

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра информационных систем и технологий

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и КО

_____ С.А. Льянова

«_____» _____ 20__ г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)
«ОПТИМАЛЬНЫЕ УПРАВЛЕНИЯ»**

Специальность

1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

г. Магас

2023 год

1. Цель изучения дисциплины

Целью изучения дисциплины – формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний в области теории линейных управляемых систем.

2. Задачи дисциплины

- знакомство с современным состоянием теории линейных управляемых систем с быстрыми и медленными переменными, основными понятиями и теоремами;
- выработка навыков применения полученных теоретических знаний к решению практических задач из различных областей науки и техники с использованием методов компьютерной алгебры.

3. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина Оптимальное управление относится к Образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» программы аспирантуры по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

4. Требования к результатам освоения дисциплины

Дисциплина готовит к решению следующих задач профессиональной научно-педагогической деятельности:

В области педагогической деятельности:

- умение извлекать актуальную научно-техническую информацию из электронных библиотек, реферативных журналов;
- умение находить, анализировать и конкретно обрабатывать информацию, в том числе относящуюся к новым областям знаний, непосредственно не связанным со сферой профессиональной деятельности.

В области научно-исследовательской деятельности:

- владение методами математического и алгоритмического моделирования при анализе проблем естествознания;
- способность к интенсивной научно-исследовательской и научно-изыскательной деятельности;
- самостоятельный анализ физических аспектов в классических постановках математических задач;
- умение публично представить собственные новые научные результаты;
- самостоятельное построение целостной картины дисциплины.

В области методической, производственно-технологической деятельности:

- умение ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики, совершенствовать, углублять и развивать математическую теорию, лежащую в их основе;
- собственное ведение прикладного аспекта в строгих математических формулировках;
- способность к творческому применению, развитию и реализации математических сложных алгоритмов в современных программных комплексах.

Для освоения дисциплины «**Оптимальное управление**» аспиранты используют знания, умения, способы деятельности и установки, сформированные в ходе изучения «Дифференциальные и интегральные уравнения», «Методы математического моделирования и динамического моделирования», «Динамические системы».

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

Иметь представление



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Ингушский государственный университет»

О порядке разработки программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре на основании федеральных государственных требований

стр. 4 из 42

- о современном состоянии, основных методах теории оптимального быстродействия для линейных сингулярно возмущенных управляемых систем.

Знать

- основные понятия и теоремы теории линейных управляемых систем и особенности их применения для систем с быстрыми и медленными переменными;
- основные направления в теории оптимальных быстродействий: метод динамического программирования, принцип максимума;
- основные подходы к решению задачи синтеза для линейных сингулярно возмущенных систем.

Уметь

- проводить доказательства основных теорем теории линейных управляемых систем;
- решать задачи оптимального быстродействия для линейных управляемых систем с сингулярными возмущениями;
- решать задачи стабилизации для линейных управляемых систем с быстрыми и медленными переменными;
- применять полученные теоретические знания при исследовании конкретных управляемых систем дифференциальных уравнений;

5. Объем и вид учебной работы

Виды учебной работы	Трудоемкость (часы)		Семестры (указание часов по семестрам)
Аудиторные занятия (всего)			
В том числе:			
Лекции	36		
Практические занятия	-		
Лабораторные работы	-		
Самостоятельная работа (всего)	36		
Формы аттестации по дисциплине (зачет, экзамен)	зачет		
Общая трудоемкость дисциплины	Часы	ЗЕТ	
	72	2	

6. Содержание дисциплины

6.1. Содержание раздела и дидактической единицы

Содержание дисциплины	Основное содержание раздела, дидактической единицы
Дисциплинарный модуль (раздел) 1 (если содержание дисциплины разделено на модули/разделы/ДЕ)	
Тема 1. Общие проблемы теории оптимального	Понятие об управляемых системах. Математическое описание управляемых систем. Основные требования к математи-



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Ингушский государственный университет»

О порядке разработки программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре на основании федеральных государственных требований

стр. 5 из 42

управления.	ческим моделям. Общая постановка задачи оптимального управления для непрерывных и многошаговых процессов в скалярной и векторной формах. Состояние, управление, параметр процесса (время)
Тема 2. Общие проблемы теории оптимального управления.	Содержательные и формальные отличия между векторами состояния и управления для непрерывных и многошаговых процессов. Теоретико-функциональные ограничения на векторы состояния и управления. Классификация методов и решения задач оптимального управления
Тема 3. Алгебраические критерии в задачах управления.	Управляемость линейных нестационарных систем. Область достижимости. Критерий управляемости. Управляемость линейных стационарных систем. Критерий Калмана. Приведение не вполне управляемой системы к каноническому виду. Наблюдаемость и идентифицируемость линейных систем. Асимптотические идентификаторы. Наблюдатели. Принцип двойственности задач управления и наблюдения. Задача синтеза ограниченных управлений для автономных систем
Тема 4. Алгебраические критерии в задачах управления.	Управление линейными системами при неполных измерениях. Адаптивное управление
Тема 5. Задача стабилизации.	Непрерывная стабилизация линейных дифференциальных систем. Стабилизируемость вполне управляемых систем. Условия существования стабилизирующего управления не вполне управляемой системы. Стабилизация по части переменных и стабилизация инвариантных множеств. Стабилизация линейных систем при неполной информации. Стабилизация линейных систем при помощи асимптотического наблюдателя
Тема 6. Задача стабилизации.	Непрямое регулирование. Релейная стабилизация. Оптимальная стабилизация линейных непрерывных систем
Тема 7. Оптимальное управление дискретными системами.	Простейшие задачи оптимального управления (задача об управлении с минимальной энергией, управление с минимальной силой).
Тема 8. Оптимальное управление дискретными системами.	Принцип оптимальности. Эвристическое обоснование принципа оптимальности. Задача выбора оптимальной стратегии в многошаговом процессе, определяемом разностным уравнением. Примеры многошаговых процессов принятия решений, возникающих при управлении производственными процессами
Тема 9. Оптимальное управление непрерывными системами	Уравнение Беллмана и его анализ. Синтез оптимального регулятора для линейных систем. Задача об оптимальном быстродействии.
Тема 10. Оптимальное управление непрерывными системами.	Задача об оптимальной стабилизации для линейной стационарной системы. Матричное уравнение Риккати
Тема 11. Принцип макси-	Основная теорема принципа максимума Понтрягина. Опти-



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Ингушский государственный университет»


О порядке разработки программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре на основании федеральных государственных требований

стр. 6 из 42

муна Понтрягина как не-обходимое условие оптимальности первого порядка.	мальное управление при ограничениях фазовых координат. Условия оптимальности в случае граничных поверхностей произвольного порядка. Синтез систем управления, оптимальных по квадратичному критерию
Тема 12. Принцип максимума для линейных систем.	Принцип максимума для оптимальности по быстродействию. Оптимальное по быстродействию управление линейными объектами. Теорема Фельдбаума. Управление линейными объектами, оптимальное по расходу топлива. Аппроксимация поверхности переключения. Синтез оптимальных по быстродействию систем при ограничении фазовых координат. Связь между принципом максимума, вариационным исчислением и динамическим программированием

6.2. Разделы дисциплины (ДЕ) и виды занятий

№ дидактической единицы	Часы по видам занятий			Всего:
	Лекции	Практич. занятия	Сам. работа	
Тема 1. Общие проблемы теории оптимального управления.	2	-	2	4
Тема 2. Общие проблемы теории оптимального управления.	2	-	2	4
Тема 3. Алгебраические критерии в задачах управления.	2	-	2	4
Тема 4. Алгебраические критерии в задачах управления.	2	-	2	4
Тема 5. Задача стабилизации.	2	-	2	4
Тема 6. Задача стабилизации.	2	-	2	4
Тема 7. Оптимальное управление дискретными системами.	4	-	4	8
Тема 8. Оптимальное управление дискретными системами.	4	-	4	8
Тема 9. Оптимальное управление непрерывными системами	4	-	4	8
Тема 10. Оптимальное управление непрерывными системами.	4	-	4	8
Тема 11. Принцип максимума Понтрягина как необходимое условие оптимальности первого порядка.	4	-	4	8
Тема 12. Принцип максимума для линейных систем.	4	-	4	8
ИТОГО	36	-	36	72

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ингушский государственный университет»	
	О порядке разработки программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре на основании федеральных государственных требований	стр. 7 из 42

8. Ресурсное обеспечение. (Кадровый потенциал, материально-техническое оснащение, образовательные технологии, формы, методы и способы обучения).

Кафедра Информационные системы и технологии располагает кадровыми ресурсами, гарантирующими качество подготовки аспиранта по специальности 1.2.2. – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ в соответствии с ФГТ.

8.1. Образовательные технологии

Указывается удельный вес занятий, проводимых в интерактивной форме, а также основные технологии, формы проведения занятий (использование симуляционного оборудования, компьютерные симуляции, ЭОР, деловые и ролевые игры, психологические и иные тренинги, разборы конкретных ситуаций, больных; встречи с представителями российских и зарубежных компаний и организаций, мастер-классы экспертов и специалистов).

8.2. Материально-техническое оснащение.

Необходимо указать наличие лабораторий, специализированных классов, отделений, кабинетов в медицинских организациях, основного современного оборудования, если оно применяется в учебном процессе, а также основное, гарантирующие отработку навыка до необходимого уровня.

8.3. Перечень лицензионного программного обеспечения

8.3.1. Системное программное обеспечение

8.3.1.1. Серверное программное обеспечение:

- _____;

- _____.

8.3.1.2. Операционные системы персональных компьютеров:

- _____;

- _____.

8.3.2. Прикладное программное обеспечение

8.3.2.1. Офисные программы

1. _____

2. _____

8.3.2.2. Программы обработки данных, информационные системы


- _____

8.3.2.3. Внешние электронные информационно-образовательные ресурсы

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература

1. Математическая теория конструирования систем управления. Афанасьев В.Н. Колмановский В.Б., Учебник для вузов (Рек. МО РФ) М.: Высшая школа, 2008- 574с. ISBN 5-06-002662-0
2. Геометрическая декомпозиция сингулярно возмущенных систем. Воропаева Н.В., Соболев В.А. М.: Физматлит, 2009 .— 255 с.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ингушский государственный университет»	
	О порядке разработки программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре на основании федеральных государственных требований	стр. 8 из 42

3. Основы теории управления : Егоров А.И. учеб. пособие для вузов М.: Физматлит, 2007. - 504 с. : ил. ISBN 978-5-9221-0543-9
4. Оптимальное быстродействие для линейных систем дифференциальных уравнений: метод. указания / О.В. Видилина Видилина О.В. Самарский государственный университет, Механико-математический факультет, Кафедра дифференциальных уравнений и теории управления. Самара: Универс групп, 2010. - 24 с.
5. Математическая логика и теория алгоритмов. Игошин В.И. учеб. пособие для студентов высших учебных заведений М.:Издательский центр «Академия», 2008. - 504 с. : ил. ISBN 978-5-7695-5200-7

б) Дополнительная литература


1. Вариационное исчисление и оптимальное управление. Ванько В. И., Ермошина О. В., Кувыркин Г. Н. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999.
2. Оптимальное управление движением Александров В.В., Болтянский В.Г., Лемак С.С., Парусников Н.А., Тихомиров В.М. М.: Физматлит, 2005 (Рек. УМО)
3. Методы классической и современной теории автоматического управления. Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. Учебник: В 5 т. Т. 1. 2-е изд., перераб. и доп. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. - 656 с.
4. Системы управления с обратной связью. Филлипс Ч. Харбор Р. М., Лаборатория базовых знаний, 2001
5. Устойчивость, управляемость, наблюдаемость Воронов А.А. М.: Наука, 1979.
6. Курс теории автоматического регулирования. Первозванский А.А. М.: Наука, 1986.
7. Математическая теория оптимальных процессов. Понтрягин Л.С. М. Физматгиз, 1961.
8. Автоматическое управление Ройтенберг Я.Н. М.: Наука, 1992.
9. Введение в оптимальное управление (линейная теория) Благодатских В.И. Учебник / В.И. Благодатских М.: Высшая школа, 2001 - 239с ISBN 5-06-003983-8

10. Аттестация по дисциплине. Указывается форма аттестации (экзамен, зачет, зачет с оценкой) и методика проведения (этапы, способы оценивания ЗУН).

11. Фонд оценочных средств по дисциплине для проведения промежуточной аттестации (представляется отдельным документом в формате приложения к РПД)

Список вопросов для промежуточного тестирования:

1. Понятие об управляемых системах. Математическое описание управляемых систем.
2. Общая постановка задачи оптимального управления для непрерывных и многошаговых процессов в скалярной и векторной формах.
3. Классификация методов и решения задач оптимального управления.
4. Управляемость линейных нестационарных систем. Область достижимости. Критерий управляемости.
5. Управляемость линейных стационарных систем. Критерий Калмана.
6. Приведение не вполне управляемой системы к каноническому виду.
7. Наблюдаемость и идентифицируемость линейных систем. Асимптотические идентификаторы. Наблюдатели. Принцип двойственности задач управления и наблюдения.

	<p align="center">Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ингушский государственный университет»</p>	
	<p align="center">О порядке разработки программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре на основании федеральных государственных требований</p>	<p align="center">стр. 9 из 42</p>

8. Управление линейными системами при неполных измерениях. Адаптивное управление.
9. Непрерывная стабилизация линейных дифференциальных систем. Стабилизируемость вполне управляемых систем.
10. Условия существования стабилизирующего управления не вполне управляемой системы.
11. Стабилизация по части переменных и стабилизация инвариантных множеств.
12. Стабилизация линейных систем при неполной информации.
13. Стабилизация линейных систем при помощи асимптотического наблюдателя.
14. Непрямое регулирование. Релейная стабилизация.
15. Оптимальная стабилизация линейных непрерывных систем.
16. Принцип оптимальности. Эвристическое обоснование принципа оптимальности. Задача выбора оптимальной стратегии в многошаговом процессе, определяемом разностным уравнением.
17. Уравнение Беллмана и его анализ.
18. Синтез оптимального регулятора для линейных систем.
19. Задача об оптимальном быстродействии.
20. Задача об оптимальной стабилизации для линейной стационарной системы.
21. Матричное уравнение Риккати.
22. Основная теорема принципа максимума Понтрягина.
23. Оптимальное управление при ограничениях фазовых координат.
24. Условия оптимальности в случае граничных поверхностей произвольного порядка.
25. Синтез систем управления, оптимальных по квадратичному критерию.
26. Принцип максимума для оптимальности по быстродействию.
27. Оптимальное по быстродействию управление линейными объектами. Теорема Фельдбаума.
28. Аппроксимация поверхности переключения.
29. Синтез оптимальных по быстродействию систем при ограничении фазовых координат.