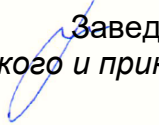


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

  
Заведующий кафедрой  
Математического и прикладного анализа  
А.И. Шашкин  
23.03.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
Б1.В.ДВ.04.04 Теория динамического хаоса

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

01.03.02 Прикладная математика и информатика

**2. Профиль подготовки/специализация:** Математические и компьютерные методы в прикладных разработках

**3. Квалификация выпускника:** бакалавр

**4. Форма обучения:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** \_ кафедра математического и прикладного анализа

**6. Составители программы:** Гликлих Юрий Евгеньевич, доктор физико-математических наук, профессор

**7. Рекомендована:** Научно-методическим советом факультета прикладной математики, информатики и механики (22.03.2024 г., протокол\_№5)

**8. Учебный год:** 2024-2025

**Семестр(ы):** 7

**9. Цели и задачи учебной дисциплины**

Цель освоения курса: овладение теорией динамических систем (обыкновенных дифференциальных уравнений) с хаотическим поведением.

*Задачи учебной дисциплины:*

1. построение и изучение моделей различных процессов с хаотическим поведением, в частности процессов, имеющих так называемые странные аттракторы.
2. проведение экспериментов с моделями.
3. составление отчетов о проведенных экспериментах.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Часть, формируемая участниками образовательных отношений. Предшествующая дисциплина – Обыкновенные дифференциальные уравнения.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-4	Способен решать задачи профессиональной деятельности с использованием существующих информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	ОПК-4	<p>Владеет навыками решения профессиональных задач с использованием новейших информационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.</p> <p>Владеет навыками создания и исследования новых математических моделей в естественных науках.</p>	<p>Знать: понятие динамической системы, потока и каскада.</p> <p>Уметь: исследовать динамические системы с хаотическим поведением, в частности, системы со странными аттракторами.</p> <p>Владеть: современными методами исследования динамических систем</p>

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.**

**Форма промежуточной аттестации: зачет**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ семестра	№ семестра	...
Аудиторные занятия	7	7		
в том числе:	лекции	16	16	
	практические	16	16	
	лабораторные	-	-	
Самостоятельная работа	6.60	6.60		
в том числе: курсовая работа (проект)	-	-		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 8.25 час.)	8.25	8.25		
Итого:	46.85	46.85		

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			-
1.1	Понятие динамической системы. Структурная устойчивость каскадов и потоков	Определение каскадов и потоков. Связь с дифференциальными уравнениями	-
1.2	Классификация грубых неподвижных точек потоков и каскадов в размерности 2	Описание грубых неподвижных точек потоков и каскадов в размерности 2. Теорема Андронова-Понтрягина, де Баггиса, Пейксото	-
1.3	Подкова Смейла	Описание подковы Смейла. Построение символической динамики для подковы Смейла	-
1.4	Гиперболический автоморфизм Аносова на двумерном торе	Описание гиперболического автоморфизма Аносова на двумерном торе. Его свойства	-
1.5	Аттракторы. Странные аттракторы	Определение аттрактора и странного аттрактора. Примеры	-
1.6	Понятие бифуркации динамических систем.	Бифуркация рождения цикла. Бифуркация удвоения цикла	-
<b>2. Практические занятия</b>			-
2.1	Понятие динамической системы. Структурная устойчивость каскадов и потоков	Решение задач о связи потоков и каскадов с дифференциальными уравнениями	-
2.2	Классификация грубых неподвижных точек потоков и каскадов в размерности 2	Рассмотрение примеров применения. теоремы Андронова-Понтрягина, де Баггиса, Пейксото	-
2.3	Подкова Смейла. Автоморфизм Аносова на двумерном торе	Проверка хаотического поведения указанных систем	-
2.4	Аттракторы. Странные аттракторы	Изучение примеров аттракторов и странных аттракторов	
2.5	Понятие бифуркации динамических систем.	Нахождение точек бифуркации	
			-

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Понятие динамической системы. Структурная устойчивость каскадов и потоков	4	4		8	9.10
2	Классификация грубых неподвижных точек потоков и каскадов в размерности 2	4	6		8	11.10
3	Подкова Смейла. Автоморфизм Аносова на двумерном торе	4	2		8	8.10
4	Аттракторы. Странные аттракторы	2	2		8	5.10
5	Понятие бифуркации	2	2		8	5.10

	динамических систем.					
	Итого:	16	16		40	72

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Наиболее сложными разделами являются подкова Смейла и гиперболический автоморфизм Аносова на двумерном торе

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Гликлих Ю.Е. Начала хаотической динамики. Учебное пособие. ВГУ, 2012, 34 с.
2	Арнольд В.И. Регулярная и хаотическая динамика. М.: МЦНМО, 2002. 399 с

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	1. Гликлих Ю.Е. О хаотическом поведении динамических систем. / Ю.Е. Гликлих // Материалы семинаров научно-образовательного центра «Волновые процессы в неоднородных и нелинейных средах».- Воронеж: ВГУ, 2003.- С. 52-62.
2	2. Арнольд В.И. Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений / В. И. Арнольд.— М.: Наука, 1978.- 304 с.
3	3. Девятая летняя математическая школа. / Сборник статей.- Киев: Ин-т математики АН УССР.- 1976.- 363 с.
4	4. Нитецки З. Введение в дифференциальную динамику./ З. Нитецки.- М.: Мир, 1975.- 304 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
1.	
2.	
3.	

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

#### 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Положение об организации самостоятельной работы обучающихся в Воронежском государственном университете
2	Инструкция. Общие рекомендации по оформлению курсовых и выпускных квалификационных работ

#### 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Используются традиционные технологии – лекции и практические занятия.

Дисциплина может быть реализована с применением дистанционных образовательных технологий на Образовательном портале «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru/>) на базе соответствующих ЭУМК.

#### 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Специализированная мебель (столы, стулья, доска).

Дисциплина реализуется в соответствии расписанием учебных занятий и расписанием промежуточных аттестаций.

Аудитория для проведения лекционных и семинарских (практических) занятий, текущего контроля и промежуточных аттестаций должна содержать специализированную мебель (столы, стулья, доска).

Аудитория для проведения консультаций должна содержать специализированную мебель (столы, стулья, доска (для групповых консультаций)).

Посещение для самостоятельной работы обучающихся должно содержать специализированную мебель (столы, стулья) и компьютерную технику с возможностью подключения к сети "Интернет".

При подготовке к лекционным и семинарским занятиям, текущей и промежуточной аттестациям, освоении дисциплины в дистанционном формате студент может пользоваться компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", со следующим программным обеспечением:

- операционная система (Windows или Linux);
- Microsoft Office или LibreOffice;
- браузер (Mozilla Firefox, или Internet Explorer, или Chrome и др.).

Если дисциплина реализуется с применением дистанционных технологий, то перечень материально-технического обеспечения дисциплины при необходимости может быть дополнен.

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Подкова Смейла	ОПК-4		КИМы, практические занятия
2.	Гиперболический автоморфизм Аносова на двумерном торе	ОПК-4		КИМы, практические занятия
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				КИМ, Перечень вопросов

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: тестовые задания

---

*Перечень заданий, тем рефератов, тем презентаций, курсовых, докладов, лабораторных работ требования к представлению портфолио*

Описание технологии проведения Тесты проводятся на занятиях. Ставится зачет, если правильные ответы получены на три четверти вопросов теста.

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: зачет в традиционной форме с билетами и устным ответом.

Вопросы к зачету

1. Понятие динамической системы. Потоки и диффеоморфизмы. Связь потоков с дифференциальными уравнениями.
  2. Диффеоморфизмы (каскады). Функция последования. Надстройка над диффеоморфизмом.
  3. Топологическая сопряженность диффеоморфизмов. Структурная устойчивость (грубость) диффеоморфизмов.
  4. Орбитальная топологическая сопряженность потоков. Структурная устойчивость (грубость) потоков.
  5. Классификация грубых неподвижных и периодических точек в размерности 2.
  6. Теорема Андронова-Понтрягина-де Баггиса-Пейксото. Системы Морса-Смейла.
  7. Подкова Смейла. Построение множества  $\Lambda$ .
  8. Символическая динамика. Топологическая схема Бернулли для подковы Смейла. Свойства подковы Смейла на  $\Lambda$ .
  9. Конструкция гиперболического автоморфизма Аносова на двумерном торе.
  10. Свойства гиперболического автоморфизма на двумерном торе.
  11. Понятие бифуркации. Бифуркация рождения цикла.
  12. Бифуркация удвоения цикла. Универсальность Фейгенбаума.
-