

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»
Факультет математики и компьютерных наук



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Б1.В.10 ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ И
КРАЕВЫЕ ЗАДАЧИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

Направление подготовки /специальность

02.04.01 МАТЕМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

Направленность (профиль) /специализация

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ТЕОРИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Программа подготовки

АКАДЕМИЧЕСКАЯ

Форма обучения

ОЧНАЯ

Квалификация (степень) выпускника

МАГИСТР

Краснодар 2017

Рабочая программа дисциплины «Дифференциальные уравнения и краевые задачи сложных систем» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.04.01 МАТЕМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

Программу составил:

Усатиков С.В., проф. кафедры
математических и компьютерных методов,
д. ф.-м. н., доц.



Рабочая программа дисциплины «Дифференциальные уравнения и краевые задачи сложных систем» утверждена на заседании кафедры математических и компьютерных методов
протокол № 14 «09» июня 2017 г.
Заведующий кафедрой (разработчика)
Дроботенко М.И.



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры математических и компьютерных методов
протокол № 14 «09» июня 2017 г.
Заведующий кафедрой (выпускающей)
Дроботенко М.И.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета математики и компьютерных наук
протокол № 3 «20» июня 2017 г.
Председатель УМК факультета
Титов Г.Н



Рецензенты:

Барсукова В.Ю., канд. физ.-мат. наук, доц., зав. кафедры функционального анализа и алгебры КубГУ

Терещенко И.В., канд. физ.-мат. наук, доц., зав. кафедрой общей математики КубГТУ

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Подготовить теоретический фундамент и познакомить слушателей с применением дифференциальных уравнений и краевых задач в теории сложных систем. Рассмотреть классические задачи теории сложных систем, объединяющие различные разделы механики: термодинамику и механику жидкости. Научить слушателя применять аппарат математической физики для постановки и решения краевых задач.

1.2 Задачи дисциплины

- Обучение магистрантов основам математической физики, постановке и решению краевых задач термодинамики и механики жидкости.
- Знания и навыки, получаемые магистрантами в результате изучения дисциплины, необходимы для дальнейшего обучения по программе и используются в других дисциплинах, например, в дисциплине «математические пакеты для моделирования сложных систем».

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Дифференциальные уравнения и краевые задачи сложных систем» относится к вариативной части цикла дисциплин учебного плана.

Для её успешного усвоения необходимы знания, умения и компетенции, приобретаемые при изучении следующих дисциплин: математический анализ, алгебра, функциональный анализ, теория устойчивости, уравнения математической физики, дифференциальные уравнения в частных производных.

Изучение этой дисциплины готовит обучаемых к различным видам как практической, так и теоретической, исследовательской деятельности.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общекультурных/профессиональных компетенций (ОК/ПК)

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ПК-1	Способностью к интенсивной научно-исследовательской работе	Основные направления развития современной теории сложных систем: нелинейные колебания, теорию катастроф, динамические системы и бифуркации, динамический хаос, фракталы	Формулировать и решать задачи теории устойчивости непрерывных и распределенных систем, теории нелинейных колебаний, теории динамических систем и бифуркаций	Математическим аппаратом математической физики и применять для решения краевых задач термодинамики и механики жидкости
2.	ПК-12	Способностью к проведению методических и экспертных работ в области математики	Способы представления математических результатов, визуализация данных, иностранный язык	Представлять научные результаты средствами LaTeX, составлять научные статьи и презентации	Средствами верстки математических текстов LaTeX

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)			
			9			
Контактная работа, в том числе:						
Аудиторные занятия (всего):		32	32			
Занятия лекционного типа		16	16	-	-	-
Лабораторные занятия		16	16	-	-	-
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-
Иная контактная работа:						
Контроль самостоятельной работы (КСР)		-	-	-	-	-
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2	-	-	-
Самостоятельная работа, в том числе:						
Курсовая работа		-	-	-	-	-
Проработка учебного (теоретического) материала		5	5	-	-	-
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		15	15	-	-	-
Реферат		10	10	-	-	-
Подготовка к текущему контролю		9,8	9,8	-	-	-
Контроль:						
Подготовка к экзамену		-	-	-	-	-
Общая трудоемкость	час.	72	72	-	-	-
	в том числе контактная работа	32,2	32,2			
	зач. ед	2	2			

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.
Разделы дисциплины, изучаемые в 9 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Дифференциальные уравнение и краевые задачи термодинамики	36	8		8	20
2.	Дифференциальные уравнение и краевые задачи механики жидкости	35,8	8		8	19,8
Итого по дисциплине:		71,8	16		16	39,8

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4

1.	Введение. Основные понятия синергетики	Синергетика как новое мировоззрение. Консервативные и диссипативные системы. Механическое и термодинамическое равновесие. Нелинейность и обратные связи. Энтропия и хаос. Процессы самоорганизации. Пространственные и пространственно-временные структуры. Уравнения эволюции. Устойчивость и бифуркации.	Реферативный доклад
2.	Термодинамический анализ нелинейных систем	Открытые системы в условиях механического равновесия. Стационарные неравновесные состояния. Теорема о минимальном производстве энтропии. Невозможность упорядоченного поведения в области линейности необратимых процессов. Общий критерий эволюции для равновесных и неравновесных систем.	Реферативный доклад
3.	Нелинейные дифференциальные уравнения	Системы нелинейных уравнений с одной и двумя степенями свободы, автономные системы. Анализ фазовых траекторий этих систем. Классификация особых точек: простые особые точки (центр, узел, фокус, седловая точка) и множественные седловые точки. Предельные циклы.	Реферативный доклад
4.	Теория устойчивости и бифуркаций нелинейных дифференциальных уравнений	Устойчивость по Лагранжу, Пуассону и Ляпунову. Линейный анализ устойчивости. Теория катастроф. Бифуркации в простой диссипативной системе. Бифуркация Хопфа и предельные циклы.	Реферативный доклад
5.	Исследование конкретных нелинейных процессов	Статические неустойчивости - переход системы в новое состояние. Бистабильность. Автоколебания в электрической цепи. Химические осцилляции - реакция Белоусова-Жаботинского. Ячейки Бенара. Математический маятник, модель хищник-жертва.	Реферативный доклад
6.	Анализ динамики консервативных и диссипативных систем	Геометрия фазового пространства. Структурные свойства фазовых траекторий. Теорема Лиувилля. Отображение Пуанкаре. Классификация состояний сложных систем на основе отображения Пуанкаре. Консервативные системы – возможность существования хаотических и упорядоченных состояний в системах с различным числом степеней свободы. Эргодичность и перемешивание. Простые и странные аттракторы.	Реферативный доклад

7.	Диссипативные динамические системы и их аттракторы	Сжатие фазового объема для диссипативных систем. Простые и странные аттракторы. Квазиаттракторы. Критерии динамического хаоса: энтропии Колмогорова-Синяя, показатели Ляпунова, автокорреляционные функции.	Реферативный доклад
8.	Типичные сценарии перехода к хаосу	Турбулентность Лоренца, хаос Поманневилля, хаос Рюэля-Таккенса-Ньюхауза. Теория точечных отображений. Хаос Фейгенбаума. Универсальность Фейгенбаума. Пространственно-временной хаос.	Реферативный доклад
9.	Фракталы. Фрактальные размерности	Кривая Кох, канторово множество и ковер Серпиньского. Размерность Хаусдорфа-Безиковича. Поточечная, информационная и корреляционная размерности. Соотношение этих размерностей. Фрактальность границ.	Реферативный доклад
10.	Моделирование нелинейных процессов на компьютерах	Занятия в компьютерном классе с предложенным комплексом программ по синергетике	Реферативный доклад

2.3.2 Занятия семинарского типа

Занятия семинарского типа не предусмотрены

2.3.3 Практические занятия

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Изучение процессов самоорганизации	Изучение процессов самоорганизации на следующих примерах: • динамика популяций хищников-жертв, • химические осцилляции в реакции Белоусова-Жаботинского, • динамический хаос в модели математического маятника, • маятник Ван-дер-Поля, • нелинейный маятник, колеблющийся в вертикальной плоскости	Расчетно-графическое задание
2.	Моделирование хаоса	• турбулентность в модели Лоренца, • хаос Фейгенбаума, • сравнительный анализ детерминистического и вероятностного подхода в исследовании эволюции сложных систем на примере системы хищник-жертва. • модель хаоса (теория изложена в журнале Science) • аттрактор Эно	Расчетно-графическое задание

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Написание реферативного доклада	«Методические указания по организации самостоятельной работы студентов», утвержденные кафедрой информационных и образовательных технологий, протокол № 1 от 31 августа 2017 г.
2	Выполнение проектной работы	«Методические указания по организации самостоятельной работы студентов», утвержденные кафедрой информационных и образовательных технологий, протокол № 1 от 31 августа 2017 г.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии

Активные и интерактивные формы лекционных занятий, лабораторных занятий, контрольных работ, тестовых заданий, типовых расчетов, докладов, сдача экзамена.

Семестр	Вид занятия	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
9	Лабораторные занятия	Метод проектов. Студенты выбирают проекты, примерные формулировки которых представлены в ФОС пункт 4.	16
<i>Итого:</i>			16

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	<i>Дифференциальные уравнение и краевые задачи термодинамики</i>	ПК-12	Задания компьютерного практикума

2	<i>Дифференциальные уравнение и краевые задачи механики жидкости</i>	ПК-12	Задания компьютерного практикума
---	--	-------	----------------------------------

Для получения зачета по дисциплине или допуска к экзамену необходимо сформировать «Портфель магистранта», который должен содержать результаты всех предусмотренных учебным планом работ.

«Портфель магистранта» представляет собой целевую подборку работ студента на компьютере, раскрывающую его индивидуальные образовательные достижения в учебной дисциплине. Структура портфеля включает следующие учебные материалы:

- результаты выполнения практических работ на компьютере;
- выполненные задания для самостоятельной работы на компьютере;
- выполненными контрольными работами, в том числе работами над ошибками.

Критерии оценки учебного портфолио магистранта:

оценка «зачтено» выставляется за 90–100% наличия необходимых материалов в портфолио;

оценка «не зачтено» выставляется, если материалов в портфолио присутствует менее 90%.

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

В ходе текущей аттестации оцениваются промежуточные результаты освоения студентами дисциплины «Дифференциальные уравнения и краевые задачи сложных систем». Текущий контроль осуществляется с использованием традиционных технологий оценивания качества знаний студентов и включает оценку самостоятельной (внеаудиторной) и аудиторной работы (в том числе рубежный контроль). В качестве оценочных средств используются:

- различные виды устного и письменного контроля (выступление на семинаре, реферат, учебно-методический проект);
- индивидуальные и/или групповые домашние задания, творческие работы, проекты и т.д.;
- отчет по практической работе.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Формой промежуточного контроля является анализ и обсуждение представленных разработок, собеседование и качественная оценка хода выполнения индивидуальных заданий по дисциплине, публичные доклады по выбранным темам.

Перечень вопросов для организации промежуточного контроля:

1. Анализ начал термодинамики с точки зрения эволюции сложных систем.
2. Теорема о минимальном производстве энтропии.
3. Устойчивость по Лагранжу, Пуассону и Ляпунову.
4. Классификация особых точек нелинейных дифференциальных уравнений.
5. Типы аттракторов и основные типы бифуркаций.
6. Отображение Пуанкаре.
7. Понятия эргодичности и перемешивания.
8. Хаос Фейгенбаума. Универсальность Фейгенбаума.
9. Переход к хаосу через перемежаемость.
10. Показатели Ляпунова и энтропия Колмогорова-Синяя.
11. Фрактальные структуры и скейлинг.
12. Фрактальные размерности.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с

ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических—при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

5.1 Основная литература:

1. Бахвалов, Н.С. Численные методы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 639 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70767>. — Загл. с экрана.
2. Александров, А.Ю. Сборник задач и упражнений по теории устойчивости [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Ю. Александров, Е.Б. Александрова, А.В. Екимов, Н.В. Смирнов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 160 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71702>. — Загл. с экрана.
3. Бахвалов, Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков ; под ред. Садовниченко В.А.. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 243 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70743>. — Загл. с экрана.

5.2 Дополнительная литература:

1. Ибрагимов, Н.Х. Практический курс дифференциальных уравнений и математического моделирования. Классические и новые методы. Нелинейные математические модели. Симметрия и принципы инвариантности [Электронный ресурс] : учебник / Н.Х. Ибрагимов ; пер. с англ. Емельяновой И.С.. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2012. — 332 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59600>. — Загл. с экрана.
2. Аносов, Д.В. Дифференциальные уравнения: то решаем, то рисуем [Электронный ресурс] : учебник / Д.В. Аносов. — Электрон. дан. — Москва : МЦНМО, 2010. — 200 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/9281>. — Загл. с экрана.
3. Сабитов, К.Б. Уравнения математической физики [Электронный ресурс] : учебник / К.Б. Сабитов. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2013. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59660>. — Загл. с экрана.
4. Треногин, В.А. Уравнения в частных производных [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Треногин, И.С. Недосекина. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2013. — 228 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59744>. — Загл. с экрана.

5.3. Периодические издания:

1. Журнал «Математическое моделирование»

2. Журнал «Журнал вычислительной математики и математической физики»
3. Журнал «Вычислительные методы и программирование»
4. Журнал «Фундаментальная и прикладная математика»

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Научная электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) <http://www.elibrary.ru/>
2. Доступ к базам данных компании EBSCO Publishing, насчитывающим более 7 тыс. названий журналов, более 3,5 тыс. рецензируемых журналов, более 2 тыс. брошюр, 500 книг, 500 журналов и газет на русском языке. <http://search.ebscohost.com/>
3. Базы данных Американского института физики American Institute of Physics (AIP) <http://scitation.aip.org>
4. Электронный доступ к авторефератам <http://vak.ed.gov.ru/search/>
<http://vak.ed.gov.ru/announcements/techn/581/>
5. Электронная библиотека диссертаций Российской Государственной Библиотеки (РГБ) <http://diss.rsl.ru/>
6. Бесплатная специализированная поисковая система Scirus для поиска научной информации <http://www.scirus.com>
7. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru/window>
8. Библиотека электронных учебников <http://www.book-ua.org/>
9. РУБРИКОН – информационно-энциклопедический проект компании «Русс портал» <http://www.rubricon.com/>.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Для успешного усвоения теоретического материала, необходимо изучение лекции и рекомендуемой литературы из пункта 5.

Лекционные занятия проводятся по основным разделам дисциплины, описанные в пункте 2.3.1. Они дополняются практическими занятиями, в ходе которых студенты готовят индивидуальные проекты. Самостоятельная работа студентов состоит из подготовки материалов и литературы для успешного выполнения проекта.

Форма текущего контроля знаний – посещение лекционных занятий, работа студента на практических занятиях, подготовка реферативных докладов. Итоговая форма контроля знаний по дисциплине – зачет.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю). (при необходимости)

8.1 Перечень информационных технологий.

- Используются электронные презентации при проведении лекционных и практических занятий
- Проверка домашних заданий и консультирование может осуществляться посредством электронной почты

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

- Microsoft Office

8.3 Перечень информационных справочных систем:

Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru/>)

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, специально оборудованная мультимедийными демонстрационными комплексами, учебной мебелью
2.	Лабораторные занятия	Помещение для проведения лабораторных занятий оснащенное учебной мебелью, персональными компьютерами с доступом к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Помещение для проведения групповых (индивидуальных) консультаций, учебной мебелью, оснащенное презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук) и соответствующим программным обеспечением
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Помещение для проведения текущей и промежуточной аттестации, оснащенное учебной мебелью, персональными компьютерами с доступом к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета