Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 11.06.2025 12:31:22
Уникальный программный ключ:
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ А.Г. Балашов
«01» 04 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы исследования нелинейных задач»

02.03.01 «Математика и компьютерные науки»
Направленность (профиль) – «Компьютерная математика и анализ данных»

Москва 2024

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании компетенции **ПК-1** «Способен применять знание физико-математических дисциплин для исследования и построения моделей в естественно-научных и инженерных приложениях», сформулированной в результате анализа требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда, а также консультаций с ведущими работодателями.

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-1.МИНЗ. Способен использовать основные численные и аналитические методы для исследования существенно нелинейных задач.	Математическое моделирование процессов и объектов, применение математических моделей и методов, аналитических и научных пакетов прикладных программ при решении исследовательских и проектных задач	***Знает*** классические нелинейные модели, основные подходы к их изучению. ***Умеет*** применять численные и аналитические методы для исследования нелинейных задач, осуществлять проверку адекватности результатов. ***Имеет опыт*** исследования решений нелинейных систем дифференциальных уравнений, моделирующих естественнонаучные процессы

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине: предполагается, что слушатели обладают базовыми знаниями и умениям в области математического анализа, линейной алгебры, дифференциальных уравнений и численных методов, умеют работать в среде MATLAB/Python.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
3	6	4	144	32	16	16	80	ЗаО

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Методы исследования систем нелинейных алгебраических уравнений	14	6	8	32	Контрольная работа № 1 Защита лабораторных работ № 1-3 Контроль выполнения текущих домашних заданий
2. Методы исследования систем нелинейных дифференциальных уравнений	18	10	8	48	Защита лабораторных работ № 4-7 Контроль выполнения текущих домашних заданий Защита расчетно-графической работы

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Линейные и нелинейные задачи, обзор. Примеры.
	2	2	Численное нахождение корней нелинейных алгебраических уравнений и решений систем нелинейных уравнений. Диаграммы Ламерея. Сжимающие отображения. Метод Ньютона.
	3	2	Уравнения, зависящие от параметра. Продолжение по параметру и простейшие бифуркации.
	4	2	Асимптотические ряды и их свойства. Примеры.
	5	2	Действия с асимптотическими рядами. Асимптотический ряд для преобразования Лапласа при больших значениях аргумента.
	6	2	Регулярные и сингулярные асимптотические разложения. Примеры.
	7	2	Метод диаграмм Ньютона.
2	8	2	Автономные дифференциальные уравнения первого порядка. Геометрическая интерпретация. Состояния равновесия и их простейшие бифуркации.

	9	2	Системы автономных уравнений второго порядка. Фазовая плоскость. Состояния равновесия. Линеаризация. Теорема Гробмана-Хартмана.
	10	2	Первые интегралы систем автономных уравнений второго порядка. Гамильтоновы системы и их свойства.
	11	2	Преобразование областей под действием фазового потока. Теорема Пуанкаре-Бендиксона.
	12	2	Исследование колебаний малой амплитуды. Секулярные члены. Метод Пуанкаре-Линштедта.
	13	2	Метод многих масштабов. Уравнение Ван-дер-Поля.
	14	2	Нелинейные задачи на собственные значения. Теория ветвления решений дифференциальных уравнений.
	15	2	Сложное поведение решений нелинейных систем порядка, большего двух. Система Лоренца и аттрактор Лоренца.
	16	2	Обзорная лекция.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	2	Локализация и нахождение корней нелинейных алгебраических уравнений и решений систем нелинейных уравнений. Итерационные процессы и диаграммы Ламерея.
	2	2	Простейшие типы бифуркаций решений систем алгебраических нелинейных уравнений.
	3	2	Асимптотические разложения решений систем нелинейных алгебраических уравнений. Метод диаграмм Ньютона.
	4	2	Контрольная работа №1.
2	5	2	Состояния равновесия автономных дифференциальных уравнений1-го порядка.
	6	2	Построение фазовых портретов автономных систем 2-го порядка.
	7	2	Построение асимптотических разложений решений дифференциальных уравнений.
	8	2	Прием расчетно-графической работы

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	2	Исследование средствами MATLAB/Python системы двух нелинейных алгебраических уравнений с двумя неизвестными.
	2	2	Продолжение по параметру и бифуркация седло-узел.
	3	2	Асимптотическое представление для преобразования Лапласа.
2	4	2	Нахождение решений нелинейной краевой задачи методом продолжения по параметру.
	5	2	Численное построение фазового портрета для системы второго порядка.
	6	2	Нахождение решений нелинейной краевой задачи методом «стрельбы».
	7	2	Сложная динамика в системах порядка, большего двух.
	8	2	Резервное занятие, прием «долгов»

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	6	Выполнение текущих домашних работ по темам практических занятий.
	6	Подготовка к контрольной работе №1 по темам лекций 1 - 4 и практических занятий 1 – 9.
	6	Подготовка к лабораторным работам № 1-3
	14	Выполнение индивидуальных заданий в рамках лабораторных работ 1-3
2	12	Выполнение текущих домашних работ по темам практических занятий.
	6	Подготовка к лабораторным работам № 4-7
	14	Выполнение индивидуальных заданий в рамках лабораторных работ 4-7
	16	Выполнение и подготовка к защите расчетно-графической работы

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL: http://orioks.miet.ru).

Общее

- ✓ Методические указания студентам по изучению дисциплины

Модуль 1 «Методы исследования систем нелинейных алгебраических уравнений»

- ✓ Теоретический материал по темам лекций модуля 1
- ✓ Материалы для подготовки к лабораторным работам (включают работы 1-3).

Модуль 2 «Методы исследования систем нелинейных дифференциальных уравнений»

- ✓ Теоретический материал по темам лекций модуля 2
- ✓ Материалы для подготовки к лабораторным работам (включают работы 4-7).
- ✓ Методические указания к выполнению расчетно-графической работы

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Алфимов Г.Л. Введение в асимптотический анализ. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2017. – 192 с. - ISBN 978-5-4344-0426-6
2. Алфимов Г.Л. Методы исследования нелиейных задач: лабораторный практикум. –М.: МИЭТ, 2016. - 48 с.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: https://e.lanbook.com (дата обращения: 15.03.2023). - Режим доступа: для авторизированных пользователей МИЭТ
2. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 -. - URL: https://www.elibrary.ru/defaultx.asp (дата обращения: 15.03.2023). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей
3. Math-Net.Ru: общероссийский математический портал: сайт. – Москва, Математический институт им. В. А. Стеклова РАН, 2020. – URL: http://www.mathnet.ru/ (дата обращения: 15.03.2023). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

4 Google Scholar: сайт. – URL: https://scholar.google.com (дата обращения: 05.09.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Используется традиционная технология обучения.

Лекции, практические занятия и лабораторные работы проводятся в аудиториях института по расписанию.

Практические занятия проходят в форме совместного решения задач. После каждого занятия задается домашняя работа (как правило состоящая из единого для всех студен-

тов набора типовых и нетиповых задач). На следующем занятии домашняя работа выборочно проверяется. Возникшие затруднения обсуждаются.

Лабораторные работы проводятся в компьютерном классе. Каждая лабораторная работа начинается с совместного обсуждения ее проблематики и методики выполнения типовых задач. Затем студенты приступают к самостоятельному выполнению индивидуальных заданий. В завершении нужно оформить отчет и защитить работу. Если студент не успевает выполнить всю работу в аудитории, он может закончить ее дома с обязательной последующей защитой во время консультации или на следующем лабораторном занятии.

Важным элементом обучения является выполнение расчетно-графической работы.

Примерная тематика расчетно-графических работ:

1 Для уравнения $u_{xx}+\varepsilon u_x^3+u=0$ исследовать асимптотическими методами решение с начальными данными $u(0)=1$, $u_x(0)=0$. Провести соответствующий численный счет при нескольких малых значениях ε и сравнить полученное асимптотическое решение с численным.

2. Исследовать малоамплитудные периодические решения для уравнения $u_{xx}+u-u^3=0$. Выписать асимптотическую зависимость амплитуды колебаний от их периода (достаточно найти первый ненулевой член необходимых разложений). Найти численно зависимость амплитуды от периода колебаний (не только малоамплитудных), сравнить численную и асимптотические зависимости.

3. Исследовать нелинейную задачу на собственные значения $u_{xx}-u+\lambda u e^{-u}=0$, с граничными условиями $u(0)=u(\pi)=0$. Выписать асимптотическую зависимость λ от амплитуды решения (ограничиться одной ветвью решений и первым ненулевым членом в каждом из необходимых разложений). Решить задачу численно, сравнить численное и аналитическое решения.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы (http://orioks.miet.ru).

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: разделы ОРИОКС «Домашние задания», «Новости», электронная почта, страница преподавателя в социальной сети «В контакте» (https://vk.com/galfimov)

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	**Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы**	**Перечень программного обеспечения**
Учебная аудитория	Учебная доска Мультимедийное оборудование (компьютер с ПО и возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронно-образовательную среду	Операционная систе- систе- ма Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Profe ssional Plus или Open Office, браузер (Fire-

	МИЭТ; телевизоры; акустическое оборудование (микрофон, звуковые колонки))	fox, Google Crome); Acrobat reader DC MATLAB/Python
Учебная аудитория	Учебная доска	ПО не требуется
Компьютерный класс	Системный блок Intel Core i5, монитор TFT 21,5" AOC i2269Vw	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC MATLAB/Python
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC MATLAB/Python

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ПК-1.МИНЗ. Способен использовать основные численные и аналитические методы для исследования существенно нелинейных задач.

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: http://orioks.miet.ru/.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Посещение лекций, практических занятий и лабораторных работ обязательно.

Дополнительной формой аудиторной работы являются консультации. Консультации проводятся лектором еженедельно, их посещать необязательно.

Задания лабораторных работ и расчетно-графическая работа содержат практико-ориентированные задания на опыт деятельности.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре, и активность в семестре. По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. При начислении баллов действуют следующие правила:

1) По каждому контрольному мероприятию установлено максимальное и минимальное засчитываемое число баллов (прописаны в Методических указаниях студентов по освоению дициплины).

2) Неявка на контрольную работу в установленные сроки приравнивается к неуспешной сдаче этих контрольных мероприятий.

3) Если студент не набрал минимальное число баллов по контрольной работе, он должен ее переписать. Переписывание первый раз производится без потери баллов, успешное переписывание со второй и более попыток оценивается минимальным числом баллов. Порядок переписывания контрольных работ устанавливается преподавателем.

4) Для сдачи пропущенных лабораторных работ оставляется резервный день (последнее занятие).

5) Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС URL: http://orioks.miet.ru/.

РАЗРАБОТЧИК:

Профессор каф. ВМ-1, д.ф.-м.н. _____ /Алфимов Г.Л./

Рабочая программа дисциплины «Методы исследования нелинейных задач» по направлению подготовки 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», направленность (профиль) «Компьютерная математика и анализ данных», разработана на кафедре ВМ-1 и утверждена на заседании кафедры 25.03 2024 года, протокол № 8

Заведующий кафедрой ВМ-1 _____/А.А. Прокофьев/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК _____/Никулина И.М./

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки _____/Филиппова Т.П./