

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

Кафедра математического
анализа и дифф.уравнений
(МАиДУ_ФМиИ)

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий ОП ВО

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Кафедра математического анализа
и дифф.уравнений
(МАиДУ_ФМиИ)

наименование кафедры

Фроленков И.В.

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ И МЕТОДЫ
ОПТИМИЗАЦИИ
ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ
НЕЛИНЕЙНЫХ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ
УРАВНЕНИЙ**

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01.03 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ
Теория и методы решения нелинейных
дифференциальных уравнений

Направление подготовки / 01.04.02 Прикладная математика и
специальность информатика Магистерская программа
01 04 02 01 Математическое моделирование

Направленность
(профиль)

Форма обучения очная

Год набора 2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования с учетом профессиональных стандартов по укрупненной группе

010000 «МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Магистерская программа 01.04.02.01 Математическое моделирование

Программу составили	<u>канд. физ.-мат. наук, доцент, Фроленков Игорь Владимирович</u>
------------------------	---

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Математические модели, содержащие нелинейные дифференциальные уравнения возникают при формализации различных процессов. На сегодняшний день нелинейные дифференциальные уравнения составляют важное самостоятельное направление исследований в области математической физики.

В курсе будут изучены методы исследования стационарных нелинейных операторных уравнений. Для изучения нестационарных дифференциальных уравнений предполагается изучение специальных функциональных пространств. В основе исследования нелинейных уравнений через операторные уравнения лежит метод монотонности. Также будет рассмотрен метод слабой аппроксимации, как один из современных методов решения не-линейных задач математической физики.

Отдельный блок посвящен изучению обратных задач, которые составляют важное самостоятельное направление исследований в области дифференциальных уравнений.

Таким образом, целью курса "Теория и методы решения нелинейных дифференциальных уравнений" является формирование у студентов ключевых компетенций на основании углубленного изучения современных методов решения нелинейных уравнений в частных производных.

1.2 Задачи изучения дисциплины

Основными задачами изучения дисциплины являются развитие у слушателей:

- собственного видения прикладного аспекта в строгих математических формулировках;
- навыков определения общих форм, закономерностей, инструментальных средств для групп дисциплин;
- навыков владения методами математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук;
- способностей к интенсивной научно-исследовательской и научно-изыскательской деятельности;
- навыков самостоятельного построения целостной картины дисциплины;
- возможностей преподавания физико-математических дисциплин в

высшей, средней школе и техникуме на основе полученного фундаментального образования и научного мировоззрения.

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

ПК-1:Способен разрабатывать и исследовать математические модели, методы и алгоритмы по тематике проводимых исследований
--

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Для успешного освоения дисциплины необходимы базовые знания следующих дисциплин

- Математический анализ
- Дифференциальные уравнения
- Уравнения математической физики / Уравнения в частных производных
- Функциональный анализ
- Методы вычислений

Данная дисциплина служит основной для приобретения навыков, необходимых для написания магистерской диссертации, а также для сдачи итогового междисциплинарного экзамена по специальности.

1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр	
		1	2
Общая трудоемкость дисциплины	4 (144)	1,5 (54)	2,5 (90)
Контактная работа с преподавателем:	2 (72)	1,06 (38)	0,94 (34)
занятия лекционного типа	1 (36)	0,53 (19)	0,47 (17)
занятия семинарского типа			
в том числе: семинары			
практические занятия	1 (36)	0,53 (19)	0,47 (17)
практикумы			
лабораторные работы			
другие виды контактной работы			
в том числе: групповые консультации			
индивидуальные консультации			
иная внеаудиторная контактная работа:			
групповые занятия			
индивидуальные занятия			
Самостоятельная работа обучающихся:	1 (36)	0,44 (16)	0,56 (20)
изучение теоретического курса (ТО)			
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)			
реферат, эссе (Р)			
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет	Нет
Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)	1 (36)		1 (36)

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Стационарные нелинейные операторные уравнения	6	7	0	4	
2	Функциональные пространства, используемые при изучении нестационарных задач	5	6	0	6	
3	Нестационарные нелинейные операторные уравнения. Метод монотонности	5	6	0	6	
4	Метод слабой аппроксимации	8	7	0	6	
5	Обратные задачи и методы их решения	12	10	0	14	
Всего		36	36	0	36	

3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в академических часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме

1	1	Коэрцитивные операторные уравнения. Лемма об «остром угле».	1	0	0
2	1	Разрешимость операторного уравнения вида $A(u)=h$, где оператор A является коэрцитивным и слабо компактным.	1	0	0
3	1	Разрешимость нелинейных уравнений с монотонным оператором.	1	0	0
4	1	Разрешимость нелинейных уравнений с полуограниченной вариацией.	1	0	0
5	1	Сильная сходимость галеркинских приближений.	1	0	0
6	1	Краевые задачи как операторные уравнения в банаховых пространствах	1	0	0
7	2	Понятие абстрактной функции, непрерывность и дифференцируемость абстрактной функции	1	0	0
8	2	Пространство $C_m(S,X)$ и его свойства. Аппроксимационная теорема Вейерштрасса.	1	0	0
9	2	Пространство $L_p(S,X)$ и его свойства	1	0	0
10	2	Теорема о представлении функционала	1	0	0
11	2	Некоторые специальные пространства с интегрируемыми производными	1	0	0

12	3	Нелинейные параболические уравнения с монотонным оператором. Постановки задач.	1	0	0
13	3	Свойства оператора: коэрцитивность, семинепрерывность, ограниченность в нестационарном случае. Примеры	1	0	0
14	3	Теоремы разрешимости нелинейных операторных уравнений.	1	0	0
15	3	Нелинейные параболические уравнения с полуограниченной вариацией.	1	0	0
16	3	Задачи с краевыми и начальными условиями как операторные дифференциальные уравнения в банаховых пространствах.	1	0	0
17	4	Примеры, приводящие к понятию метода слабой аппроксимации. Формулировка метода слабой аппроксимации.	1	0	0
18	4	Первая и вторая теоремы сходимости метода слабой аппроксимации.	1	0	0
19	4	Разрешимость задачи Коши для уравнения в частных производных	1	0	0
20	4	Задача Коши для уравнения Бюргера. Построение слабо аппроксимирующей задачи.	1	0	0
21	4	Теорема разрешимости задачи Коши для уравнения Бюргера.	1	0	0

22	4	Вопросы разрешимости уравнения типа нестационарной фильтрации.	1	0	0
23	4	Применение метода расщепления для исследования разрешимости задач для интегро-дифференциальных уравнений.	2	0	0
24	5	Введение в теорию обратных задач. Примеры. Обзор постановок обратных задач. Виды условий переопределения и их физический смысл.	4	0	0
25	5	Преобразование Фурье и его свойства. Методы сведения обратных задач к прямым задачам.	2	0	0
26	5	Обратная задача с неизвестной функцией источника. Постановка задачи. Переход к прямой задаче.	2	0	0
27	5	Теорема о разрешимости обратной задачи с неизвестной функцией источника.	2	0	0
28	5	Теоремы единственности решения обратных задач.	2	0	0
Итого			26	0	0

3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Понятие оператора, операторного уравнения	2	0	0
2	1	Свойства операторов	3	0	0

3	1	Построение галеркинских последовательностей, исследование их свойств	2	0	0
4	2	Определение и свойства простых функции, функции класса $(S \rightarrow X)$.	2	0	0
5	2	Понятие дифференцируемости функций класса $(S \rightarrow X)$, пространство $C_m(S, X)$.	2	0	0
6	2	Понятие измеримости и интегрируемости по Бохнеру функций класса $(S \rightarrow X)$, пространство $L_p(S, X)$.	2	0	0
7	3	Понятие и свойства нестационарных/эволюционных операторных уравнений	2	0	0
8	3	Свойства нестационарных операторов	2	0	0
9	3	Построение галеркинских последовательностей, исследование их свойств для эволюционных уравнений	2	0	0
10	4	Примеры, приводящие к понятию метода слабой аппроксимации.	1	0	0
11	4	Понятие слабой аппроксимации, примеры.	2	0	0
12	4	Расщепление простых дифференциальных уравнений первого порядка, построение решений, сходимости.	2	0	0
13	4	Примеры расщеплений дифференциальных уравнений второго порядка, линеаризация.	2	0	0
14	5	Линейная обратная задача с неизвестным коэффициентом при функции источника. Глобальная разрешимость.	2	0	0

15	5	Нелинейная обратная задача с неизвестным коэффициентом при младшем члене. Разрешимость в малом временном интервале.	2	0	0
16	5	Нелинейная обратная задача с неизвестным коэффициентом при производной по времени. Функция срезки.	2	0	0
17	5	Теорема единственности.	2	0	0
18	5	Ограниченность/стабилизация решения. Устойчивость.	2	0	0
Итого			26	0	0

3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Итого					

5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

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

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Белов Ю. Я., Кантор С. А.	Метод слабой аппроксимации: монография	Красноярск: Красноярский университет [КрасГУ], 1999
Л1.2	Сорокин Р. В., Фроленков И.В.	Теория и методы решения нелинейных дифференциальных уравнений: учеб.-метод. пособие для студентов спец. 010300.68, 010500.68	Красноярск: СФУ, 2012

Л1.3	Сорокин Р. В., Фроленков И. В.	Теория и методы решения нелинейных дифференциальных уравнений: учеб.-метод. пособие для студентов спец. 010300.68, 010500.68	Красноярск: СФУ, 2012
Л1.4	Белов Ю. Я., Сорокин Р. В., Фроленков И. В.	Аппроксимация и корректность краевых задач для дифференциальных уравнений: учебное пособие для студентов вузов по направлениям подготовки 010100 "Математика" и 010200 "Математика и компьютерные науки"	Красноярск: СФУ, 2012
Л1.5	Белов Ю. Я., Полынцева С. В., Сорокин Р. В., Фроленко И. В., Шипина Т. Н.	Теория и методы решения нелинейных дифференциальных уравнений: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины	Красноярск: ИПК СФУ, 2007
Л1.6	Белов Ю. Я., Сорокин Р. В., Фроленков И. В., Черепанова О. Н., Шипина Т. Н.	Неклассические и обратные краевые задачи: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины	Красноярск: СФУ, 2007
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Belov Y. Y.	Inverse Problems for Partial Differential Equations	Boston: VSP, 2002
Л2.2	Крылов Н. В.	Нелинейные эллиптические и параболические уравнения второго порядка: монография	Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы [Физматлит], 1985
Л2.3	Гаевский Х., Крегер К., Захариас К., Задорожний В. Г., Перов А. И., Соболев В. И.	Нелинейные операторные уравнения и операторные дифференциальные уравнения	Москва: Мир, 1978

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент осваивает дисциплину в течение двух семестров. В процессе освоения он посещает занятия лекционного и семинарского типа, принимает участие в эвристических беседах, научных дискуссиях, в обсуждениях результатов научных исследований, проводимых кафедрой МАиДУ по изучаемым темам.

Для самостоятельного изучения теоретического материала

используются учебники и учебные пособия, приведенные в списке литературы.

Студент должен выполнить в течение семестра набор задач для самостоятельного решения и ознакомиться с теоретическим материалом, который предназначен для самостоятельного изучения.

В каждом из приведенных разделов курса для самостоятельного изучения материала и закрепления информации, полученной на лекционных и семинарских занятиях, приведены определенные темы и задачи, а также указаны ссылки на рекомендуемую по данной теме литературу. Задания и темы приведены в порядке, соответствующем графику изучения дисциплины.

По окончании лекции или цикла лекций преподаватель сообщает номера тем и заданий, относящихся к разобранным темам.

Усвоение данного материала проверяется непосредственно на экзамене (в качестве дополнительных вопросов).

Итоговая оценка учитывает посещение занятий, деятельностное участие студента в работе на практических занятиях, результаты выполнения домашней самостоятельной работы.

На экзамен выносятся все темы, представленные в разделе 3. Экзамен может проводиться в устной или письменной форме.

В экзаменационном билете один теоретический вопрос случайным образом выбирается из Разделов 1-3, второй из Разделов 4-5.

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

Для лиц с нарушениями зрения:

– 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

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

9.1 Перечень необходимого программного обеспечения

9.1.1	Курс не требует обязательного использования специализированного программного обеспечения.
-------	---

9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

9.2.1	Информационно-справочные системы не обязательны.
-------	--

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

Методика проведения занятий допускает как использование технических средств (проекторы, интерактивные доски), так и классические аудиторные занятия, обеспечиваемые стандартными материально-техническими средствами.

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и занятий семинарского типа должны быть укомплектованные специализированной мебелью для занятий (столы и стулья) и техническими средствами обучения (меловые или маркерные доски, мел или маркер), могут иметь необходимые средства для обеспечения демонстрации компьютерных презентаций.

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, в зависимости от нозологий, осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.