

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ингушский государственный университет»**



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Наименование дисциплины:

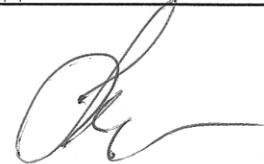
«Оптимальные управления»

Программа послевузовского профессионального образования (аспирантура)
по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ.

Магас 2018 г.

Программа составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура) (утверждено приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 16 мая 2011 г. N 1365), Трудовым кодексом Российской Федерации, Законом Министерства образования и науки Российской Федерации «Об обеспечении единства образовательного пространства Российской Федерации в системе послевузовского профессионального образования» от 05.08.2005 г. № 189, и учебным планом послевузовского профессионального образования по специальности: 05.13.01. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Составители: к.ф.м.н. доцент Мальсагов М.Х.



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры математики и ИВТ (протокол № ___ от «12» 04. 2018г.)

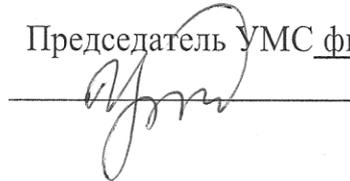
Зав. каф. к.ф.м.н. доцент Мальсагов М.Х.



Одобрено УМС физико-математического факультета

« 30 » Апреля 2018 г.

Председатель УМС физико-математического факультета



профессор Танкиев И.А.

Согласовано с управлением послевузовского профессионального образования

Начальник отдела аспирантуры, интернатуры и ординатуры Х.С. Оздоева.



1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ППО

Дисциплина «**Оптимальное управление**» относится к циклу ОД.А.04.1 – дисциплины по выбору аспиранта.

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-исследовательской 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».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Общекультурные компетенции:

- способность работать в междисциплинарной команде;
- способность общаться со специалистами из других областей;
- активная социальная мобильность, способность работать в международной сфере;
- углубленные знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности, при разработке и осуществлении социально значимых проектов;
- способность порождать новые идеи;
- способность работать самостоятельно, забота о качестве, стремление к успеху;

Компетенции в области педагогической деятельности:

- чтение лекций, проведение семинаров и другие формы образовательного процесса в конкретной области математики.

Компетенции в области научно-исследовательской деятельности:

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

Компетенции в области управленческой деятельности:

- определение общих форм, закономерностей, инструментальных средств для групп дисциплин;
- владение методами математического и алгоритмического моделирования при анализе экономических и социальных процессов, задач бизнеса, финансовой и актуальной математики;
- способность к управлению и руководству научной работой коллективов.

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

Иметь представление

- 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 с быстрыми и медленными переменными;
- применять полученные теоретические знания при исследовании конкретных управляемых систем дифференциальных уравнений;

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Форма обучения
(виды отчетности) 2 год аспирантуры;
вид отчетности - зачет

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение часов по годам обучения			
		1 год	2 год	3 год	4 год
Аудиторные занятия (всего)	16		16		
В том числе:					
Лекции (Л)	8		8		
Практические занятия (ПЗ)	8		8		
Консультации (К)					
Самостоятельная работа (СР, всего)	56		56		
<i>Контрольная работа</i>					
<i>Тест</i>					
<i>Задание поисково-исследовательского характера</i>					
<i>Научный реферат</i>					
<i>Подготовка к семинарским и практическим занятиям</i>					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Вид промежуточной аттестации: (зачет, экзамен)	зачет		зачет		
Общая трудоемкость: часы	72		72		
зачетные единицы	2		2		

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Наименование тем, их содержание, объем в часах лекционных занятий

№ п/п	Название раздела дисциплины	Объем часов / зачетных единиц			
		лекции	семинары	практические занятия	Самост. работа
1	Общие проблемы теории оптимального управления	1		1	8
2	Алгебраические критерии в задачах управления линейными системами	1		1	8
3.	Задача стабилизации	1		1	8
4.	Оптимальное управление дискретными системами	1		1	8
5	Оптимальное управление непрерывными системами	1		1	8
6	Принцип максимума Понтрягина как необходимое условие оптимальности первого порядка	1		1	8
7	Принцип максимума для линейных систем	2		2	8
	<i>Итого:</i>	8		8	56

5.2 Тематический план дисциплины

Тема 1. Общие проблемы теории оптимального управления. Понятие об управляемых системах. Математическое описание управляемых систем. Основные требования к математическим моделям. Общая постановка задачи оптимального управления для непрерывных и многошаговых процессов в скалярной и векторной формах. Состояние, управление, параметр процесса (время). _____ 1

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. _____ 1

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. _____ 1

Тема 4. Алгебраические критерии в задачах управления. Управление линейными системами при неполных измерениях. Адаптивное управление. _____ 1

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. _____ 0,5

Тема 6. Задача стабилизации. Непрямое регулирование. Релейная стабилизация. Оптимальная стабилизация линейных непрерывных систем. _____ 0,5

Тема 7. Оптимальное управление дискретными системами. Простейшие задачи оптимального управления (задача об управлении с минимальной энергией, управление с минимальной силой). _____ 0,5

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. _____ 0,5

Тема 9. Оптимальное управление непрерывными системами. Уравнение Беллмана и его анализ. Синтез оптимального регулятора для линейных систем. Задача об оптимальном быстродействии. _____ 0,5

Тема 10. Оптимальное управление непрерывными системами. Задача об оптимальной стабилизации для линейной стационарной системы. Матричное уравнение Риккати. _____ 0,5

Тема 11. Принцип максимума Понтрягина как необходимое условие оптимальности первого порядка. Основная теорема принципа максимума Понтрягина. Оптимальное управление при ограничениях фазовых координат. Условия оптимальности в случае граничных поверхностей произвольного порядка. Синтез систем управления, оптимальных по квадратичному критерию. _____ 0,5

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. _____ 0,5

Выявление информационных ресурсов в научных библиотеках и сети Internet по следующим направлениям:

- библиография по актуальным проблемам теории оптимального регулирования и управления;
- публикации (в том числе электронные) источников по методам конструирования систем автоматического управления;

Организация текущего и промежуточного контроля знаний

3.1. Контрольные работы – не предусмотрены.

3.2. 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.
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.

5.2 Самостоятельная работа

Изучение учебного материала, перенесенного с аудиторных занятий на самостоятельную проработку:

Тема 1. Общие проблемы теории оптимального управления Понятие об управляемых системах. Математическое описание управляемых систем. Основные требования к математическим моделям. Общая постановка задачи оптимального управления для непрерывных и многошаговых процессов в скалярной и векторной формах. Состояние, управление, параметр процесса (время). 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. _____ 8

Тема 2. 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. Управление линейными системами при неполных измерениях. Адаптивное управление. _____ 8

Тема 3. 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. Непрямое регулирование. Релейная стабилизация. Оптимальная стабилизация линейных непрерывных систем._____8

Тема 4. Оптимальное управление дискретными системами. Простейшие задачи оптимального управления (задача об управлении с минимальной энергией, управление с минимальной силой). 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._____8

Тема 5. Оптимальное управление непрерывными системами. Уравнение Беллмана и его анализ. Синтез оптимального регулятора для линейных систем. Задача об оптимальном быстродействии. Задача об оптимальной стабилизации для линейной стационарной системы. Матричное уравнение Риккати._____8

Тема 6. Принцип максимума Понтрягина как необходимое условие оптимальности первого порядка. Основная теорема принципа максимума Понтрягина. Оптимальное управление при ограничениях фазовых координат. Условия оптимальности в случае граничных поверхностей произвольного порядка. Синтез систем управления, оптимальных по квадратичному критерию._____8

Тема 7. 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._____8

Выявление информационных ресурсов в научных библиотеках и сети Internet по следующим направлениям:

- библиография по актуальным проблемам теории оптимального регулирования и управления;
- публикации (в том числе электронные) источников по методам конструирования систем автоматического управления;

5.3.2. Тематика рефератов – предусмотрены.

Итоговый контроль проводится в виде зачета.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Литература:

№	Название	Автор	Вид издания (монография, диссертация, учебник, учебное Пособие и др.)	Место издания, издательство, год издания, кол-во страниц
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.
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	Ванько В. И.,		М.: Изд-во МГТУ

	исчисление и оптимальное управление.	Ермошина О. В., Кувыркин Г. Н.		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				
6	Устойчивость, управляемость, наблюдаемость	Воронов А.А.		М.: Наука, 1979.
7	Курс теории автоматического регулирования.	Первозванский А.А.		М.: Наука, 1986.
8	Математическая теория оптимальных процессов.	Понтрягин Л.С.		М. Физматгиз, 1961.
9	Автоматическое управление	Ройтенберг Я.Н.		М.: Наука, 1992.
10	Введение в оптимальное управление (линейная теория)	Благодатских В.И.	Учебник / В.И. Благодатских	М.: Высшая школа, 2001 - 239с ISBN 5-06-003983-8

6.1. Поддержка самостоятельной работы:

№ п/п	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	Электронная библиотека East View http://www.dlib.eastview.com		Доступ возможен с любого компьютера, включённого в университетскую сеть ИнГГУ
2.	Справочно-правовая система «Консультант-плюс» http://www.consultant.ru		Доступ возможен с любого компьютера, включённого в университетскую сеть ИнГГУ
3.	База данных «Полпред» http://www.polpred.com		Доступ возможен с любого компьютера, включённого в университетскую сеть ИнГГУ
4.	Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» http://www.window.edu.ru		Свободный доступ по сети Интернет.
5.	Информационная система «Экономика. Социология. Менеджмент» http://www.ecsosman.ru		Свободный доступ по сети Интернет.
6.	Сайт Высшей аттестационной комиссии http://www.vak.ed.gov.ru		Свободный доступ по сети Интернет.
7.	В помощь аспирантам http://www.dis.finansy.ru		Свободный доступ по сети Интернет.
8.	Elsevier http://www.sciencedirect.com ; http://www.scopus.com		Доступ возможен с любого компьютера, включённого в университетскую сеть ИнГГУ
9	Консультант студента http://www.studmedlib.ru		Доступ по индивидуальным скретч-картам.

**7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
«ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ»:**

Для проведения занятий по дисциплине, предусмотренной учебным планом подготовки аспирантов, имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

– лекционная аудитория, оснащенная мультимедийными проекторами с возможностью подключения к Wi-Fi, документ-камерой, маркерными досками для демонстрации учебного материала;

– специализированные компьютерные классы с подключенным к ним периферийным устройством и оборудованием;

– аппаратное и программное обеспечение (и соответствующие методические материалы) для проведения самостоятельной работы по дисциплине.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Особенности рабочей программы

Данная рабочая программа составлена для оказания помощи аспирантам, обучающимся по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, изучающим дисциплину «**Оптимальное управление**». В программе дается тематическое планирование с разбивкой на часы и указанием разнообразных форм организации и самостоятельной подготовки для наиболее оптимального распределения и максимальной эффективности усвоения материала дисциплины.

2. Организация аудиторной работы аспирантов, образовательные технологии

С целью формирования и развития, профессиональных навыков у аспирантов обучающихся по дисциплине «**Оптимальное управление**»: рекомендуется применение инновационных технологий обучения с привлечением визуализирующих компонентов в лекционном курсе, а также проблемное обучение с целью развития познавательной активности и творческой самостоятельности аспиранта. На занятиях рекомендуется метод дебатов, проектное обучение, стимулирующее самостоятельный поиск знаний.

3. Организация самостоятельной работы аспирантов

В процессе обучения дисциплины «**Оптимальное управление**», аспиранты заняты: научно-исследовательской работой в библиотеках и с Интернет-ресурсами (перечень литературы для самостоятельного изучения для аспирантов см. выше);

- подготовкой и написанием контрольной работы или научного реферата (темы научных рефератов и контрольных работ для аспирантов см. выше);

4. Формы промежуточного и итогового контроля

Формой итогового контроля по дисциплине «**Оптимальное управление**» является зачет.

Дополнения и изменения в рабочей программе на ____/____ учебный год

В рабочую программу внесены следующие изменения:

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры

« ____ » _____ г. протокол № _____

Заведующий кафедрой _____ (_____)

Внесенные изменения утверждаю

Декан _____ (_____)

« ____ » _____ г.

Дополнения и изменения в рабочей программе на ____/____ учебный год

В рабочую программу внесены следующие изменения :

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры

« _____ » _____ г. протокол № _____

Заведующий кафедрой _____ (_____)

Внесенные изменения утверждаю

Декан _____ (_____)

« _____ » _____ г.