

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан механико-математического
факультета

Захаров А.М.

"13" декабря 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

**Спектральная теория дифференциальных и интегральных
операторов**

Направление подготовки магистратуры

01.04.02 Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки магистратуры

Математическая физика и современные компьютерные технологии


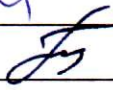

Квалификация (степень) выпускника

Магистр

Форма обучения

Очная

Саратов,
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Хромов А.П.		22.03.2021
Председатель НМК	Тышкевич С.В.		22.03.2021
Заведующий кафедрой	Дудов С.И.		22.03.2021
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Спектральная теория дифференциальных и интегральных операторов» являются:

- изучение свойств спектра дифференциальных и интегральных операторов;
- знакомство с методами определения полноты систем собственных функций дифференциальных и интегральных операторов;
- изучение условий сходимости разложений по собственным функциям дифференциальных и интегральных операторов;
- освоение методов теории возмущений дифференциальных и интегральных операторов.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Спектральная теория дифференциальных и интегральных операторов» относится к блоку 1 «Дисциплины (модули)» к части, формируемой участниками образовательных отношений Б1.В.О1 ООП магистратуры направления 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиля - Математическая физика и современные компьютерные технологии. На ее изучение отводится 72 часа (32 часа аудиторной работы, 3 часа КСР, 37 часов СРС). Согласно учебному плану направления и профиля подготовки данный курс во втором семестре заканчивается зачетом.

Для освоения дисциплины «Спектральная теория дифференциальных и интегральных операторов» необходимы базовые знания по следующим дисциплинам: «Функциональный анализ», «Спектральная теория линейных операторов», «Теория функций комплексного переменного».

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
ПК-7. Способен преподавать учебные курсы, дисциплины или проводить отдельные виды учебных занятий; разрабатывать под руководством специалиста более высокой квалификации учебно-методического обеспечения реализации учебных курсов, дисциплин или отдельных видов учебных занятий; Способен организовать научно-исследовательскую,	1.1_М.ПК-7. Обладает высоким уровнем знаний в специализированной области конкретной дисциплины, т.е. знаком с новейшими теориями, интерпретациями, методами и технологиями	Знать: – основные факты спектральной теории дифференциальных и интегральных операторов. Уметь: – самостоятельно проводить научные исследования конкретных операторов методами спектральной теории и получать новые научные и прикладные результаты. Владеть: – методами нахождения асимптотических формул для резольвент дифференциальных и интегральных операторов и методами получения асимптотических формул для собственных значений и собственных функций дифференциальных и интегральных операторов.
	2.1_М.ПК-7. Практически осмысливает и интерпретирует новейшие явления в теории и на практике; является достаточно компетентным в методах независимых	Знать: – результаты новейших научных достижений спектральной теории дифференциальных и интегральных операторов. Уметь: – анализировать результаты новейших достижений и на основе этого анализа формировать правильные выводы. Владеть: – навыками анализа новейших достижений и

<p>проектную, учебно-профессиональную и иную деятельность обучающихся по под руководством специалиста более высокой квалификации.</p>	<p>исследований, интерпретирует результаты на высоком уровне.</p>	<p>обобщения существующего опыта при исследовании конкретных задач спектральной теории.</p>
	<p>3.1_М.ПК-7. Вносит оригинальный, вклад в каноны дисциплины; демонстрировать оригинальность и творчество в том, что касается владения дисциплиной; обладает развитой компетенцией на профессиональном уровне. Использует педагогически обоснованные формы, методы, способы и приемы организации контроля и оценки освоения учебного курса, дисциплины, применяет современные оценочные средства.</p>	<p>Знать: – педагогически обоснованные формы и методы преподавания учебных курсов. Уметь: – самостоятельно или под руководством специалиста кафедры разрабатывать учебные курсы или отдельные виды учебных занятий по спектральной теории дифференциальных и интегральных операторов на высоком профессиональном и методическом уровне. Владеть: – основными навыками преподавательской деятельности с использованием современных оценочных средств.</p>

4. Структура и содержание дисциплины «Спектральная теория дифференциальных и интегральных операторов»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы или 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия		КСР	СРС	Контроль	
					Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка				
1.	Теория возмущения операторов в банаховом пространстве. Ряды Фурье по собственным и присоединенным элементам.	2	1-2	2	2			7		
2.	Аналог теории Фаге. Конечномерные возмущения	2	3-5	4	4		1	7		

	интегральных операторов.									
3.	Полнота собственных и присоединенных функций интегральных операторов.	2	6-9	4	4			8		
4.	Дифференциальные операторы с распадающимися краевыми условиями. Линейная эквивалентность вольтерровых операторов	2	10-12	4	4			7		Устный опрос, проверка решения практических задач
5.	Интегральные представления ядер резольвент вольтерровых операторов	2	12-16	2	2		2	8		Контрольная работа (16 неделя)
6.	Промежуточная аттестация	2		-	-		-	-	-	Зачет
7.	Общая трудоемкость дисциплины - 72 часа			16	16		3	37		

Содержание дисциплины

Раздел 1. Теория возмущения операторов в банаховом пространстве. Конечномерные возмущения операторов. Вольтерровы операторы. Формула для резольвенты конечномерного возмущения вольтеррова оператора в банаховом пространстве.

Раздел 2. Ряды Фурье по собственным и присоединенным элементам оператора. Собственные и присоединенные элементы оператора. Проекторы Рисса. Существование биортогональной системы линейных функционалов. Ряды Фурье по собственным и присоединенным элементам операторов. Формула остаточного члена.

Раздел 3. Аналог теории Фаге. Теория Фаге разложения аналитических функций. Базис Фаге. Операторно-аналитические функции. Теорема о разложении.

Раздел 4. Конечномерные возмущения интегральных операторов. Интегральные операторы Вольтера. Разложение функций по собственным и присоединенным функциям интегральных операторов. Асимптотика ядра резольвенты конечномерного возмущения интегральных операторов. Теорема о разложении для интегральных операторов.

Раздел 5. Полнота собственных и присоединенных функций интегральных операторов. Полнота собственных и присоединенных функций вольтерровых операторов. Порождающие функции вольтерровых операторов и их связь с полнотой системы собственных функций. Теорема о порождающих функциях вольтеррова оператора. Пример интегрального оператора Вольтера с неполной системой собственных функций.

Раздел 6. Дифференциальные операторы с распадающимися краевыми условиями. Ядро резольвенты оператора n -кратного дифференцирования. Спектр оператора n -кратного дифференцирования с распадающимися краевыми условиями. Необходимые и достаточные условия сходимости рядов по собственным и присоединенным функциям дифференциальных операторов. Теорема о разложении по собственным и присоединенным функциям дифференциальных операторов. Полнота систем собственных функций дифференциальных операторов.

Раздел 7. Линейная эквивалентность вольтерровых операторов. Порождающие функции оператора n -кратного интегрирования. Линейная эквивалентность оператору n -кратного интегрирования. Линейная эквивалентность для операторов с ядрами, зависящими от разности аргументов. Операторы преобразования для дифференциальных уравнений с аналитическими коэффициентами. Метод Фаге представления оператора преобразования. Метод Хачатряна исследования оператора преобразования.

Раздел 8. Интегральные представления ядер резольвент вольтерровых операторов. Формула для оператора преобразования решения интегро-дифференциального уравнения. Необходимые и достаточные условия разложения функций по собственным функциям одномерного возмущения вольтеррова оператора. Усиление результата Леонтьева о разложении аналитических функций в ряд Дирихле.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

При проведении лекционных и практических занятий предусматривается использование информационных технологий, включающих пакеты стандартных статистических программ: Statistica, SPSS и др. Использование информационных технологий осуществляется, в частности, в процессе реализации активных и интерактивных форм проведения занятий.

При чтении лекций в качестве материала, иллюстрирующего возможности математического моделирования в различных ситуациях, активно используются примеры из практики обработки данных в процессе исследований в предметной области. Информационные и интерактивные технологии используются при обсуждении проблемных и неоднозначных вопросов, требующих выработки решения в ситуации неопределенности.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 30 % аудиторных занятий.

Особенности проведения занятий для граждан с ОВЗ и инвалидов

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуализации обучения, применение соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации учебного процесса и контроля знаний:

- для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости студентам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию студентов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации учебного процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все студенты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

При необходимости, для подготовки к ответу на практическом занятии, студентам с инвалидностью и студентам с ограниченными возможностями здоровья среднее время увеличивается в 1,5–2 раза по сравнению со средним временем подготовки обычного студента.

Для студентов с инвалидностью или с ограниченными возможностями здоровья форма промежуточной аттестации устанавливается с учетом индивидуальных

психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). Промежуточная аттестация по дисциплине может проводиться в несколько этапов в форме рубежного контроля по завершению изучения отдельных тем дисциплины.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

К самостоятельной работе относятся:

- самостоятельная работа на аудиторных занятиях (лекциях, семинарах, коллоквиумах, практических занятиях);
- внеаудиторная самостоятельная работа.

В процессе обучения предусмотрены следующие виды самостоятельной работы обучающегося:

- работа с конспектами лекций;
- проработка пройденных лекционных материалов по конспекту лекций, учебникам и пособиям в соответствии с вопросами, предложенными преподавателем;
- написание рефератов по отдельным разделам;
- проработка дополнительных тем, не вошедших в лекции, но обязательных согласно учебной программе модуля;
- самостоятельное решение сформулированных задач по основным разделам курса;
- подготовка к практическим и семинарским занятиям;
- изучение обязательной и дополнительной литературы;
- подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний;
- выполнение контрольных работ;
- электронный поиск информации

При освоении дисциплины могут быть использованы следующие формы контроля самостоятельной работы:

- устный опрос;
- доклад;
- реферат;
- контрольная работа;
- другие по выбору преподавателя.

Самостоятельная работа студентов проводится с использованием конспектов лекций, материалов практических занятий, а также литературы, указанной в разделе 8.

Самостоятельная работа студентов обеспечивается регулярным проведением консультаций, домашних заданий и проведением контрольных работ.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов проводится в форме изучения и анализа лекционного материала, изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе, подбора дополнительных источников для извлечения научно-технической информации, связанной с проблемами, изучаемыми в рамках данной дисциплины и решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях, подготовки к промежуточной аттестации.

Самостоятельная аудиторная работа студентов проводится в форме самостоятельного решения задач на практических занятиях с дальнейшим их разбором и обсуждением; проведения контрольной работы; поиска решений проблемных ситуаций, предложенных на лекциях и практических занятиях; поиска и устранения ошибок, заложенных в представлении материала преподавателем и допущенных другими студентами.

Текущий контроль усвоения дисциплины «Спектральная теория дифференциальных и интегральных операторов» проводится в форме устных опросов на лекционных и практических занятиях, разбора и обсуждения решаемых задач на практических занятиях, контрольной работе (контрольных вопросов). Примерные варианты контрольной работы (контрольных вопросов) содержатся в фонде оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Спектральная теория дифференциальных и интегральных операторов» проводится в форме зачета.

План самостоятельной работы

1. Теория возмущения операторов в банаховом пространстве.
2. Ряды Фурье по собственным и присоединенным элементам оператора.
3. Теория Фаге разложения аналитических функций и ее аналог для операторно-аналитических функций.
4. Конечномерные возмущения интегральных операторов.
5. Интегральные операторы Вольтерра с неполной системой собственных функций.
6. Метод Хачатряна исследования оператора преобразования.
7. Применение спектральной теории интегральных операторов к задаче разложения аналитических функций в ряды Дирихле.
8. Асимптотика функций Митаг-Лефлера.
9. Асимптотика ядра резольвенты оператора Вольтера дробного интегрирования.

Примеры типовых задач для контрольных работ

1. Являются ли краевые условия $y(0)=0$; $y(1)=0$ регулярными для оператора $L(y)=y''(x)$ в пространстве $L_2[0,1]$?
2. Проверить нерегулярность краевых условий $y(0)=y'(0)=y(1)=0$ для оператора $L(y)=y'''(x)$ в пространстве $L_2[0,1]$?

Промежуточная аттестация осуществляется в виде зачетов по следующим контрольным вопросам:

1. Конечномерные возмущения операторов.
2. Вольтерровы операторы.
3. Вольтерровы операторы.
4. Формула для резольвенты конечномерного возмущения вольтеррова оператора в банаховом пространстве.
5. Собственные и присоединенные элементы оператора.
6. Проекторы Рисса.
7. Существование биортогональной системы линейных функционалов.
8. Ряды Фурье по собственным и присоединенным элементам операторов.
9. Формула остаточного члена.
10. Теория Фаге разложения аналитических функций.
11. Базис Фаге.
12. Операторно-аналитические функции.
13. Теорема о разложении.
14. Интегральные операторы Вольтера.
15. Разложение функций по собственным и присоединенным функциям интегральных операторов.
16. Асимптотика ядра резольвенты конечномерного возмущения интегральных операторов.
17. Теорема о разложении для интегральных операторов. Полнота собственных и присоединенных функций вольтерровых операторов.
18. Порождающие функции вольтерровых операторов и их связь с полнотой системы собственных функций.
19. Теорема о порождающих функциях вольтеррова оператора.
20. Пример интегрального оператора Вольтера с неполной системой собственных функций. Ядро резольвенты оператора n -кратного дифференцирования.
21. Спектр оператора n -кратного дифференцирования с распадающимися краевыми условиями.

22. Необходимые и достаточные условия сходимости рядов по собственным и присоединенным функциям дифференциальных операторов. Теорема о разложении по собственным и присоединенным функциям дифференциальных операторов.
23. Полнота систем собственных функций дифференциальных операторов.
24. Порождающие функции оператора n-кратного интегрирования.
25. Линейная эквивалентность оператору n-кратного интегрирования.
26. Линейная эквивалентность для операторов с ядрами, зависящими от разности аргументов.
27. Операторы преобразования для дифференциальных уравнений с аналитическими коэффициентами.
28. Метод Фаге представления оператора преобразования.
29. Метод Хачатряна исследования оператора преобразования.
30. Формула для оператора преобразования решения интегро-дифференциального уравнения.
31. Необходимые и достаточные условия разложения функций по собственным функциям одномерного возмущения вольтеррова оператора.
32. Усиление результата Леонтьева о разложении аналитических функций в ряд Дирихле.

Программа практических занятий

1. Примеры вольтерровых операторов в различных пространствах.
2. Нахождение формул для резольвент конечномерных возмущений конкретных операторов.
3. Ряды Фурье по собственным и присоединенным элементам оператора.
4. Применение теории Фаге к различным функциям.
5. Примеры операторно-аналитических функций.
6. Выписывание асимптотики ядра резольвенты конечномерных возмущений оператора интегрирования.
7. Проверка условий теоремы о разложении для различных интегральных операторов.
8. Нахождение порождающих функций вольтерровых операторов.
9. Примеры интегральных операторов Вольтера с неполной системой собственных функций.
10. Проверка краевых условий дифференциальных операторов на регулярность.
11. Нахождение спектра оператора n-кратного дифференцирования с различными краевыми условиями
12. Исследование полноты систем собственных функций дифференциальных операторов.
13. Проверка линейной эквивалентности интегральных операторов.
14. Нахождение порождающих функций оператора n-кратного интегрирования.
15. Примеры операторов преобразования для дифференциальных уравнений.
16. Проверка условий разложения функций по собственным функциям одномерного возмущения вольтеррова оператора.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

2 семестр

номер семестра

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции и	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
2	10	0	20	15	0	15	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

2 семестр

Лекции

Посещаемость, опрос, активность за один семестр – от 0 до 10 баллов.

Критерии оценки:

- не более 50% от числа занятий в семестре – 0 баллов,
- от 51% до 60% – 2 балла;
- от 61% до 70% – 4 балла;
- от 71% до 85% – 6 баллов;
- от 86% до 99% – 8 баллов;
- 100% занятий – 10 баллов.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены

Практические занятия

Посещаемость, активность; количество баллов (за один семестр) – от 0 до 20.

Критерий оценки:

при освоении студентом практической части каждого раздела дисциплины на «отлично» – 20 баллов, «хорошо» – 15 баллов, «удовлетворительно» – 10 баллов; «неудовлетворительно» – 0 баллов.

Самостоятельная работа

Контрольная работа (контрольные вопросы) – от 0 до 15 баллов.

Критерий оценки:

- при полностью правильном и своевременном выполнении студентом контрольной работы – 15 баллов;
- при частично правильном выполнении (правильно выполненной контрольной работы – не менее 70%) – 10 баллов;
- при частично правильном выполнении (правильно выполненной контрольной работы менее 50%) – 8 баллов;
- в остальных случаях – 0 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрена

Другие виды учебной деятельности

Доклад на семинаре - от 0 до 15 баллов.

Критерии оценки:

- не более 50% от числа лекций в семестре – 0 баллов,
- от 51% до 60% – 2 балла;
- от 61% до 70% – 4 балла;
- от 71% до 85% – 7 баллов;
- от 86% до 99% – 10 баллов;
- 100% полный доклад на семинаре – 15 баллов.

Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации в семестре – зачет; количество баллов – от 0 до 40.

Зачет проводится в устной форме в виде ответов на вопросы билета и два дополнительных вопроса из перечня вопросов к промежуточной аттестации. Билет содержит три вопроса из перечня вопросов к промежуточной аттестации.

Критерий оценки ответа на каждый вопрос при проведении промежуточной аттестации:

- на вопрос дан правильный, полный, развернутый ответ (допускаются незначительные погрешности) – 9-10 баллов;
- на вопрос дан правильный, но неполный ответ (например, при доказательстве теоремы, изложении метода отсутствуют отдельные логические шаги; допущена ошибка при вычислении; имеются другие неточности) – 6-8 баллов;
- на вопрос дан краткий ответ, содержащий только верно сформулированные факты (допускаются незначительные погрешности) – 5 баллов;
- в остальных случаях – 0 баллов.

Ранжирование оценок промежуточной аттестации:

21-40 баллов – ответ на «зачтено»

0-20 баллов – ответ на «не зачтено»

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за один семестр по дисциплине «Спектральная теория дифференциальных и интегральных операторов» составляет 100 баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Спектральная теория дифференциальных и интегральных операторов» в оценку (зачет):

50-100 баллов	Зачтено
0-49 баллов	Не зачтено

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) литература:

1. Хромов, А.П. Проекторы Рисса и ряды Фурье по собственным функциям [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов механико-математического факультета и аспирантов физико-математических специальностей / А. П. Хромов, В. А. Халова ; Саратов. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. - Саратов : [б. и.], 2009. - 28 с. : ил. - Библиогр.: с. 25 (3 назв.). - ISBN 978-5-292-03945-7 : Б. ц. http://elibrary.sgu.ru/uch_lit/1069.pdf

2. Вопросы сходимости разложений по собственным функциям интегральных операторов [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов механико-математического факультета и аспирантов физико-математических специальностей / А. В. Голубь [и др.]. - Саратов : [б. и.], 2014. - 60 с. : ил. - Библиогр.: с. 58-59 (20 назв.). - ISBN 978-1-312-22341-7 : Б. ц. http://elibrary.sgu.ru/uch_lit/1068.pdf

3. Хромов А.П. Конечномерные возмущения вольтерровых операторов [Электронный ресурс] / А. П. Хромов // Современная математика. Фундаментальные направления. – М., 2004. – Т. 10. – С. 3-163.

<http://www.mathnet.ru/links/8dace75ad11af0d6d0f1c91a3bed2b35/cmfd5.pdf>

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Операционная система Windows 7, или более поздняя версия.
2. Microsoft Office Word.
3. Microsoft Office Excel.
4. Microsoft Office PowerPoint.
5. <http://library.sgu.ru>.
6. <http://lib.mexmat.ru>.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Спектральная теория дифференциальных и интегральных операторов»

Учебная аудитория с обязательным наличием специализированной доски, мела (маркера), проектора и пр., с возможностью размещения всех обучающихся.

Для проведения занятий по дисциплине «Спектральная теория дифференциальных и интегральных операторов», предусмотренной учебным планом ООП, имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

- мультимедийная лекционная аудитория, оснащенная мультимедийными проекторами, маркерными досками для демонстрации учебного материала;
- специализированные классы, предназначенные для проведения практических занятий;
- библиотечный фонд, укомплектованный печатными изданиями, перечисленными в разделе 8 в необходимом количестве;
- электронная библиотека;
- специально оборудованные помещения для самостоятельной работы обучающихся с компьютерным оборудованием и доступом к сети Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», профилю «Математическая физика и современные компьютерные технологии».

Автор: д.ф.-м.н., профессор кафедры дифференциальных уравнений и математической экономики А.П. Хромов.

Программа одобрена на заседании кафедры дифференциальных уравнений и математической экономики от 19 марта 2021 года, протокол № 15.