

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра фундаментальной математики

Авторы-составители: **Скачкова Елена Александровна
Гусаренко Сергей Алексеевич**

Рабочая программа дисциплины

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ
УРАВНЕНИЙ**

Код УМК 92258

Утверждено
Протокол №9
от «22» мая 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Дополнительные главы функционально-дифференциальных уравнений

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в базовую часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **02.04.01** Математика и компьютерные науки
направленность Математическое моделирование

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Дополнительные главы функционально-дифференциальных уравнений** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

02.04.01 Математика и компьютерные науки (направленность : Математическое моделирование)

ОПК.1 Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы прикладной и компьютерной математики

Индикаторы

ОПК.1.2 Выявляет и формулирует актуальные проблемы; обосновывает актуальность, теоретическую и практическую значимость

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	02.04.01 Математика и компьютерные науки (направленность: Математическое моделирование)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	5
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	48
Проведение лекционных занятий	24
Проведение практических занятий, семинаров	24
Самостоятельная работа (ак.час.)	96
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (5 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Дополнительные главы функционально-дифференциальных уравнений

Входной контроль

Входным контролем предусмотрена проверка знаний основных понятий теории обыкновенных дифференциальных уравнений, а также методов решения

Тема 1

Разрешимость линейных краевых задач для функционально-дифференциальных уравнений. Достаточные признаки разрешимости краевой задачи. Модельная задача. Метод определителей. Классический W -метод. Представление функции Грина.

Контрольное мероприятие 1

Письменное контрольное мероприятие. Проверяются знания, умения и навыки, полученные при изучении темы 1

Тема 2

Функционально-дифференциальные неравенства.

Связь линейных функционально-дифференциальных неравенств с знакоопределенностью функции Грина. Достаточные условия положительности и отрицательности функции Грина. Условия положительности функции Коши для уравнений первого порядка.

Тема 3

Разрешимость нелинейных краевых задач для функционально-дифференциальных уравнений.

Регуляризация нелинейных краевых задач к оператор-ному уравнению II рода. Применение методов неподвижных точек (теоремы Банаха, Шаудера, Биркгофа-Тарского) для доказательства разрешимости краевых задач. Достаточные условия разрешимости нелинейных краевых задач первого и второго порядков.

Тема 4

Устойчивость линейных функционально-дифференциальных уравнений.

Асимптотическая и экспоненциальная устойчивость линейных функционально-дифференциальных уравнений. Устойчивость уравнений по Ляпунову и по правой части. Критерий устойчивости для уравнений с постоянными коэффициентами и постоянным запаздыванием. Квазиполиномы. Метод D -разбиений. Связь между ограниченностью оператора Коши на полуоси и экспоненциальной устойчивостью.

Контрольное мероприятие 2

Письменное контрольное мероприятие. Проверяются знания, умения и навыки, полученные при изучении тем 2, 3 и 4

Итоговое контрольное мероприятие

Письменное контрольное мероприятие. Проверяются знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Гусаренко С. А. Функционально-дифференциальные уравнения. Элементы теории: учебно-методическое пособие/С. А. Гусаренко.-Пермь:Пермский государственный национальный исследовательский университет,2018, ISBN 978-5-7944-3106-3 <https://elis.psu.ru/node/508646>

Дополнительная:

1. Бравый Е. И. Разрешимость краевых задач для линейных функционально-дифференциальных уравнений/Е. И. Бравый.-Москва:Регулярная и хаотическая динамика,2011, ISBN 978-5-93972-891-1.-372.-Библиогр.: с. 339-348

2. Избранные труды Н. В. Азбелева.-Москва:Институт компьютерных исследований,2012, ISBN 978-5-4344-0050-3.-808.-Библиогр.: с. 718-736

3. Азбелев Н. В.,Култышев С. Ю.,Цалюк В. З. Функционально-дифференциальные уравнения и вариационные задачи:[монография]/Н. В. Азбелев, С. Ю. Култышев, В. З. Цалюк.-М.:Регуляр. и хаот. динамика,2006, ISBN 5-93972-448-5.-122.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

<http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным ресурсам

<http://www.mathnet.ru/> Общероссийский математический портал

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Дополнительные главы функционально-дифференциальных уравнений** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;
- офисный пакет приложений «LibreOffice».

Специализированное программное обеспечение не требуется.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными

компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Дополнительные главы функционально-дифференциальных уравнений**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.1

Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы прикладной и компьютерной математики

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.1.2 Выявляет и формулирует актуальные проблемы; обосновывает актуальность, теоретическую и практическую значимость</p>	<p>ЗНАТЬ: основные типы функционально-дифференциальных уравнений, их свойства и методы их исследований, основные понятия и утверждения теории функционально-дифференциальных уравнений в применении к задачам профессиональной деятельности; УМЕТЬ: применять методы теории функционально-дифференциальных уравнений в прикладных задачах, уметь строить и содержательно интерпретировать математические модели, самостоятельно приобретать новые знания; ВЛАДЕТЬ: основным понятийным аппаратом теории функционально-дифференциальных уравнений; навыками анализа полученных результатов, их проверки и интерпретации.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные типы функционально-дифференциальных уравнений, их свойства и методы их исследований, основные понятия и утверждения теории функционально-дифференциальных уравнений в применении к задачам профессиональной деятельности; Не умеет применять методы теории функционально-дифференциальных уравнений в прикладных задачах, уметь строить и содержательно интерпретировать математические модели, самостоятельно приобретать новые знания; Не владеет основным понятийным аппаратом теории функционально-дифференциальных уравнений; навыками анализа полученных результатов, их проверки и интерпретации.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Демонстрирует частично сформированные знания основных типов функционально-дифференциальных уравнений, их свойств и методов их исследований, основных понятий и утверждений теории функционально-дифференциальных уравнений в применении к задачам профессиональной деятельности; Демонстрирует частично сформированное умение применять методы теории функционально-дифференциальных уравнений в прикладных задачах, умение строить и содержательно интерпретировать математические модели, самостоятельно приобретать новые знания; Демонстрирует частично сформированные</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>навыки анализа полученных результатов, их проверки и интерпретации.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Демонстрирует сформированные, но содержащие пробелы знания основных типов функционально-дифференциальных уравнений, их свойств и методов их исследований, основных понятий и утверждений теории функционально-дифференциальных уравнений в применении к задачам профессиональной деятельности;</p> <p>Демонстрирует сформированное, но содержащее пробелы умение применять методы теории функционально-дифференциальных уравнений в прикладных задачах, умение строить и содержательно интерпретировать математические модели, самостоятельно приобретать новые знания;</p> <p>Демонстрирует сформированные, но содержащие пробелы навыки анализа полученных результатов, их проверки и интерпретации.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Демонстрирует сформированные знания основных типов функционально-дифференциальных уравнений, их свойств и методов их исследований, основных понятий и утверждений теории функционально-дифференциальных уравнений в применении к задачам профессиональной деятельности;</p> <p>Демонстрирует сформированное умение применять методы теории функционально-дифференциальных уравнений в прикладных задачах, умение строить и содержательно интерпретировать математические модели, самостоятельно приобретать новые знания;</p> <p>Демонстрирует сформированные навыки анализа полученных результатов, их проверки и интерпретации.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Входной контроль Входное тестирование	Входным контролем предусмотрена проверка знаний основных понятий теории обыкновенных дифференциальных уравнений, а также методов решения
ОПК.1.2 Выявляет и формулирует актуальные проблемы; обосновывает актуальность, теоретическую и практическую значимость	Контрольное мероприятие 1 Письменное контрольное мероприятие	Модельные краевые задачи для уравнений первого порядка. Достаточные признаки разрешимости линейных краевых задач для уравнений первого порядка. Модельные краевые задачи для уравнений второго порядка. Достаточные признаки разрешимости линейных краевых задач для уравнений второго порядка.
ОПК.1.2 Выявляет и формулирует актуальные проблемы; обосновывает актуальность, теоретическую и практическую значимость	Контрольное мероприятие 2 Письменное контрольное мероприятие	Достаточные условия знакоопределенности функций Коши и Грина. Достаточные условия разрешимости нелинейных краевых задач с помощью методов неподвижной точки. Метод D-разбиений для получения границ устойчивости некоторых классов функционально-дифференциальных уравнений

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.1.2 Выявляет и формулирует актуальные проблемы; обосновывает актуальность, теоретическую и практическую значимость	Итоговое контрольное мероприятие Итоговое контрольное мероприятие	Основные методы доказательства разрешимости линейных краевых задач для функционально-дифференциальных уравнений. Функционально-дифференциальных неравенствах и методы доказательств знакоопределенности функций Коши и Грина. Методы получения достаточных условий разрешимости нелинейных краевых задач с помощью теорем о неподвижных точках. Методы получения признаков устойчивости линейных функционально-дифференциальных уравнений.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Входной контроль

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Доказательство существования и единственности решения задачи Коши для уравнения первого порядка	10
Решение системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами	10
Решение линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами	10
Решение краевой задачи для линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами	10

Контрольное мероприятие 1

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Умеет получать достаточные признаки разрешимости линейных краевых задач для уравнений второго порядка.	12
Умеет получать достаточные признаки разрешимости линейных краевых задач для	8

уравнений первого порядка.	
Умеет строить модельную краевую задачу для уравнений второго порядка.	6
Умеет строить модельную краевую задачу для уравнений первого порядка.	4

Контрольное мероприятие 2

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Умеет получать достаточные условия знакоопределенности функций Коши и Грина.	10
Умеет использовать метод D-разбиений для получения границ устойчивости некоторых классов функционально-дифференциальных уравнений	10
Умеет получать достаточные условия разрешимости нелинейных краевых задач с помощью методов неподвижной точки.	10

Итоговое контрольное мероприятие

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Знает основные методы получения признаков устойчивости линейных функционально-дифференциальных уравнений.	10
Знает методы получения достаточных условий разрешимости нелинейных краевых задач с помощью теорем о неподвижных точках.	10
Имеет представление о функционально-дифференциальных неравенствах и медах доказательств знакоопределенности функций Коши и Грина.	10
Знает основные методы доказательства разрешимости линейных краевых задач для функционально-дифференциальных уравнений	10