

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ингушский государственный университет»  
Кафедра информационных систем и технологий

«СОГЛАСОВАНО»

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель образовательной программы

Врио проректора по научной работе

\_\_\_\_\_ Мальсагов М.Х.

\_\_\_\_\_ Цурова Л.А.

от « 4 » марта 2025 г.

от « 12 » марта 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Динамические системы»**

Специальность

**1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

Уровень образования

**высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации**

Форма обучения

**очная**

Магас, 2025

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Динамические системы» составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Составитель программы:

	/	доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «ИСИТ» Мальсагов М.Х.
(подпись)		(фамилия, инициалы, ученая степень, звание и должность)

Программа одобрена на заседании кафедры «Информационные системы и технологии» протокол № 6 от «3» марта 2025 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета протокол № 6 от «3» марта 2025 года

## **1. Цель изучения дисциплины**

**Цель изучения дисциплины** - формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний в области теории динамических систем.

## **2. Задачи дисциплины:**

- изучение теоретических основ, приемов и методов математического моделирования,
- изучение основ качественной теории дифференциальных уравнений, разбиения фазового пространства на траектории и исследование предельного поведения этих траекторий: поиск и классификация положений равновесия, предельных циклов;
- применение геометрического подхода к анализу динамических систем, выделение притягивающих и отталкивающих многообразий;
- знакомство с качественными и приближенными аналитическими методами

## **3. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры**

Дисциплина 2.1.3 Динамические системы 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:

- возможность преподавания физико-математических дисциплин и информатики в средних специальных и высших учебных заведениях на основе полученного фундаментального образования и научного мировоззрения;
- 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 моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук;
- 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 «Динамические системы» аспиранты используют знания, умения, способы деятельности и установки, сформированные в ходе изучения «Методы математического моделирования и динамическое программирование», «Дифференциальные уравнения», «Теория игр» и «Математического анализа».

## 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)	108		
Формы аттестации по дисциплине (зачет, экзамен)	Экзамен		
Общая трудоемкость дисциплины	Часы	ЗЕТ	
	144	4	

## 6. Содержание дисциплины

### 6.1. Содержание раздела и дидактической единицы

Содержание дисциплины	Основное содержание раздела, дидактической единицы
<b>Тема 1. Современное состояние теории динамических систем.</b>	Основные понятия и теоремы теории динамических систем. Перспективы развития
<b>Тема 2. Устойчивость динамических систем с непрерывным и дискретным временем.</b>	Основные понятия и определения теории устойчивости. Примеры. Общие проблемы теории устойчивости движения. Уравнения в отклонениях. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая и экспоненциальная устойчивость. Орбитальная устойчивость. Устойчивость в целом. Прямой метод Ляпунова.
<b>Тема 3. Функции Ляпунова для автономных и неавтономных систем с непрерывным и дискретным временем.</b>	Достаточные условия устойчивости, асимптотической устойчивости, неустойчивости. Устойчивость по первому приближению. Устойчивость непрерывных и дискретных полиномов.
<b>Тема 4. Автономные системы дифференциальных уравнений</b>	Автономная система и ее свойства. Фазовые портреты динамических систем. Стационарные движения, периодические движения, предельные циклы
<b>Тема 5. Инвариантные множества динамических систем.</b>	Притягивающие, отталкивающие множества. Траектории-утки. Интегральные множества со сменой устойчивости как обобщение понятия траектории-утки.
<b>Тема 6. Основные понятия и определения теоремы</b>	Теоремы о существовании и единственности решения задачи Коши, о непрерывной зависимости решений от параметров и

<b>рии катастроф.</b>	начальных условий. Структурная устойчивость, бифуркация
<b>Тема 7. Бифуркации положений равновесия.</b>	Бифуркация типа седло-узел. Бифуркация Андронова-Хопфа. Теорема Андронова-Хопфа. Бифуркация с потерей симметрии. Транскритическая бифуркация
<b>Тема 8. Бифуркации периодических решений</b>	Бифуркация возникновения или исчезновения пары замкнутых траекторий. Определение и особенности бифуркации удвоения периода. Особенности и условия возникновения инвариантного тора. Бифуркация с потерей симметрии. Отображение Пуанкаре. Бифуркационная диаграмма
<b>Тема 9. Особенности границ устойчивости.</b>	Область и граница устойчивости. Принцип «хрупкости хорошего». Каустики, волновые фронты и их метаморфозы. Особенности в задачах оптимизации. Особенности границы достижимости
<b>Тема 10. Математические модели объектов различных областей науки.</b>	Динамика биологических популяций. Логистическое уравнение. Модели сосуществования двух видов. Межвидовая конкуренция. Взаимоотношения типа «хищник-жертва». Модель Лотки-Вольтерра и ее обобщения. Модели экономического равновесия. Модели экономического роста. Конъюнктурные циклы в экономике. Моделирование критических явлений в химической кинетике. Редукция моделей. Фракталы и фрактальные структуры. Самоорганизация и образование структур. Крупномасштабное распределение вещества во Вселенной.

## 6.2. Разделы дисциплины (ДЕ) и виды занятий

Содержание дисциплины	Часы по видам занятий			Всего:
	Лекции	Практич. занятия	Сам. работа	
Тема 1. Современное состояние теории динамических систем.	2	-	10	12
Тема 2. Устойчивость динамических систем с непрерывным и дискретным временем.	2	-	11	13
Тема 3. Функции Ляпунова для автономных и неавтономных систем с непрерывным и дискретным временем.	4	-	11	15
Тема 4. Автономные системы дифференциальных уравнений	4	-	11	15
Тема 5. Инвариантные многообразия динамических систем.	4	-	11	15
Тема 6. Основные понятия и определения теории катастроф.	4	-	11	15
Тема 7. Бифуркации положений равновесия.	4	-	11	15
Тема 8. Бифуркации периодических решений	4	-	11	15
Тема 9. Особенности границ устойчивости.	4	-	11	15
Тема 10. Математические моде-	4	-	10	15

ли объектов различных областей науки.				
ИТОГО	36	-	108	144

**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.**

Аудитории для проведения лекционных и практических занятий, мультимедийное оборудование, доска, доступ к Интернет-ресурсам.

#### **8.3. Перечень лицензионного программного обеспечения**

Университет обеспечен следующим комплектом лицензионного программного обеспечения.

1. Лицензионное программное обеспечение, используемое в ИнГТУ:
  - 1.1. Microsoft Windows 7, Windows 8, Windows 8.1, Windows 10
  - 1.2. Microsoft Windows server 2003, 2008, 2012, 2016
  - 1.3. Microsoft Office 2007, 2010, 2016
  - 1.4. Программный комплекс ММИС "Деканат"
  - 1.5. Программный комплекс ММИС "Визуальная Студия Тестирования"
  - 1.6. Программный комплекс ММИС "ПЛАНЫ"
  - 1.7. Программный комплекс ММИС "ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЕДОМОСТИ"
  - 1.8. Программный комплекс ММИС ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ "ПРИЕМНАЯ КОМИССИЯ-ОНЛАЙН"
  - 1.9. Программный комплекс ММИС "ПРИЕМНАЯ КОМИССИЯ"
  - 1.10. Программный комплекс ММИС "ВЕДОМОСТИ ОНЛАЙН"
  - 1.11. Программный комплекс ММИС «РПД ОНЛАЙН»
  - 1.12. Универсальный статистический пакет STADIA
  - 1.13. 1С Зарплата и Кадры
  - 1.14. 1С Кадры: расчет заработной платы
  - 1.15. Антивирусное ПО Kaspersky endpoint security
  - 1.16. Справочно-правовая система "Гарант"
  - 1.17. 1С Бухгалтерия
2. С 2004 года функционирует INTERNET-центр свободного доступа при читальном зале библиотеки.

Компьютерные классы Университета оснащены системами программирования (MS Visual Basic, Visual Basic for Application), прикладными пакетами (MS Office, Word, Excel, Power Point, Outlook Express), переводчиками (Promt). Также компьютерные классы Университета оснащены адаптивной средой тестирования (АСТ), на основе которой разрабо-

таны тесты для студентов по дисциплинам общепрофессионального и специального блоков дисциплин учебных планов.

### 8.3.2.3. Внешние электронные информационно-образовательные ресурсы

Название ресурса	Ссылка/доступ
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
«Образовательный ресурс России»	<a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a>
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	<a href="http://fcior.edu.ru">http://fcior.edu.ru</a>
Русская виртуальная библиотека	<a href="http://rvb.ru">http://rvb.ru</a>
Кабинет русского языка и литературы	<a href="http://ruslit.ioso.ru">http://ruslit.ioso.ru</a>
Национальный корпус русского языка	<a href="http://ruscorpora.ru">http://ruscorpora.ru</a>
Научная электронная библиотека «e-Library»	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>
Электронно-библиотечная система ИнГГУ	<a href="https://lib.inggu.ru/">https://lib.inggu.ru/</a>
Информационно-правовая система «Гарант»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) Основная литература

1. Теория алгоритмов: Крупский В.Н. Учебное пособие для студентов вузов Издат.центр «Академия» 2009 ISBN 978-5-7695-5293-9
2. Оптимальное быстродействие для линейных сингулярно возмущенных систем: метод. указания / О.В. Видилина. Видилина О. В. Самарский государственный университет, Механико-математический факультет, Кафедра дифференциальных уравнений и теории управления. Самара: Универс групп, 2010. - 39 с.
3. Геометрическая декомпозиция сингулярно возмущенных систем. Воропаева Н.В., Соболев В.А. М.: Физматлит, 2009. — 255 с.
4. Основы теории управления: Егоров А.И. учеб. пособие для вузов М.: Физматлит, 2007. - 504 с.: ил. ISBN 978-5-9221-0543-9
5. 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.

### б) Дополнительная литература

1. 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.
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. Введение в оптимальное управление (линейная теория) Благодатских В.И. Учебник / В.И. Благодатских М.: Высшая школа, 2001 - 239с ISBN 5-06-003983-8
4. Математическая теория конструирования систем управления. Афанасьев В.Н. Колмановский В.Б., Учебник для вузов (Рек. МО РФ) М.: Высшая школа, 2004- 574с. ISBN 5-06-002662-0

5. Вариационное исчисление и оптимальное управление. Ванько В. И., Ермошина О. В., Кувыркин Г. Н. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999.
6. Системы управления с обратной связью. Филлипс Ч. Харбор Р. М., Лаборатория базовых знаний, 2001
7. Устойчивость, управляемость, наблюдаемость Воронов А.А. М.: Наука, 1979.
8. Курс теории автоматического регулирования. Первозванский А.А. М.: Наука, 1986.
9. Математическая теория оптимальных процессов. Понтрягин Л.С. М. Физматгиз, 1961.
10. Автоматическое управление. Ройтенберг Я.Н. М.: Наука, 1992.

**10. Аттестация по дисциплине.**

**Итоговый контроль** проводится в виде экзамена.

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



## **Структура фонда оценочных средств программы «Динамические системы»**

### **1. Формы контроля:**

- Экзамен по окончании семестра.

### **2. Оценочные задачи:**

- Тестирование знаний и понимания основ теории динамических систем;
- Решение практических задач, связанных с анализом и моделированием динамических систем;
- Проведение и анализ экспериментов с автономными и неавтономными системами;
- Написание эссе или реферата на тему математического моделирования объектов различных областей науки.

### **3. Критерии оценивания:**

- Знание основных понятий и теорем теории динамических систем;
- Умение применять методы анализа устойчивости динамических систем;
- Качество выполнения практических задач и экспериментов;
- Глубина исследования и представления материала в эссе или реферате.

### **4. Методы оценивания:**

- Письменный тест;
- Практические задачи по моделированию динамических систем;
- Устный экзамен по теории динамических систем;
- Оценка эссе или реферата.

### **5. Примерные вопросы для тестирования:**

- Какие методы анализа устойчивости вы знаете?
- Что такое функции Ляпунова и как они применяются?
- Сформулируйте основные понятия теории катастроф.
- Что такое бифуркации периодических решений?

## Лист актуализации изменений

[illegible]