

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
математического моделирования



М.Ш. Бурлуцкая

25.05.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.01.02 Корректные задачи для уравнений тепломассопереноса

- 1. Код и наименование направления подготовки:** 01.03.04 Прикладная математика
- 2. Профиль подготовки:** Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач
- 3. Квалификация выпускника:** Бакалавр
- 4. Форма обучения:** Очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**
Кафедра математического моделирования
- 6. Составитель программы:** Костин Владимир Алексеевич, д.ф.-м.н., профессор
- 7. Рекомендована:** Научно-методическим советом математического факультета, протокол № 0500-06 от 25.05.2023
- 8. Учебный год:** 2025/2026 **Семестр:** 5

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Цели освоения учебной дисциплины:

- обучение студентов основным методам решения уравнений математической физики и использованию их в качестве основного аппарата при математическом моделировании физических, биологических и других процессов.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение основных методов нахождения точных решений уравнений математической физики;
- изучение основных методов доказательства существования решений начально-краевых задач;
- ознакомление с приближенными методами решения указанных уравнений;
- обучение студентов применению уравнений математической физики для моделирования различного рода процессов и явлений.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина «Корректные задачи для уравнений теплопереноса» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1. Дисциплины (модули).

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих при решении инженерных и экономических задач	ПК-1.1	Обладает базовыми знаниями в области математических наук, программирования и информационных технологий	Знать: базовые знания в области математических наук, программирования и информационных технологий; Уметь: собирать, обрабатывать, анализировать результаты исследований, полученных при решении инженерных и экономических задач; Владеть: навыками практического опыта научно-исследовательской деятельности в математике и информатике.
		ПК-1.2	Умеет собирать, обрабатывать, анализировать результаты исследований, полученных при решении инженерных и экономических задач	
		ПК-1.3	Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в математике и информатике	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.

Форма промежуточной аттестации: зачет.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			5 семестр	
Контактная работа		34	34	
в том числе:	лекции	34	34	
	практические	0	0	

	лабораторные	0	0	
	курсовая работа			
	контрольные работы			
Самостоятельная работа		38	38	
Промежуточная аттестация				
Итого:		72	72	

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Корректные и некорректные задачи	1. Постановка проблемы. 2. Примеры корректных и некорректных задач. 3. Условно корректные задачи.	
1.2	Равномерно корректные задачи для дифференциальных уравнений 1-го порядка в банаховом пространстве	1. Задача Коши для дифференциального уравнения 1-го порядка. 2. Сильно прерывные полугруппы и их генераторы. 3. Элементарные полугруппы и производящие их уравнения. 4. Примеры.	
1.3	Равномерно корректные задачи для дифференциальных уравнений 2-го порядка в банаховом пространстве	1. Задача Коши для дифференциального уравнения 2-го порядка. 2. Косинусные функции и их генераторы. 3. Примеры. 4. Дробные степени операторов. 5. Краевые задачи для дифференциального уравнения 2-го порядка.	
1.4	Интеграл Дюамеля-Маслова	1. Преобразование Лапласа. 2. Интеграл Дюамеля. 3. Абстрактный интеграл Дюамеля-Маслова. 4. Приложение к дифференциальным уравнениям с сингулярными коэффициентами.	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Корректные и некорректные задачи	6	0	0	6	12
2	Равномерно корректные задачи для дифференциальных уравнений 1-го порядка в банаховом пространстве	10	0	0	10	20
3	Равномерно корректные задачи для дифференциальных уравнений 2-го порядка в банаховом пространстве	10	0	0	10	20
4	Интеграл Дюамеля-Маслова	8	0	0	12	20
	Итого:	34	0	0	38	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Освоение дисциплины предполагает не только обязательное посещение обучающимся аудиторных занятий и активную работу на них, но и самостоятельную учебную деятельность, на которую отводится 38 часов.

Самостоятельная учебная деятельность студентов по дисциплине «Корректные задачи для уравнений тепломассопереноса» предполагает выполнение следующих заданий:

1) самостоятельное изучение учебных материалов по разделам дисциплины с использованием основной и дополнительной литературы, информационно-справочных и поисковых систем;

2) подготовку к текущим аттестациям: выполнение лабораторных заданий по поиску необходимых для работы в аудитории материалов в Интернете.

Вопросы лекционных занятий обсуждаются на занятиях в виде устного опроса – индивидуального и фронтального. При подготовке к лекционным занятиям обучающимся важно помнить, что их задача, отвечая на основные вопросы плана занятия и дополнительные вопросы преподавателя, показать свои знания и кругозор, умение логически построить ответ, владение математическим аппаратом и иные коммуникативные навыки, умение отстаивать свою профессиональную позицию. В ходе устного опроса выявляются детали, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными студентами в ходе учебных занятий. Тем самым опрос выполняет важнейшие обучающую, развивающую и корректирующую функции, позволяет студентам учесть недоработки и избежать их при подготовке к промежуточным аттестациям.

Все выполняемые студентами самостоятельно задания (выполнение контрольных и лабораторных работ) подлежат последующей проверке преподавателем. Результаты текущих аттестаций учитываются преподавателем при проведении промежуточной аттестации.

В случае необходимости перехода на дистанционный режим обучения будет создан электронный курс «Корректные задачи для уравнений тепломассопереноса» на портале «Электронный университет ВГУ» <https://edu.vsu.ru/>. Там же будут размещены необходимые для усвоения курса материалы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Костин А.В. К теории функциональных пространств Степанова / А.В. Костин, В.А. Костин .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2007 .— 258, [1] с. — Библиогр.: с.252-256 .— ISBN 978-5-9273-1220-7.
2	Боровских А.В. Лекции по обыкновенным дифференциальным уравнениям / А.В. Боровских, А.И. Перов .— Москва ; Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика : Институт компьютерных исследований, 2004 .— 540 с. : ил. — (Университетские учебники и учебные пособия) .— Библиогр.: с. 537-540 .— ISBN 5-93972-327-6.
3	Бабенко Ю.И. Метод дробного интегродифференцирования в прикладных задачах теории тепломассообмена / Ю.И. Бабенко. - СПб. : НПО «Профессионал», 2009. - 584 с.
4	Лаврентьев М.А. Методы теории функций комплексного переменного / М.А. Лаврентьев, Б.В. Шабат. – М. : Книга по Требованию, 2013. – 734 с.
5	Уравнения математической физики : [Учеб. пособие для физ.-мат. специальностей ун-тов] / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский .— 6-е изд., испр. и доп. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1999 .— 798 с. : ил. ; 22 см .— Библиогр.: с. 791. - Предм. указ.: с. 792-798 .— ISBN 5-211-04138-0 (в пер.).

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
6	Справочник по точным решениям уравнений тепло- и массопереноса / А.Д. Полянин, А.В. Вязьмин, А.И. Журов, Д.А. Казенин .— М. : Факториал, 1998 .— 367 с. — ISBN 5-88688-023-2 : 44.80.

7	Крейн С.Г. Линейные дифференциальные уравнения в банаховом пространстве / С.Г. Крейн .— М. : Наука, 1967 .— 464 с. : ил. — (Современные проблемы математики).
8	Маслов В.П. Операторные методы : учебное руководство для студ. вузов, обуч. по специальности «Прикладная математика» / В.П. Маслов .— М. : Наука, 1973 .— 543 с. : ил.
9	Тепломассообмен : Метод. расчета тепловых и диффузионных потоков / Ю.И. Бабенко .— Л. : Химия : Ленингр. отд-ние, 1986 .— 143,[1] с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
10	Электронный каталог ЗНБ ВГУ : http://www.lib.vsu.ru .
11	https://math.vsu.ru/wp/?page_id=937 – раздел на сайте математического факультета, на котором размещены методические издания.
12	ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
13	Электронный университет ВГУ : https://edu.vsu.ru/ .

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Костин А.В. К теории функциональных пространств Степанова / А.В. Костин, В.А. Костин .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2007 .— 258, [1] с. — Библиогр.: с.252-256 .— ISBN 978-5-9273-1220-7.
2	Боровских А.В. Лекции по обыкновенным дифференциальным уравнениям / А.В. Боровских, А.И. Перов .— Москва ; Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика : Институт компьютерных исследований, 2004 .— 540 с. : ил. — (Университетские учебники и учебные пособия) .— Библиогр.: с. 537-540 .— ISBN 5-93972-327-6.
3	Бабенко Ю.И. Метод дробного интегрирования в прикладных задачах теории теплообмена / Ю.И. Бабенко. - СПб. : НПО «Профессионал», 2009. - 584 с.
4	Лаврентьев М.А. Методы теории функций комплексного переменного / М.А. Лаврентьев, Б.В. Шабат. – М. : Книга по Требованию, 2013. – 734 с.
5	Уравнения математической физики : [Учеб. пособие для физ.-мат. специальностей ун-тов] / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский .— 6-е изд., испр. и доп. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1999 .— 798 с. : ил. ; 22 см .— Библиогр.: с. 791. - Предм. указ.: с. 792-798 .— ISBN 5-211-04138-0 (в пер.).
6	Справочник по точным решениям уравнений тепло- и массопереноса / А.Д. Полянин, А.В. Вязьмин, А.И. Журов, Д.А. Казенин .— М. : Факториал, 1998 .— 367 с. — ISBN 5-88688-023-2 : 44.80.
7	Крейн С.Г. Линейные дифференциальные уравнения в банаховом пространстве / С.Г. Крейн .— М. : Наука, 1967 .— 464 с. : ил. — (Современные проблемы математики).
8	Маслов В.П. Операторные методы : учебное руководство для студ. вузов, обуч. по специальности «Прикладная математика» / В.П. Маслов .— М. : Наука, 1973 .— 543 с. : ил.
9	Тепломассообмен : Метод. расчета тепловых и диффузионных потоков / Ю.И. Бабенко .— Л. : Химия : Ленингр. отд-ние, 1986 .— 143,[1] с.
10	Положение об организации самостоятельной работы обучающихся в Воронежском государственном университете.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Дисциплина может реализовываться с применением дистанционных образовательных технологий, например, на платформе «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>).

Перечень необходимого программного обеспечения: Win10pro или Linux, Microsoft Office, LibreOffice 6, Calc, Microsoft Visual Studio, Microsoft Visual C++, Foxit Reader, браузер Mozilla Firefox, Opera или Internet.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации; специализированная мебель.

Для самостоятельной работы используется класс с компьютерной техникой, оснащенный необходимым программным обеспечением, электронными учебными пособиями и законодательно-правовой и нормативной поисковой системой, имеющий выход в глобальную сеть.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Корректные и некорректные задачи	ПК-1	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3	Контрольная работа №1
2	Равномерно корректные задачи для дифференциальных уравнений 1-го порядка в банаховом пространстве	ПК-1	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3	Контрольная работа №2
3	Равномерно корректные задачи для дифференциальных уравнений 2-го порядка в банаховом пространстве	ПК-1	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3	Контрольная работа №3
4	Интеграл Дюамеля-Маслова	ПК-1	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3	Контрольная работа №4
Промежуточная аттестация Форма контроля – зачет				Перечень вопросов к зачету

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: устных опросов, проверки домашних заданий, контрольных работ.

Примерный перечень заданий для контрольных работ:

Контрольная работа № 1:

1. Примеры корректных и некорректных задач.
2. Условно корректные задачи.

Контрольная работа № 2:

1. Задача Коши для дифференциального уравнения 1-го порядка.
2. Элементарные полугруппы и производящие их уравнения.

Контрольная работа № 3:

1. Задача Коши для дифференциального уравнения 2-го порядка.
2. Привести пример операторной косинус функции и указать ее производящий оператор.

Контрольная работа № 4:

1. Преобразование Лапласа.
2. Интеграл Дюамеля.

Для оценивания текущего контроля успеваемости используются следующие **показатели**:

- 1) знание основных понятий и методов;
- 2) умение применять полученные знания и навыки для решения задач, проводить анализ полученных решений;

Для оценивания результатов каждой контрольной работы используется шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерии оценки выполнения контрольной работы:

– оценка «отлично» выставляется, если задание полностью и правильно выполнено, а сделанные в работе выводы адекватны поставленным вопросам, полученные результаты подтверждены соответствующими вычислениями, правильно интерпретированы, достаточно подробно и грамотно сформулированы;

– оценка «хорошо» выставляется, если задание полностью и правильно выполнено, а сделанные в работе выводы адекватны поставленным вопросам, полученные результаты подтверждены соответствующими вычислениями, но при описании допущены незначительные неточности, или незначительные ошибки в интерпретации, или результаты вычислений правильны, но не представлены подробно;

– оценка «удовлетворительно» выставляется, если задание выполнено с существенными недостатками или ошибками, результаты недостаточно полны или некорректно сформулированы, или полученные результаты не полностью подтверждены соответствующими вычислениями; имеются серьезные ошибки в интерпретации и изложении результатов анализа, но студент в целом проявляет знание понятийного аппарата дисциплины;

– оценка «неудовлетворительно» выставляется, если задание выполнено с грубыми ошибками, сделанные в работе выводы не адекватны поставленным вопросам, полученные результаты не подтверждены соответствующими вычислениями или неправильно интерпретированы и сформулированы, или студент проявляет незнание понятийного аппарата дисциплины, делает грубые ошибки в вычислениях.

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме собеседования по экзаменационным билетам с помощью нижеприведенных оценочных средств (перечень вопросов к зачету).

Перечень вопросов к зачету:

№ п/п	Вопросы
1.	Задача Коши для дифференциального уравнения 2-го порядка.
2.	Косинусные функции и их генераторы. Примеры.
3.	Дробные степени операторов.
4.	Краевые задачи для дифференциального уравнения 2-го порядка.
5.	Преобразование Лапласа.
6.	Интеграл Дюамеля.

7.	Абстрактный интеграл Дюамеля-Маслова.
8.	Приложение к дифференциальным уравнениям.

Форма контрольно-измерительного материала

Контрольно-измерительный материал № 1

1	Задача Коши для дифференциального уравнения 2-го порядка.
2	Абстрактный интеграл Дюамеля-Маслова.
3	Дробные степени операторов.

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие **показатели**:

- 1) знание теоретических основ;
- 2) умение решать задачи;
- 3) умение работать с алгоритмами методов и информационными ресурсами;
- 4) успешное прохождение текущей аттестации.

Для оценивания результатов используется шкала: «зачтено», «не зачтено».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения показаны в следующей таблице:

Критерии оценивания	Шкала оценок
Ответ соответствует перечисленным показателям, обучающийся дает ответы на дополнительные вопросы, может быть не совсем полные. Демонстрирует умение решать задачи, возможно с некоторыми ошибками.	«Зачтено»
Ответ не соответствует ни одному из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует фрагментарные знания и умения или их отсутствие.	«Не зачтено»