

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 26.06.2023 14:24:40  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a980dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский университет дружбы народов»**

**Факультет физико-математических и естественных наук**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика программы аспирантуры)

**Кафедра прикладной информатики и теории вероятностей**

(наименование базового учебного подразделения (БУП)-разработчика программы аспирантуры)

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

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

(наименование дисциплины/модуля)

**Научная специальность:**

**1.2. Компьютерные науки и информатика**

(код и наименование научной специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации программы аспирантуры:**

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

(наименование программы аспирантуры)

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» является подготовка к сдаче кандидатских экзаменов, а также освоение компетенций (АК – академические компетенции, НК – научно-исследовательские компетенции).

**К основным задачам** изучения дисциплины относятся:

- изучение современных методов исследования классических моделей математической физики, в том числе метода конечных элементов,
- осмысление роли функционального анализа в исследовании этих моделей,
- овладение навыками решения краевых и начально-краевых задач с использованием специализированного программного обеспечения (ПО).

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» направлено на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов, а также освоение компетенций:

АК – академические компетенции:

АК-1 способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях

НК – научно-исследовательские компетенции:

НК-1 способность самостоятельно проводить научные исследования в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ, применять полученные результаты в научных исследованиях и других областях

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» составляет 4 зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения программы аспирантуры

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Курс				
		1	2	3	4	
Контактная работа, ак.ч.	60		60			
в том числе:						
Лекции (ЛК)	20	–	20	–	–	
Лабораторные работы (ЛР)	–	–	–	–	–	
Практические/семинарские занятия (СЗ)	40	–	40	–	–	
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	48	–	48	–	–	
Контроль (зачет с оценкой), ак.ч.	36	–	36	–	–	
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	144	–	144	–	–
	зач.ед.	4	–	4	–	–

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы
Раздел 1. Функциональный анализ	Тема 1.1. Гильбертовы пространства. Норма. Скалярное произведение. Линейные формы, теорема Рисса.	ЛК, СЗ
	Тема 1.2. Билинейные формы, теорема Лакса-Мильграма. Линейные операторы: ограниченные, самосопряженные, вполне непрерывные.	ЛК, СЗ
	Тема 1.3. Задача на собственные значения. Теорема о полноте системы собственных векторов самосопряженного вполне непрерывного оператора.	ЛК, СЗ
Раздел 2. Эллиптические уравнения	Тема 2.1. Краевые задачи для уравнения Пуассона. Физический смысл краевых условий. Пространства Соболева. Теоремы вложения. Слабая постановка третьей краевой задачи, теорема о существовании и единственности ее решения.	ЛК, СЗ
	Тема 2.2. Первая и вторая краевые задачи, условия разрешимости 2-ой краевой задачи.	ЛК, СЗ
	Тема 2.3. Метод конечных элементов. Кусочно-линейная аппроксимация в пространствах Соболева, оценки точности. Лемма Сеа. Обоснование сходимости метода решения 3-ей краевой задачи для уравнения Пуассона по методу конечных элементов.	ЛК, СЗ
Раздел 3. Параболические уравнения	Тема 3.1. Методы решения начально-краевых задач для уравнения теплопроводности. Сильная и обобщенная постановки начально-краевой задачи. Теоремы о существовании и единственности решения.	ЛК, СЗ
	Тема 3.2. Исследование начально-краевой задачи на отрезке. Метод конечных разностей. Схема Эйлера. Устойчивость.	ЛК, СЗ
Раздел 4. Гиперболические уравнения и задачи на собственные значения	Тема 4.1. Уравнение колебаний струны. Постановка начально-краевой задачи. Метод Фурье. Метод Даламбера.	ЛК, СЗ
	Тема 4.2. Собственные колебания мембраны. Сильная и обобщенная постановки задачи на собственные значения оператора Лапласа. Свойства собственных значений и собственных функций. Первое собственное значение круга, прямоугольника и равностороннего треугольника. Функции Бесселя нулевого порядка нулевого порядка. Старшие собственные значения круга,	ЛК, СЗ

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы
	прямоугольника и равносостороннего треугольника. Функции Бесселя. Приближенное отыскание младших собственных значений по методу конечных элементов.	
	Тема 4.3. Вынужденные колебания мембраны. Сильная и обобщенная постановка начально-краевой задачи для уравнения колебаний. Метод Фурье и теорема Стеклова. Возбуждение круглой мембраны щипком. Сведение начально-краевой задачи к начальной задаче для системы линейных дифференциальных уравнений по методу конечных элементов. Исследование начальной задачи по явной схеме Эйлера или путем разложения по собственным функциям (метод Фурье).	ЛК, СЗ

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Компьютер/ноутбук с доступом сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета, браузер, ПО для просмотра PDF, MS Teams.
Компьютерный класс	Компьютерный класс для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная персональными компьютерами (в количестве не менее 10 шт.), доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Компьютер/ноутбук с доступом сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета, браузер, ПО для просмотра PDF, офисный пакет MS Office или LibreOffice, MS Teams. ОС Linux, FreeFem++, TeXLive, Sagemath.
Для самостоятельной	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться	Компьютер/ноутбук с доступом сети Интернет и

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
работы обучающихся	для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	электронно-образовательной среде Университета, браузер, ПО для просмотра PDF, офисный пакет MS Office или LibreOffice, MS Teams. ОС Linux, FreeFem++, TeXLive , Sagemath.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### *Основная литература:*

1. Калиткин, Н.Н. Численные методы / Н.Н. Калиткин ; под ред. А.А. Самарского. - Москва : Наука, 1978. - 512 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456957>
2. Пименов, В.Г. Численные методы : учебное пособие : в 2 ч. / В.Г. Пименов, А.Б. Ложников ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Ю.А. Меленцова. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - Ч. 2. - 107 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7996-1342-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275819>, <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275819>
3. Уравнения математической физики [Текст] : Учебное пособие для студентов-иностранцев / Л.В. Бигуаа, Н.В. Маркова. - М. : Изд-во РУДН, 2019. - 90 с. : ил. - ISBN 978-5-209-09372-5 : 69.20.
4. Примеры и задачи по уравнениям математической физики [Текст/электронный ресурс] : Учебно-методическое пособие / А.В. Краснослободцев. - Электронные текстовые данные. - М. : Изд-во РУДН, 2019. - 88 с. - ISBN 978-5-209-09172-1 : 67.23.
5. Ефремов, Ю. С. Методы математической физики в пакете символьной математики maple : учебное пособие для академического бакалавриата / Ю. С. Ефремов, М. Д. Петропавловский. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 300 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-05278-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/415876>

### *Дополнительная литература:*

1. Лекции по функциональному анализу [Текст] / Ф. Рисс, Секефальви - Надь Бела; Пер. с франц. Д.А.Василькова; Под ред. С.В.Фомина; Ред.



- С.А.Теляковский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Мир, 1979. - 587 с. : ил. - 2.70. [ET 50].
2. Арсеньев А.А. Лекции по функциональному анализу для начинающих специалистов по математической физике. Изд. 2-е, испр. и доп. М., 2009, 2011. <http://window.edu.ru/resource/036/68036/files/arsen.pdf>
  3. Краевые задачи математической физики [Текст] : Учебное пособие / О.А. Ладыженская. - М. : Наука, 1973. - 407 с. : ил. - 0.84. [ET 8]
  4. Уравнения математической физики [Текст] : Учебное пособие для университетов / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. - 6-е изд., исправ. и доп. - М. : Изд-во МГУ, 1999. - 798 с. : ил. - ISBN 5-211-04138-0 : 70.00. [ET 2]. То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468275>
  5. Лекции по математической физике [Текст] : Учебник по физике / А.Г. Свешников, А.Н. Боголюбов, В.В. Кравцов; А.Г.Свешников, А.Н.Боголюбов, В.В.Кравцов. - М. : Изд-во МГУ, 1993. - 352 с. : ил. - ISBN 5-211-02073-1 : 17.00. [ET 1]
  6. Метод конечных элементов [Текст] / Ж. Деклу; Пер. с франц. Б.И.Квасова; Под ред. Н.Н.Яненко. - М. : Мир, 1976. - 95 с. - 0.28. [ET 2]
  7. Жуков М. Ю., Ширяева Е. В. Использование пакета конечных элементов FreeFem++ для задач гидродинамики, электрофореза и биологии. — Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2008. — 256 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=20414219>
  8. Hecht F. Freefem++ / Laboratoire Jacques-Louis Lions, Université Pierre et Marie Curie. — 3-е изд. — Paris, 2018. — URL: [www.freefem.org](http://www.freefem.org).
  9. Тухфатуллин, Б. А. Численные методы расчета строительных конструкций. Метод конечных элементов : учебное пособие для академического бакалавриата / Б. А. Тухфатуллин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 157 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-08899-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/442338>

*Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН <http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>
- Электронная библиотека РГБ <http://www.rsl.ru/>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)

2. Базы данных и поисковые системы:

- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>
- поисковая система Google <https://www.google.ru/>
- реферативная база данных SCOPUS

<http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

- ТУИС <http://esystem.pfur.ru>
- Общероссийский математический портал [mathnet.ru](http://mathnet.ru)
- NIST Цифровая энциклопедия математических функций (<https://dlmf.nist.gov>)

Облачные сервисы:

- CoCalc (<https://cocalc.com>) - веб-платформа для облачных вычислений и управления курсами для вычислительной математики, является частью проекта Sage, поддерживает редактирование рабочих листов Sage, документов LaTeX и блокнотов Jupyter, открывает доступ к экспериментам в консоли Linux (Ubuntu 18.04.2 LTS).
- ShareLaTeX (<https://ru.sharelatex.com>) - онлайн редактор LaTeX, не требует установки, поддерживает совместную работу в реальном времени.

*Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

*1. Практические задания по дисциплине «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»*

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система<sup>1</sup> оценки освоения дисциплины представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

### **РАЗРАБОТЧИКИ:**

доцент кафедры прикладной  
информатики и теории вероятностей

Должность, БУП



Подпись

М.Д. Малых

Фамилия И.О.

### **РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

Зав. кафедрой прикладной  
информатики и теории вероятностей

Наименование БУП



Подпись

К.Е. Самуйлов

Фамилия И.О.

<sup>1</sup> - Ом и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.