

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

**СОГЛАСОВАНО**

**Заведующий кафедрой**

**Базовая кафедра  
математического моделирования  
и процессов управления**

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий ОП ВО

**УТВЕРЖДАЮ**

**Заведующий кафедрой**

**Базовая кафедра математического  
моделирования и процессов  
управления**

наименование кафедры

**В.К. Андреев**

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ И МЕТОДЫ  
ОПТИМИЗАЦИИ  
НЕЛИНЕЙНЫЙ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И  
ЕГО ПРИЛОЖЕНИЯ**

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01.02 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ  
Нелинейный функциональный анализ и его приложения

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

Красноярск 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 д.ф.-м.н., профессор, Андреев В.К.  
составили

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Поднять подготовку студентов магистратуры до уровня, сравнимого с аспирантами и соискателями степени PhD зарубежных вузов, тем самым заложить основы для подготовки элитных специалистов в области математики и механики. Показать и научить студентов магистратуры практическому применению абстрактных методов нелинейного функционального анализа.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

В процессе изучения дисциплины магистранты должны усвоить материал теории нелинейных операторов. Сюда включаются методы неподвижной точки, принцип Шаудера, метод Ньютона-Канторовича, глубокая теория Лере-Шаудера и ее приложения к теории бифуркации. Эти общие понятия и методы находят широкое применение при решении практических задач физики, механики, биологии, экологии и экономики.

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

<b>ПК-1:Способен разрабатывать и исследовать математические модели, методы и алгоритмы по тематике проводимых исследований</b>	
Уровень 1	основные приоритетные направления и критические технологии в научно исследовательской работе
Уровень 1	применять навыки самостоятельной научной работы и работы в научном коллективе
Уровень 1	навыками самостоятельной научной работы и работы в научном коллективе

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

### 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
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4 (144)</b>	<b>1,5 (54)</b>	<b>2,5 (90)</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>2 (72)</b>	<b>1,06 (38)</b>	<b>0,94 (34)</b>
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			
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1 (36)</b>	<b>0,44 (16)</b>	<b>0,56 (20)</b>
изучение теоретического курса (ТО)			
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)			
реферат, эссе (Р)			
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет	Нет
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>		<b>1 (36)</b>

### 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	Теоремы о неподвижных точках	10	10	0	10	ПК-1
2	Теория бифуркаций	9	9	0	6	ПК-1
3	Степень отображения	17	17	0	20	ПК-1
Всего		36	36	0	36	

#### 3.2 Занятия лекционного 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	Предварительные сведения. Цели и задачи курса. Обозначения. Основные понятия из линейного функционального анализа.	2	0	0

2	1	Теоремы о неподвижных точках. Примеры, принцип сжимающих отображений, его следствие. Устойчивость неподвижных точек. Примеры: перестройка уравнения, использование эквивалентных норм, теорема Каччополи, теорема Пикара.	2	0	0
3	1	Дифференцирование в нормированных пространствах. Сильная производная (Фреше) и ее свойства. Дифференциал Гато, формула конечных приращений. Теорема о неявной функции и ее следствие.	2	0	0
4	1	Метод Ньютона для нелинейных операторов. Последовательность Ньютона, теоремы о сходимости. Модифицированный метод Ньютона и его сходимость.	2	0	0
5	1	Вспомогательные утверждения: выпуклые множества, тела, оболочки, симплексы. Принцип Брауэра. Случай бесконечномерных пространств. Принцип Шаудера. Метод Лереша. Метод Шаудера. Примеры.	1	0	0

6	1	Многозначные отображения. Полунепрерывные сверху отображения. Теорема Какутани. Игра двух лиц с нулевой суммой. Функция выигрыша, теорема о минимаксе.	1	0	0
7	2	Монотонные операторы в частично упорядоченных банаховых пространствах. Примеры. Монотонные операторы в гильбертовом пространстве.	2	0	0
8	2	Введение в теорию ветвления (бифуркации). Общие сведения. Примеры. Бифуркационные диаграммы. Потеря устойчивости упругого стержня.	3	0	0
9	2	Ветвление решений систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Постановка задачи и вывод уравнения разветвления. Линеаризованная задача. Ветвление для уравнения 2-го порядка. Примеры, задачи.	4	0	0
10	3	Теория степени в конечномерном случае	5	0	0
11	3	Степень Лере-Шаудера	5	0	0
12	3	Теория бифуркаций в бесконечномерном пространстве	7	0	0
Итого			26	0	0

### 3.3 Занятия семинарского типа

				Объем в акад. часах	
--	--	--	--	---------------------	--

			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Предварительные сведения.	2	0	0
2	1	Теоремы о неподвижных точках.	2	0	0
3	1	Дифференцирование в нормиро-ванных пространствах	2	0	0
4	1	Метод Ньютона для нелинейных операторов	2	0	0
5	1	Принцип Шаудера. Теорема Какутани и ее приложения	2	0	0
6	2	Монотонные операторы	2	0	0
7	2	Введение в теорию ветвления (бифуркации)	3	0	0
8	2	Ветвление решений систем обыкновенных дифференциальных уравнений	4	0	0
9	3	Теория степени в конечномерном случае	5	0	0
10	3	Степень Лере-Шаудера	5	0	0
11	3	Теория бифуркаций в бесконечномерном пространстве	7	0	0
Всего			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
Всего					

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

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
--	---------------------	----------	-------------------



Л1.1	Андреев В.К	Нелинейный функциональный анализ: [учеб-метод. материалы к изучению дисциплины для ...01.04.01.01 Комплексный анализ, ]	Красноярск: СФУ, 2017
------	-------------	--	--------------------------

## 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	Андреев В. К.	Элементы нелинейного функционального анализа: учебное пособие	Красноярск: Красноярский университет [КрасГУ], 2002
Л1.2	Андреев В. К., Бекежанова В. Б., Андреева Н. М., Собачкина Н. Л.	Вопросы прикладного функционального анализа: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины	Красноярск: ИПК СФУ, 2007
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Канторович Л. В., Акилов Г. П.	Функциональный анализ	Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984
Л2.2	Хатсон В., Пим Дж.С., Кириллов А. А.	Приложения функционального анализа и теории операторов: пер. с англ.	Москва: Мир, 1983
6.3. Методические разработки			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Андреев В.К	Нелинейный функциональный анализ: [учеб-метод. материалы к изучению дисциплины для ...01.04.01.01 Комплексный анализ, ]	Красноярск: СФУ, 2017

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

Э1	УМО Нелинейный функциональный анализ	<a href="https://e.sfu-kras.ru/course/view.php?id=13431">https://e.sfu-kras.ru/course/view.php?id=13431</a>
----	--------------------------------------	---

## 8 Методические указания для обучающихся по освоению

## дисциплины (модуля)

Студент осваивает дисциплину в течение семестра. В процессе освоения он посещает занятия лекционного и семинарского типа, принимает участие в эвристических беседах, научных дискуссиях, в обсуждениях результатов научных исследований, проводимых базовой организацией – ИВМ СО РАН по изучаемым темам.

Для самостоятельного изучения теоретического материала используются учебники и учебные пособия, приведенные в списке литературы (п. 6). Общий объем самостоятельной работы по изучению теоретического материала и решению практических задач составляет 1,9 з.е. (70 час.): изучение теоретического материала – 1 з.е. (36 час.), решение задач – 0,5 з.е. (17 час.), выполнение заданий – 0,5 з.е. (17 час.).

Студент должен выполнить в течение семестра набор контрольных задач самостоятельной работы и расчетное задание по индивидуальному варианту. Комплект контрольных задач для самостоятельного решения формируется лектором, включает задачи по

13

теме учебного материала. Расчетное задание включает вопросы по теоретической части курса и типовые контрольные задания, предполагает предварительное обсуждение заданий и методов их решений.

Сроки выполнения заданий устанавливаются в соответствии с планом-графиком освоения дисциплины. Лектор оценивает корректность и своевременность представленных решений. Они могут явиться, с согласия студента, предметом общей дискуссии на занятиях семинарского типа.

В течение семестра проводится тестирование по теоретической части дисциплины и практическим вопросам модулей №№ 1-2. Тренинг дает возможность студенту самостоятельно оценить уровень освоения дисциплины, подготавливает его к контрольным испытаниям. По окончании обучения – зачет.

Итоговая оценка учитывает посещение лекций, деятельностное участие студента в работе на практических занятиях, результаты выполнения домашней самостоятельной работы и тестирования. Она рассчитывается накопительным итогом – суммируются все набранные баллы в течение семестра:

за аудиторную работу (посещение лекций) – максимум 10 баллов,  
за самостоятельную работу – максимум 50 баллов,  
оценка, полученная на зачете, – максимум 40 баллов.

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	Занятия лекционного типа проводятся в аудитории, оснащенной проекционным оборудованием, обеспечивающим показ компьютерных презентаций. Для успешного проведения лекционных занятий необходимо обеспечить показ презентаций в формате MS Power Point и Adobe Acrobat Reader.
-------	---

### **9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем**

9.2.1	Учебная и научная литература по курсу. Компьютерные демонстрации, связанные с программой курса, технические возможности для их просмотра. Наличие компьютерных программ общего назначения.
-------	--

## **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 аудиторские 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), 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.