

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Учебно-научный институт радиоэлектроники и информационных технологий (ИРИТ)

(Полное и сокращенное название института, реализующего данное направление)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____ А.В. Мякинков

подпись

ФИО

“ 10 ” 06 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ОД.3 Уравнения математической физики

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

(код и направление подготовки, специальности)

Направленность: Математическое моделирование и компьютерные технологии

(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки 2021

Выпускающие кафедры _____ ПМ _____
аббревиатура кафедры

Кафедра-разработчик _____ ПМ _____
аббревиатура кафедры

Объем дисциплины _____ 252 / 7 _____
часов/з.е

Промежуточная аттестация _____ экзамен, зачет _____
экзамен, зачет с оценкой, зачет

Разработчик(и): Куркин А.А., д.ф.-м.н., профессор
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Нижний Новгород, 2021

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 10 января 2018 года № 9 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ протокол от 10.06.2021 № 6

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 4.06.2021 № 9/1.

Зав. кафедрой д.ф-м.н, профессор А.А. Куркин

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИРИТ.
Протокол от 10.06.2021 № 1

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный № 01.03.02-П-34
Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ _____ Н.И. Кабанина
(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	3
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	5
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ	8
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ	9
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.	14
5.1. ТИПОВЫЕ ТЕМЫ ДОКЛАДОВ, ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ И ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОСВЕЩЕНЫ В П.11.....	14
6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	16
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	17
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ.....	17
7.2 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ	17
7.2 ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, В ТОМ ЧИСЛЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	18
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ.....	18
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	18
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .	19
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	21

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины является:

Учебная дисциплина «Уравнения математической физики» ставит своей целью изучение математических моделей различных физических явлений. Значительная часть математических моделей, изучаемых в традиционном (классическом) курсе математической физики, сводится к краевым задачам для линейных дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка, среди которых особо важны три: волновое уравнение, уравнение теплопроводности и уравнение Лапласа. Первостепенная роль этих (и некоторых других) уравнений, сформулированных еще в XIX веке, объясняется их исключительной универсальностью – трудно найти раздел точного естествознания (теория колебаний, гидродинамика, теория упругости, электродинамика, физические акустика и оптика и др.), в котором бы они не применялись. Поэтому краевые задачи для этих уравнений относят к базовым задачам математической физики. Сложные физические процессы описываются математическими моделями, являющимися, как правило, объединением нескольких базовых задач. Уравнения гиперболического, параболического и эллиптического типов, составляющие основу данного курса «Методов математической физики» являются как раз примерами базовых задач.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- 1) Изучить (математическая постановка задачи, проблема существования и единственности решения, типичные аналитические методы исследования, отыскание общих и частных решений задач) и освоить методы решения базовых задач математической физики на примере уравнений гиперболического, параболического и эллиптического типов.
- 2) Научить классифицировать линейные дифференциальные уравнения в частных производных и приводить уравнения к канонической форме, формулировать краевые и начальные условия.
- 3) Овладеть основными методами аналитического решения краевых и нестационарных задач для линейных дифференциальных уравнений в частных производных для функций многих переменных.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Уравнения математической физики» включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Сопровождающими курсами дисциплины являются: «Механика сплошных сред», «Элементы теории операторов монотонного типа», «Математическое моделирование биологических процессов и систем». Дисциплина «Уравнения математической физики» является основополагающей для изучения дисциплин: «Теория игр и исследование операций», «Интегральные уравнения», «Методы стохастического анализа», «Вариационное исчисление», «Численные методы гидродинамики», «Методы компьютерной томографии»; подготовке к сдаче и сдаче государственного экзамена, технологических (проектно-технологических) практик, преддипломной практики, а также выполнения и защиты ВКР.

Рабочая программа дисциплины «Уравнения математической физики» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3.КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1 – Формирование компетенций по дисциплинам

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Код компетенции ПКС-1</i>								
Уравнения математической физики					*	*		
Механика сплошных сред					*	*		
Теория игр и исследование операций								*
Элементы теории операторов монотонного типа						*		
Математическое моделирование биологических процессов и систем						*		
Интегральные уравнения							*	
Элементы дифференциальной геометрии и тензорного анализа							*	
Методы стохастического анализа							*	
Вариационное исчисление							*	
Численные методы гидродинамики								*
Методы компьютерной томографии								*
Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена								*
Технологическая (проектно-технологическая) практика								*
Технологическая (проектно-технологическая) практика								*
Преддипломная практика								*
Выполнение и защита ВКР								*

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ,
СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПКС-1. Способен разрабатывать математические и информационные модели системы для прикладной задачи, выделять подсистемы и их функции, описывать объекты профессиональной деятельности, используя язык математики, формализовать и алгоритмизировать поставленную задачу.	ИПКС-1.1. Описывает объекты профессиональной деятельности, используя язык математики, использует математические методы для решения прикладных задач.	<i>Знать:</i> основные понятия теории уравнений в частных производных, определения и свойства математических объектов в этой области, формулировки утверждений, методы их доказательства, возможные сферы их приложений, возможности систем компьютерной математики по решению задач математической физики (на примере MATLAB)	<i>Уметь:</i> классифицировать линейные дифференциальные уравнения в частных производных и приводить уравнения к канонической форме, формулировать краевые и начальные условия, формулировать в графических интерфейсах пользователей систем компьютерной математики;	<i>Владеть:</i> основными методами аналитического решения краевых и нестационарных задач для линейных дифференциальных уравнений в частных производных для функций многих переменных, возникающих в ходе профессиональной деятельности по моделированию, проектированию и анализу систем различной природы.	групповые обсуждения, задания для контрольных работ, опросы	Билеты для зачета

06.022

С/05.6

Трудовые действия:

- Описание системного контекста и границ системы
- Определение ключевых свойств системы - Определение ограничений системы
- Предложение принципиальных вариантов концептуальной архитектуры системы
- Определение и описание технико-экономических характеристик вариантов концептуальной архитектуры
- Выбор, обоснование и защита выбранного варианта концептуальной архитектуры

Трудовые умения:

- Разрабатывать технико-экономическое обоснование

Трудовые знания:

- Методы концептуального проектирования

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зач. ед. 252 часа, распределение часов по видам работ представлено в таблице 3.

Таблица 3

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Для студентов очного обучения

Вид учебной работы	Всего час.	Трудоёмкость в час	
		В т.ч. по семестрам	
		5 сем	6 сем
Формат изучения дисциплины		с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	252	108	144
1. Контактная работа:	108	38	70
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	102	34	68
занятия лекционного типа (Л)	51	17	34
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	51	17	34
лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
1.2. Внеаудиторная, в том числе	6	4	2
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	-		-
текущий контроль, консультации по дисциплине	6	4	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	-		-
2. Самостоятельная работа (СРС)	108	34	74
реферат/эссе (подготовка)	-	-	-
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	-	-	-
контрольная работа	-	-	-
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	-	-	-
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	108	34	74
Подготовка к экзамену(контроль)	36	36	-
Подготовка к зачету	-	-	-

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4.Содержание дисциплины, структурированное по темам для студентов очного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенции	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)				
		Лекции (час)	Лабораторные работы (час)	Практические занятия (час)					
5 семестр									
Раздел 1. Классификация и приведение к каноническому виду дифференциальных уравнений второго порядка, линейных относительно старших производных									
ОПК-1 ИОПК-1.1.	Тема 1.1. Общие понятия. Типы уравнений второго порядка. Приведение к каноническому виду уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами. Замена переменных.	1		1	2	Подготовка к лекциям и практическим занятиям [6.1.1., 6.1.2., 6.1.3.]	Лекция -объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, выполнение индивидуальных заданий		
	Тема 1.2. Приведение к каноническому виду уравнений второго порядка с двумя независимыми переменными.	1		1	4				
	Тема 1.3. Приведение уравнений второго порядка смешанного типа к каноническому виду.	1		1	4				
	Итого по 1 разделу	3		3	10				
Раздел 2. Простейшие задачи, приводящие к уравнения различных типов. Постановка задач									
ОПК-1 ИОПК-1.1.	Тема 2.1. Уравнение колебаний струны.	1		1	2	Подготовка к лекциям и практическим занятиям [6.1.1.,	Лекция -объяснение с частичным привлечением формы дискуссии,		
	Тема 2.2. Уравнение колебаний мембран	1		1	2				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенции	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)				
		Лекции (час)	Лабораторные работы (час)	Практические занятия (час)					
	Тема 2.3. Уравнения гидродинамики и распространение звуковых волн.	1		1	3	6.1.2., 6.2.2.]	беседы, выполнение индивидуальных заданий		
	Тема 2.4. Уравнение распространения тепла в изотропном твердом теле	1		1	2				
	Тема 2.5. Задачи, приводящие к уравнениям эллиптического типа (потенциальное движение несжимаемой жидкости, уравнение потенциала электростатического поля, уравнение магнитостатического поля)	2		2	3				
	Итого по 2 разделу	6		6	12				
Раздел 3. Уравнения колебаний струны. Формула Даламбера. Метод Фурье для уравнения свободных колебаний струны									
ОПК-1 ИОПК-1.1	Тема 3.1. Уравнение колебаний струны. Формула Даламбера. Метод характеристик	2		2	0	Подготовка к лекциям и практическим занятиям [6.1.1., 6.1.2., 6.1.3.]			
	Тема 3.2. Обобщенные решения.	1		1	0				
	Тема 3.3. Колебания полуограниченной струны. Колебания струны, закрепленной на концах	1		1	1				
	Тема 3.4. Общая схема метода Фурье. Единственность решения смешанной задачи	1		1	2				
	Тема 3.5. Метод Фурье для уравнения свободных колебаний	1		1	3				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)				
		Лекции (час)	Лабораторные работы (час)	Практические занятия (час)					
	струны. Колебания защепленной струны. Колебания струны под действием удара								
	Тема 3.6. Вынужденные колебания струны, закрепленной на концах. Вынужденные колебания струны под действием сосредоточенной силы	1		1	3				
	Тема 3.7. Вынужденные колебания струны с подвижными концами	1		1	3				
	Итого по 3 разделу	8		8	12				
	Итого за 5 семестр	17		17	34				
	Подготовка к экзамену				36				
6 семестр									
Раздел 4. Метод Фурье в многомерном случае									
	Тема 4.1. Общая схема метода Фурье в многомерном случае	2		2	3				
	Тема 4.2. Свободные колебания прямоугольной мембраны	3		3	5				
	Тема 4.3. Колебания круглой мембраны.	2		2	4				
	Итого по 4 разделу	7		7	12				
Раздел 5. Уравнение линейной теплопроводности									
	Тема 5.1. Постановка задачи. Теорема о максимуме и минимуме и	2		2	2	Подготовка к лекциям и			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенции	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)				
		Лекции (час)	Лабораторные работы (час)	Практические занятия (час)					
	ее следствия					практическим занятиям [6.1.1., 6.1.2., 6.1.3.]			
	Тема 5.2. Распространение тепла в бесконечном стержне	1		1	2				
	Тема 5.3. Распространение тепла в ограниченном стержне	1		1	2				
	Тема 5.4. Распространение тепла в полубесконечном стержне при теплоизоляции или постоянстве температуры конца стержня	2		2	5				
	Тема 5.5. Неоднородное уравнение теплопроводности	1		1	5				
	Итого по 5 разделу	7		7	16				
Раздел 6. Некоторые пространственные задачи теплопроводности и диффузии									
	Тема 6.1. Теорема о максимуме и минимуме. Единственность решения первой граничной задачи.	1		1	2	Подготовка к лекциям и практическим занятиям [6.1.1., 6.1.2., 6.1.3.]			
	Тема 6.2. Распространение тепла в бесконечном цилиндре. Распространение тепла в цилиндре конечных размеров	2		2	3				
	Тема 6.3. Распространение тепла в однородном шаре	2		2	4				
	Тема 6.4. Распространение тепла в прямоугольной пластинке	1		1	3				
	Тема 6.5. Задачи диффузии	1		1	4				
	Тема 6.6. Уравнения теплопроводности и диффузии с	1		1	2				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенции	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)				
		Лекции (час)	Лабораторные работы (час)	Практические занятия (час)					
	граничным условием, зависящим от времени								
	Итого по 6 разделу	8		8	16				
Раздел 7. Краевые задачи для уравнения Лапласа. Метод функций Грина									
	Тема 7.1. Метод функции Грина для задачи Дирихле (трехмерный случай). Задача Неймана.	2		2	4	Подготовка к лекциям и практическим занятиям [6.1.1., 6.1.2., 6.1.3.]			
	Тема 7.2. Задача Дирихле для шара. Задача Дирихле для внешности шара. Задача Дирихле для полупространства	2		2	5				
	Тема 7.3. Задача Дирихле для круга. Задача Дирихле для внешности круга. Задача Дирихле для полуплоскости	2		2	5				
	Итого по 7 разделу	6		6	16				
Раздел 8. Метод Фурье для уравнения Лапласа									
	Тема 8.1. Двумерное уравнение Лапласа и задача Дирихле для круга	6		6	8				
	Итого по 8 разделу	6		6	8				
	Итого за 6 семестр	34		34	68				
	Подготовка к зачету				6				
	Итого по дисциплине	51		51	144				

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

5.1. Типовые темы докладов, вопросы для подготовки к практическим занятиям и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности освещены в п.11

По результатам участия в дискуссиях на лекциях и практических занятиях, выступлений с докладами по выбранным темам студентам выставляются текущие оценки.

При активной работе на лекциях и практических занятиях студенты имеют возможность получить зачет на основе балльно-рейтинговой системы.

5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Таблица 5

Шкала оценивания	Текущая оценка	Зачет
85-100	Отлично	зачет
70-84	Хорошо	
60-69	Удовлетворительно	
0-59	Неудовлетворительно	незачет

Таблица 6 –Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-69% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 70-84% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 85-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПКС-1. Способен разрабатывать математические и информационные модели системы для прикладной задачи, выделять подсистемы и их функции, описывать объекты профессиональной деятельности, используя язык математики, формализовать и алгоритмизировать поставленную задачу.	ИПКС-1.1. Описывает объекты профессиональной деятельности, используя язык математики, использует математические методы для решения прикладных задач.	Не способен сформулировать основные определения теории дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка, не владеет основными методами их решения, не владеет навыками применения аппарата теории дифференциальных уравнений в частных производных.	Слабое знание основных определений теории дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка, а также основных методов их решения.	Студент демонстрирует знание основных определений теории дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка, а также основных методов исследования из решений. Хорошо ориентируется в методах решения задач.	Студент демонстрирует уверенное знание основных определений теории дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка, а также основных методов исследования устойчивости их решений. Полностью ориентируется в методах решения задач.

Таблица 7. Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « отлично » заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку « хорошо » заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку « удовлетворительно » заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку « неудовлетворительно » заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

- 6.1.1 Методы математической физики для радиоинженеров : Учеб.пособие / Ю. В. Раевская, А.С. Раевский, С. Б. Раевский ; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н.Новгород : [Б.и.], 2011. - 113 с. :ил. - Библиогр.:с.112. - 13ВМ 978-5-93272-937-3
- 6.1.2 Высшая математика: Учебник: В 3-х т. Т.3 : Дифференциальные уравнения. Краткие интегралы. Ряды. Функции комплексного переменного / Я. С. Бугров, С. М. Никольский. - 7-е изд. стер. - М. : Дрофа, 2005. - 511 с. : ил. - (Высшее образование: Современный учебник). Предм.указ.:с.506-511. - 15ВМ 5-7107-9898-3(Т.3); 5-7107-9846-0.
- 6.1.3 Уравнения математической физики : Учебник / Е. В. Захаров, И. В. Дмитриева, С. И.Орлик. - М. : Изд.центр "Академия", 2010. - 316 с. - (Университетский учебник. Прикладная математика и информатика). - Прнл.:с.292-304. - Библиогр.:с.305-306. - 13ВМ 978-5-7695-5995-2
- 6.1.4 Новые алгоритмы вычислительной гидродинамики для многопроцессорных вычислительных комплексов / В. М. Головизнин [и др.]. - М. : Изд-во МГУ, 2013. - 468 с.ил. - (Суперкомпьютерное образование). - Библиогр.в конце гл. - [3ВМ 978-5-211-06426-3
- 6.1.5 Обыкновенные дифференциальные уравнения. Основные уравнения математической физики. Ряды. Двойные интегралы : Расчётные задания по курсу высш.математики для студ.всех специ всех форм обучения ЧЗ / НГТУ им.Р.Е.Алексеева, Каф."Высш. математика"; Сост.:М.Ф.Авдеева [и др.]; Науч.ред.Ю.А.Самохнин. - Н.Новгород.

6.2. Справочно-библиографическая литература.

- 6.2.1 Методы математической физики для радиоинженеров : Учеб.пособие / Ю. В. Раевская, А. С. Раевский, С. Б. Раевский ; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н.Новгород : [Б.и.], 2011. -113с. : ил. - Библиогр.:с.112. - 13ВМ 978-5-93272-937-3
- 6.2.2 Высшая математика : Учебник:В 3-х т. Т.3 : Дифференциальные уравнения. Краткие интегралы. Ряды. Функции комплексного переменного / Я. С. Бугров, С. М. Никольский. - 7-е изд.,стер. - М. : Дрофа, 2005. - 511 с. : ил. - (Высшее образование: Современный учебник). - Предм.указ.:с.506-511. - [\$ВМ 5-7107-9898-3(Т.3); 5-7107-9846-0.
- 6.2.3 Уравнения математической физики ; Учебник / Е. В. Захаров, И. В. Дмитриева, С. И. Орлик. - М. : Изд.центр "Академия", 2010. - 316 с. - (Университетский учебник. Прикладная математика и информатика). - Прил.:с.292-304. - Библиогр.:с.305-306. - 13ВМ 978-5-7695-5995-2
- 6.2.4 Новые алгоритмы вычислительной гидродинамики для многопроцессорных вычислительных комплексов / В. М. Головизнин [и др.]. - М. : Изд-во МГУ, 2013. - 468 с. : ил. - (Суперкомпьютерное образование). Библиогр.в конце гл.-15ВМ 978-5-211-06426-3
- 6.2.5 Обыкновенные дифференциальные уравнения. Основные уравнения математической физики. Ряды. Двойные интегралы ; Расчётные задания по курсу высш.математики для студ.всех спец.и всех форм обучения. Ч.3 / НГТУ им.Р.Е.Алексеева, Каф."Высш.математика"; Сост.:М.Ф.Авдеева [и др.]; Науч.ред.Ю.А.Самохин. - Н.Новгород : [Б.и.], 2010. - 38 с.
- 6.2.6 Янов, С. И. Уравнения математической физики : учебно-методическое пособие / С. И. Янов. — Барнаул : АлтГПУ, 2019. — 81 с.— Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139183>
- 6.2.7 Кононова, А. А. Уравнения математической физики : учебное пособие / А. А. Кононова, А. Л. Белкова. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2019. — 74 с.— Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157063>

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Перечень информационных ресурсов

1. Лекции ученых МГУ. <https://teach-in.ru/course/urmatfiz-denisov>
2. Лекторий МФТИ
<https://lms.mipt.ru/local/playlist/view.php?search=%D0%A3%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9&chair=0&course=0&teacher=0&semester=0&embedded=1&id=883&searchpage=0>

7.2 Перечень информационных справочных систем

Таблица 8. Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/
4	E-LIBRARY.ru	https://www.elibrary.ru/

7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

Таблица 9. Программное обеспечение

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Adobe Acrobat Reader (FreeWare) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html
Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)	OpenOffice (FreeWare) https://www.openoffice.org/ru/

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 11 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.ntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 11. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения

В таблице 11 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые должны быть оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГТУ.

Таблица 12. Оснащенность аудиторий для проведения учебных занятий по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для проведения учебных	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего
---	---	--	---

	занятий и самостоятельной работы		документа
1	1	2	3
1	6421 учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации; г. Нижний Новгород, Казанское ш., 12	Комплект демонстрационного оборудования: • ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе AMD Athlon 2.8 ГГц, 4 Гб ОЗУ, 250 Гб HDD, монитор 19" – 1шт. • Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; • Экран – 1 шт.; Набор учебно-наглядных пособий	• Microsoft Windows7 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14) • Gimp 2.8 (свободное ПО, лицензия GNU GPLv3); • Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655); • Open Office 4.1.1 (свободное ПО, лицензия Apache License 2.0) • Adobe Acrobat Reader (FreeWare); • 7-zip для Windows (свободнораспространяемое ПО, лицензия GNU LGPL); Dr.Web (Сертификат №EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19).
	6543 компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), г. Нижний Новгород, Казанское ш., 12)	• Проектор Accer – 1шт; • ПК на базе IntelCoreDuo 2.93 ГГц, 2 Гб ОЗУ, 320 Гб HDD, монитор Samsung 19" – 11 шт.. ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета	• Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14); • Microsoft Office (лицензия № 43178972); • Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135); • Adobe Acrobat Reader (FreeWare); • 7-zip для Windows (свободнораспространяемое ПО, лицензия GNU LGPL); • Dr.Web (Сертификат №EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19) • КонсультантПлюс(ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018); Gimp 2.8 (свободное ПО, лицензия GNUGPLv3)

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- элементы электронного обучения.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются при проведении лабораторных работ и на лекциях. Проводятся

индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: электронная почта, ZOOM.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине преподаватель может применять балльно-рейтинговую систему контроля и оценку успеваемости студентов.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии за набранными за семестр баллами. Студентам, набравшим в ходе текущего контроля успеваемости по дисциплине от 61 до 100 баллов и выполнившим все обязательные виды запланированных учебных заданий, по решению преподавателя без прохождения промежуточной аттестации выставляется оценка в соответствии со шкалой оценки результатов освоения дисциплины.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа¹⁶

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала. Лекции проводятся с применением дискуссии, беседы. Студенты, участвующие в дискуссии, отвечающие на вопросы, получают за работу на лекции 5-10 баллов, которые учитываются при получении зачета.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных интересных вопросов по отдельным темам. Проводятся выступления с докладами на выбранные темы. Для сопровождения докладов студенты готовят презентации. Докладчик получает от 30 до 50 баллов за сделанный доклад. Студенты, дополняющие выступление по теме, участвующие в обсуждении, также получают дополнительные баллы.

Практические (семинарские) занятия обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

Примерный перечень тем докладов с вопросами приведен в пункте 11.

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям, мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой

литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

Теоретические вопросы:

1. Типы уравнений второго порядка, приведение к каноническому виду уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами.
2. Приведение к каноническому виду уравнений второго порядка с двумя независимыми переменными.
3. Приведение уравнений второго порядка смешанного типа к каноническому виду.
4. Уравнение колебаний струны.
5. Уравнение колебаний мембраны.
6. Уравнения гидродинамики.
7. Уравнения распространения звуковых волн.
8. Уравнения распространения тепла в изотропном твердом теле.
9. Потенциальное движение несжимаемой жидкости. Уравнение потенциала электростатического поля.
10. Формула Даламбера. Распространение волн отклонения и импульса. Метод характеристик.
11. Обобщенные решения.
12. Колебания полуограниченной струны.
13. Колебания струны, закрепленной на концах.
14. Метод Фурье для уравнения свободных колебаний струны. Примеры: колебания защепленной струны и колебания струны под действием удара.
15. Общая схема метода Фурье.
16. Вынужденные колебания струны, закрепленной на концах.
17. Вынужденные колебания струны под действием сосредоточенной силы и струны с подвижными концами.

Билет № 1

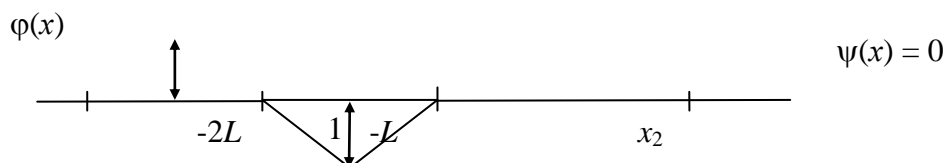
- 1) Привести уравнение к каноническому виду:

$$u_{xx} - (1 + y^2)^2 u_{yy} - 2y(1 + y^2) u_y = 0$$

- 2) Привести уравнение к каноническому виду:

$$u_{xx} + xy u_{yy} = 0$$

- 3) Решить задачу Коши для волнового уравнения на прямой: $u_{tt} = u_{xx}$,



Изобразить полученное решение в различные моменты времени в т. x_2 .

4) Решить задачу:

$$\begin{cases} u_{tt} = a^2 u_{xx}, \\ u(0, t) = u_x(l, t) = 0, \\ u(x, 0) = x, \quad u_t(x, 0) = \sin \frac{\pi x}{2l} + \sin \frac{3\pi x}{2l}. \end{cases}$$

Билет № 2

Теоретический вопрос:

Общая схема метода Фурье. Вынужденные колебания струны, закрепленной на концах.

Задача 1. Решить смешанную задачу для однородного волнового уравнения в прямоугольнике:

$$u_{tt} = \Delta u, \quad x \in [0,1], \quad y \in [0,1], \quad t \in (0, \infty)$$

$$u(x, y, t=0) = 0, \quad u_t(x, y, t=0) = (1-x)(1-y)xy$$

$$u(x=0, y, t) = u(x, y=0, t) = u(x=1, y, t) = u(x, y=1, t) = 0$$

Задача 2. В теории упругости функция напряжений $\varphi(x, y)$ в задаче о кручении балки удовлетворяет уравнению Пуассона

$$\varphi_{xx} + \varphi_{yy} = 2, \quad x \in [0,1], \quad y \in [0,1]$$

с граничными условиями $\varphi=0$ на сторонах $x=0$, $x=1$, $y=0$, $y=1$.

Решите задачу для функции напряжений $\varphi(x, y)$.

Задача 3. В полуполосе $0 < x < L$, $t > 0$ решить следующую задачу:

$$u_t = a^2 u_{xx}$$

$$u(0, t) = 0, \quad u(L, t) = A \exp(-t)$$

$$u(x, t=0) = T = \text{const}$$

11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Р.Е. Алексеева

Кафедра Прикладная математика
Дисциплина Уравнения математической физики

БИЛЕТ № 1

1) Привести уравнение к каноническому виду:

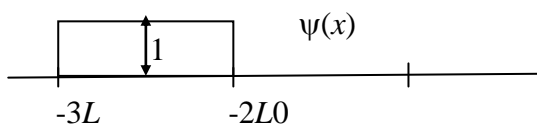
$$y^2 u_{xx} + 2xy u_{xy} + x^2 u_{yy} = 0$$

2) Привести уравнение к каноническому виду:

$$u_{xx} + 2xy u_{xy} + u_{yy} = 0$$

$$u_{tt} = u_{xx},$$

3) Решить задачу Коши для волнового уравнения на полупрямой: $u_x(0, t) = 0$,
 $\varphi(x) = 0$.



Построить фотографию волны в момент времени $t = L/2$.

4) Решить задачу:

$$\begin{cases} u_{tt} = a^2 u_{xx}, \\ u_x(0, t) = u_x(l, t) = 0, \\ u(x, 0) = \varphi(x), \quad u_t(x, 0) = \psi(x) \end{cases}$$

$$\varphi(x) = x, \psi(x) = 2.$$

Зав. кафедрой

Экзаменатор

Полный фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации размещен в банке вопросов данного курса дисциплины «Математические модели катастроф» на кафедре на кафедре «Прикладная математика» ауд. 1204 по адресу Н.Новгород, ул. Минина, 24.

УТВЕРЖДАЮ:
 Директор института ИРИТ

А.В. Мякинков

“ ” 202__ г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины

Б1.В.ОД.3 Уравнения математической физики

индекс по учебному плану, наименование

для подготовки магистров

Направление: 01.03.02 Прикладная математика

Программа: Математическое моделирование и компьютерные технологии

Форма обучения очная

Год начала подготовки: 2021

Курс 3

Семестр 5,6

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20__ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

1);

2);

3)

Разработчик (и): Куркин А.А., д.ф.-м.н., профессор
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«__» _____ 202__ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ПМ

_____ протокол № _____ от «__» _____ 202__ г.

Заведующий кафедрой

А.А. Куркин

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой _____ «__» _____ 202__ г.

Методический отдел УМУ: _____ «__» _____ 202__ г.