

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1156732	Дифференциальные уравнения с дробными производными

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Современные проблемы математики	Код ОП 1. 01.04.01/33.01
Направление подготовки 1. Математика	Код направления и уровня подготовки 1. 01.04.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Гомоюнов Михаил Игоревич	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	вычислительной математики и компьютерных наук

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Дифференциальные уравнения с дробными производными

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль состоит из одноименной дисциплины и представляет собой введение в теорию дифференциальных уравнений с производными дробного порядка. Такие уравнения в настоящее время широко применяются для математического моделирования ряда сложных процессов и явлений в различных областях знаний. В рамках первой части курса приводится обзор различных подходов к определению производных дробного порядка Римана Лиувилля, Грюнвальда Летникова, Капуто и др. , излагаются основные свойства операторов дробного интегрирования и дифференцирования. Во второй части курса изучаются обыкновенные дифференциальные уравнения с дробными производными Капуто доказываются теоремы о существовании и единственности решения задачи Коши для таких уравнений, разбирается соответствующий метод Эйлера для приближенного построения решения. Материал курса иллюстрируется на примерах.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Дифференциальные уравнения с дробными производными	3
ИТОГО по модулю:		3

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Дифференциальные уравнения с	ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и	З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области

<p>дробными производными</p>	<p>прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков</p>	<p>деятельности и междисциплинарных направлениях</p> <p>У-1 - Выявлять и определять цели и пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности, опираясь на фундаментальные законы и принципы, с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>П-1 - Предлагать пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях, опираясь на фундаментальные законы и принципы с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p>
	<p>ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области</p> <p>У-1 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов, корректно интерпретировать их для формулирования заключений и выводов</p> <p>П-1 - Формулировать обоснованные заключения и выводы по результатам анализа научной литературы, собственных экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</p>
	<p>ПК-1 - Способен применять фундаментальные знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий</p>	<p>З-3 - Строго формулировать актуальные и значимые проблемы фундаментальной и прикладной математики</p> <p>У-1 - Строго доказывать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата</p>

		П-2 - Иметь практический опыт научно-исследовательской деятельности в математике и информатике
--	--	--

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Дифференциальные уравнения с дробными
производными

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Гомоюнов Михаил Игоревич	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Кафедра вычислительной математики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 4 от 17.04.2020 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Гомоюнов Михаил Игоревич, Доцент, вычислительной математики и компьютерных наук

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1.	Введение и основные определения	Очерк по истории развития дробного интегро-дифференциального исчисления. Мотивирующие примеры. Задача о таутохроне, уравнение Абеля и его решение. Определение дробных интеграла Римана – Лиувилля, производных Римана – Лиувилля, Капуто и Грюнвальда – Летникова на отрезке. Краткий обзор современных направлений исследований в области дробного интегро-дифференциального исчисления.
2.	Свойства оператора дробного интегрирования	Действие оператора дробного интегрирования Римана – Лиувилля порядка α в различных функциональных пространствах: пространства L_p при различных значениях p , пространства Гельдера H_λ при различных значениях λ , пространства L_p и H_λ со степенным весом. Линейность оператора дробного интегрирования. Полугрупповое свойство операторов дробного интегрирования. Монотонность дробного интеграла. Переход к пределу под знаком дробного интеграла. Функции, представимые в виде дробного интеграла от функций из L_p , и их свойства. Достаточные условия и критерии такой представимости. Дробные интегралы от некоторых элементарных функций.
3.	Свойства оператора дробного дифференцирования	Линейность оператора дробного дифференцирования. Формулы композиции операторов дробного интегрирования и дифференцирования. Формула для дробной производной липшицевой функции. Формула интегрирования по частям.

		Дробная производная произведения двух функций. Дробная производная суперпозиции двух функций. Связь дробных производных Римана – Лиувилля и Капуто. Разности дробного порядка и их свойства. Связь дробных производных Римана – Лиувилля и Грюнвальда – Летникова. Дробные производные некоторых элементарных функций. Функция Миттаг-Леффлера и ее свойства.
4.	Дифференциальные уравнения с дробными производными	Задача Коши для обыкновенного дифференциального уравнения с дробной производной Капуто. Связь с функционально-дифференциальными системами нейтрального типа. Эквивалентное интегральное уравнение. Лемма Беллмана – Гронуолла для интегралов дробного порядка. Теорема Лере – Шаудера о неподвижной точке. Теорема существования, единственности и продолжимости решений задачи Коши. Непрерывная зависимость решения задачи Коши по начальным данным. Примеры. Линейные однородные и неоднородные дифференциальные уравнения дробного порядка. Матрица Коши (фундаментальная матрица решений). Формула Коши. Линейные однородные дифференциальные уравнения дробного порядка с постоянными коэффициентами. Примеры. Обзор численных методов решения дифференциальных уравнений с дробными производными. Метод Эйлера, доказательство его сходимости. Примеры. Некоторые вопросы качественного поведения решений дифференциальных уравнений с дробными производными.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
			-	-

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дифференциальные уравнения с дробными производными

Электронные ресурсы (издания)

1. Риман, Б., Б., Гончаров, В. Л.; Сочинения; Гос. изд-во техн.-теорет. лит., Москва|Ленинград; 1948; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=117171> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Самко, С. Г.; Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения; Наука и техника, Минск; 1987 (1 экз.)

2. Учайкин, В. В.; Метод дробных производных; Артишок, Ульяновск; 2008 (1 экз.)

3. Псху, А. В., Солдатов, А. П.; Уравнения в частных производных дробного порядка; Наука, Москва;

2005 (1 экз.)

4. Нахушев, А. М.; Дробное исчисление и его применение; Физматлит, Москва; 2003 (2 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

База данных eBook Collections Springer Nature (<https://link.springer.com/>), книга K. Diethelm, The Analysis of Fractional Differential Equations, 2010.

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://www.edu.ru/> - Федеральный портал. Российское образование.

<http://study.urfu.ru> –портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ

<http://lib.urfu.ru> - Зональная научная библиотека ФГАОУ ВО УрФУ

<http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2320>- Списки рекомендованной литературы от ЗНБ

<http://biblioclub.ru> - портал-библиотека электронных книг

<http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=81> - заказ литературы из электронного каталога

<http://ustu.antiplagiat.ru/index.aspx> - Пакет «Антиплагиат.ВУЗ»

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дифференциальные уравнения с дробными производными

Сведения об оснащенности дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Matlab+Simulink Веб-браузер Google Chrome

		<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Matlab+Simulink</p> <p>Веб-браузер Google Chrome</p>