция прямой части системы

$$- W_z(p) = \frac{1}{1 + W_p(p)} ;$$

$$- W_z(p) = \frac{W_p(p)}{1 + W_p(p)} ;$$

$$- W_z(p) = \frac{W_p(p)}{1 - W_p(p)} .$$

6.4. Вопросы для контроля СРС

- 1.Как определить характеристики разомкнутой системы автоматического регулирования по заданным нулям и полюсам передаточной функции.
- 2.Связь дифференциального уравнения системы с положением нулей и полюсов передаточной функции.
- 3.Как определить структурную схему системы по заданным нулям и полюсам передаточной функции.
- 4.Как определить передаточную функцию замкнутой системы по передаточной функции разомкнутой.

5. Как определить весовую функцию системы.
6. Как определить переходную функцию системы.
7. Определение амплитудно-фазовой характеристики системы по передаточной функции.
8. Как найти ЛАЧХ системы.
9. Метод построения асимптотической ЛАЧХ.
10. Как определить характеристическое уравнение разомкнутой и замкнутой систем.
11. Необходимое условие устойчивости замкнутой системы.
12. Алгебраический критерий устойчивости систем. Метод построения определителей.
13. Определение критических с точки зрения устойчивости параметров системы с использованием алгебраического критерия.
14. Метод построения годографа Михайлова замкнутой системы.
15. Определение устойчивости системы по годографу Михайлова.
16. Метод построения годографа Найквиста для статических и астатических систем.
17. Определение устойчивости системы по критерию Найквиста.
18. Определение частоты среза и резонансной частоты системы по годографу Найквиста.
19. Определение частоты среза и резонансной частоты системы по ЛАЧХ.
20. Определение устойчивости системы по ЛАЧХ.
21. Как найти запасы устойчивости системы по АФХ и ЛАЧХ.
22. Графическое пояснение идеи коррекции устойчивости системы по АФХ и ЛАЧХ.
23. Методы коррекции неустойчивых систем.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Власов, В. А. Методы оптимизации и оптимального управления: Учебное пособие / Власов В.А., Толоконский А.О. - М.: НИЯУ "МИФИ", 2013. - 88 с. ISBN 978-5-7262-1806-9
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=612298>
2. Мастяева, И.Н. Методы оптимальных решений: Учебник / Мастяева И.Н., Горемыкина Г.И., Семенихина О.Н. - М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 384 с, ISBN 978-5-905554-24-7
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=521453>
3. Романко, В.К. Курс дифференциальных уравнений и вариационного исчисления [Электронный ресурс] / В.К. Романко. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 344 с.: ил. - ISBN 978-5-9963-0782-1.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=475650>
4. Романко, В. К. Сборник задач по дифференциальным уравнениям и вариационному исчислению [Электронный ресурс] / В. К. Романко [и др.] ; под ред. В. К. Романко. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 219 с.: ил. ISBN 978-5-9963-0783-8.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=365617>

Дополнительная литература

5. Аттетков, А.В. Методы оптимизации: Учебное пособие / А.В. Аттетков, В.С. Зарубин, А.Н. Канатников. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 270 с.: ил ISBN 978-5-369-01037-2, <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=350985>

6. Гармаш, А.Н. Математические методы в управлении: Учебное пособие / А.Н. Гармаш, И.В. Орлова. - М.: Вузовский учебник: НИЦ Инфра-М, 2012. - 272 с, ISBN 978-5-9558-0200-8, <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=242620>

7. Пантелеев, А. В. Методы оптимизации. Практический курс: учебное пособие с мультимедиа сопровождением [Электронный ресурс] / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. – М.: Логос, 2011. – 424 с: ил. (Новая университетская библиотека). - ISBN 978-5-98704-540-4. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=469213>

8. Алексеев, В. М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / В. М. Алексеев, Э. М. Галеев, В. М. Тихомиров. - 3-е изд., испр. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 256 с. - ISBN 978-5-9221-0992-5. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=544748>

Периодические издания

Отечественные журналы:

- Радиотехника;
- Радиотехника и электроника;
- Приборы и техника эксперимента;
- Цифровая обработка сигналов.

Реферативные журналы:

- Радиотехника;
- Электроника.

Зарубежные журналы:

- IEEE Transactions on Communications;
- IEEE Transactions on Signal Processing;
- IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

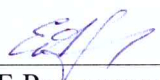

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

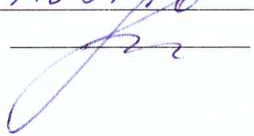
- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 301-3 и 335-3);
- наборы слайдов по всем лекциям (от 15 до 30 слайдов по каждой лекции);
- оборудование специализированной лаборатории (305-3);

Примечания:

1. Общее число подготовленных слайдов более 200, они ежегодно редактируются и модернизируются в соответствии с развитием технической и методической базы.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению «11.04.01.Радиотехника».

Рабочую программу составил доц. каф. РТ и РС  Архипов Е.А.
Рецензент:  Ген. Директор КБ Радиосвязь, к.т.н. Богданов А.Е.

Программа одобрена на заседании каф. РТ и РС
Протокол № 1 от 1.09.16
Заведующий кафедрой РТ и РС  Никитин О.Р.

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

Протокол № 1 от 2.09.16 года

Председатель комиссии _____ Никитин О.Р.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 14/15 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 23.08.14 года

Заведующий кафедрой _____ *ОР НИКИТИН*

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 _____