

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

---

---

Образовательно-научный институт ядерной энергетики и технической  
физики им. академика Ф.М. Митенкова (ИЯЭиТФ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

\_\_\_\_\_ Хробостов А.Е.

“10” июня 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ОД.15 Уравнения математической физики**

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность: Оптические системы и сети связи

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2021

Выпускающая кафедра: ФТОС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины 288/8

часов/з.е

Промежуточная аттестация экзамен (4,5 семестры)

Разработчик: Раевский А.С., д.ф.-м.н., профессор

Нижний Новгород  
2021

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19 сентября 2017 года № 930 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 15 июня 2021 г. № 7.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 31 мая 2021 г. № 25.

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор, Раевский А.С. \_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению советом ИЯЭиТФ, протокол от 10 июня 2021 г. № 3.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.03.02-о-35.

Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Кабанина Н.И.

## Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ .....	3
<b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
1.1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
1.2. ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	4
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>7</b>
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ ....	7
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ .....	8
<b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>16</b>
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>18</b>
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА .....	18
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	19
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ ....	19
<b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>19</b>
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕР- НЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	19
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИ- СТЕМ .....	20
<b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>	<b>21</b>
<b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>21</b>
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>21</b>
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИС- ЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	21
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА .....	22
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯ- ТИЯХ .....	23
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ .....	23
<b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>23</b>
11.1. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ В ФОРМЕ ЭКЗАМЕНА .....	23
11.3. ПРИМЕР ТИПОВОЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	25

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**1.1. Целью освоения дисциплины являются** формирование необходимых компетенций в области составления математических моделей физических процессов, происходящих в направляющих системах электросвязи.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):**

- формирование общего понимания принципов составления математических моделей физических процессов на основе: краевых задач, интегральных уравнений и принципов вариационного исчисления;
- изучение основных методов решения: краевых задач на дифференциальных уравнениях второго порядка в частных производных, линейных интегральных уравнений, а также методов поиска экстремума функционала;
- получение студентами практических навыков по решению: краевых задач, интегральных уравнений и задач нахождения экстремума функционала.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина «Уравнения математической физики» включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика», «Математика» в объеме программы бакалавриата.

Дисциплина «Уравнения математической физики» является основополагающей для прохождения следующих дисциплин: «Электромагнитные поля и волны».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих профессиональных компетенций в соответствии с ОПОП ВО по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»:

ПКС-12 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов относящихся к профессиональной сфере, создавать компьютерные программы с использованием как стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследования.

Формирование указанных компетенций размещено в таблице 1.

Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ПКС-12</b>								
Информатика (часть 2)								
Уравнения математической физики								
Специальные разделы физики (квантовая физика)								
Физические основы электроники								
Электроника								
Вычислительная техника и информационные технологии								
Электромагнитные поля и волны								
Цифровая обработка сигналов								
Технологическая (проектно-технологическая) практика								
Выполнение и защита ВКР								

### 3.2. 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-12. Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, создавать компьютерные программы с использованием как стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, так и разрабатываемых самостоятельно	ИПКС-12.1. Разрабатывает физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере.	<b>Знать:</b> - принцип классификации дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных и способы приведения их к каноническому виду; - принцип классификации интегральных уравнений; - стандартные методы решения краевых задач в ортогональных системах координат; - физическую трактовку получаемых решений краевых задач, поставленных на дифференциальных уравнениях второго порядка в частных производных.	<b>Уметь:</b> - составлять математические модели физических процессов, приводящие к решению краевых задач, основанных на дифференциальных уравнениях второго порядка в частных производных; - самостоятельно составлять алгоритмы решения инженерных задач, используя при этом математический аппарат специальных функций, ортогональных рядов и интегральных преобразований.	<b>Владеть:</b> - методами решения краевых задач, поставленных для дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных; - основными методами решения линейных интегральных уравнений.	Комплекты домашних заданий	Комплекты вопросов и задач: билеты

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 8 зач.ед. (288 часов), распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час		
	Всего час.	В т.ч. по семестрам	
		4 сем	5 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	очная		
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>288</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>144</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
<b>1.1.Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>136</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
занятия лекционного типа (Л)	68	34	34
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	68	34	34
лабораторные работы (ЛР)			
<b>1.2.Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)			
текущий контроль, консультации по дисциплине	8	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)			
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
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.)	72	36	36
Подготовка к экзамену (контроль)	72	36	36

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ОПК; ПК и инди- каторы достиже- ния компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование исполь- зуемых активных и интерактивных образо- вательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоем- кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)			
		Лекции	Лабора- торные работы	Практиче- ские заня- тия				
4 семестр								
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2 ПКС-6 ИПКС-6.1 ИПКС-6.2 ИПКС-6.3	Раздел 1. Дифференциальные уравнения второго порядка в част- ных производных						1. Диагностический безо- ценочный контроль, лучше взаимоконтроль;  2. Разноуровневые каче- ственные, расчетные задания;  3. Блиц-опрос.  При изучении нового ма- териала-слайд показ. Это создает единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных во- просов и заданий возбуж- дает и направляет мысль обучающихся к новым теоретическим выводам. Далее в ходе закрепления	Конспект лекций
	Тема 1.1. Классификация диффе- ренциальных уравнений второго порядка в частных производных путём приведения их к канониче- скому виду.	4,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Практическое занятие 1. Приведение дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных к канони- ческому виду.			2,0		Подготовка к практиче- ским занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.5]		
	Практическое занятие 2. Контрольная работа по теме 1.1.			2,0		Подготовка к контроль- ной работе [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.5]		
	Тема 1.2. Физические задачи, приводящиеся к уравнениям раз- личных типов.	4,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.5]		
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				8,0			



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	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	Итого по разделу 1:	8,0	-	4,0	8,0		уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения.	
	Раздел 2. Уравнения гиперболического типа.						В ходе объяснения и закрепления нового материала кадры должны быть разнообразными, чтобы охватить все моменты познания: алгоритм поиска решения поставленной проблемы, оценивание альтернатив, обнаружение следствий и их значимости в теории и т.д.	
	Тема 2.1. Решение задачи Коши методом характеристик.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.5]		
	Тема 2.2. Метод Римана.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Практическое занятие 3. Решение задачи Коши методом характеристик.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.5]		
	Практическое занятие 4. Решение задачи Коши методом Римана.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Практическое занятие 5. Формула Д’Аламбера.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [[6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Практическое занятие 6. Контрольная работа по темам 2.1, 2.2.			2,0		Подготовка к контрольной работе [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Тема 2.3. Метод Фурье. Задачи об одномерных и двумерных колебаниях.	6,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Практическое занятие 7. Метод Фурье для уравнений свободных колебаний струны и стержня.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Практическое занятие 8. Свободные колебания прямоугольной мембраны.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		

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	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	Практическое занятие 9. Контрольная работа по теме 2.3.			2,0		Подготовка к контрольной работе [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Тема 2.4. Уравнение Бесселя и его решения. Краевые задачи на уравнении Бесселя.	4,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Практическое занятие 10. Свойства цилиндрических функций.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Практическое занятие 11. Задача Штурма-Лиувилля на уравнении Бесселя.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Практическое занятие 12. Контрольная работа по теме 2.4.			2,0		Подготовка к контрольной работе [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Тема 2.5. Колебания круглой мембраны.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.1.5]		
	Практическое занятие 13. Свободные колебания круглой мембраны.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Практическое занятие 14. Контрольная работа по теме 2.5.			2,0		Подготовка к контрольной работе [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Тема 2.6. Колебания объемов.	4,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Практическое занятие 15. Задачи на колебания объемов в декартовой и цилиндрической системах координат.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Тема 2.7. Сферические функции.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		

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	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	Практическое занятие 16. Задачи на колебания объемов в сферической системе координат.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Практическое занятие 17. Контрольная работа по темам 2.6, 2.7.			2,0		Подготовка к контрольной работе [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Тема 2.8. Свободные затухающие колебания.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Тема 2.9. Вынужденные колебания.	3,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				28,0			
	Итого по 2 разделу	26,0	--	30,0	28,0			
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	34,0	-	34,0	36,0			
5 семестр								
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.2 ПКС-6 ИПКС-6.1 ИПКС-6.2 ИПКС-6.3	Раздел 3. Уравнения эллиптического типа.						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;  2. Разноуровневые качественные, расчетные задания;  3. Блиц-опрос.  При изучении нового материала-слайд показ. Это	Конспект лекций
	Тема 3.1. Уравнение Гельмгольца.	4,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Тема 3.2. Уравнение Лапласа. Метод функции Грина решения задачи Дирихле.	4,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Практическое занятие 18. Задача Дирихле для шара и полупространства.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Практическое занятие 19. Задача Дирихле для круга и полуплоскости.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Практическое занятие 20. Кон-			2,0		Подготовка к контроль-		

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	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
трольная работа по теме 3.2.					ной работе [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]	создает единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных вопросов и заданий возбуждает и направляет мысль обучающихся к новым теоретическим выводам. Далее в ходе закрепления уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения.  В ходе объяснения и закрепления нового материала кадры должны быть разнообразными, чтобы охватить все моменты познания: алгоритм поиска решения поставленной проблемы, оценивание альтернатив, обнаружение следствий и их значимости в теории и т.д.		
Тема 3.3. Решение задачи Дирихле методом разделения переменных.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3]			
Практические занятия 21 и 22. Решение задачи Дирихле методом разделения переменных.			4,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.2], [6.1.3]			
Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				10,0				
Итого по разделу 3:	10,0	-	10,0	10,0				
Раздел 4. Уравнения параболического типа.								
Тема 4.1. Решение уравнения распространения тепла в однородном неограниченном стержне с теплоизолированной поверхностью.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]			
Тема 4.2. Решение задачи на уравнении теплопроводности для стержня конечной длины.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]			
Практические занятия 23 и 24. Решение задач по теме 4.2.			4,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]			
Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:				4,0				
Итого по разделу 4:	4,0	-	4,0	4,0				
Раздел 5. Интегральные уравнения.								
Тема 5.1. Классификация интегральных уравнений.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.4]			

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	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	Тема 5.2. Интегральные уравнения Вольтерра.	4,0				Подготовка к лекциям [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 25. Связь краевых задач и интегральных уравнений Вольтерра. Метод последовательных приближений.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 26. Решение уравнений Вольтерра с помощью резольвенты. Уравнения типа свёртки.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 27. Контрольная работа по теме 5.2.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3], [6.1.4]		
	Тема 5.3. Интегральные уравнения Фредгольма.	6,0				Подготовка к лекциям [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 28. Метод определителей Фредгольма. Резольвента Фредгольма.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 29. Уравнения с вырожденным ядром. Однородные уравнения Фредгольма 2-го рода. Задачи на собственные значения.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 30. Контрольная работа по теме 5.3.			2,0		Подготовка к контрольной работе [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела:				12,0			

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	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	Итого по разделу 5:	12,0	-	12,0	12,0			
	Раздел 6. Вариационное исчисление.							
	Тема 6.1. Основная задача вариационного исчисления. Уравнение Эйлера.	4,0				Подготовка к лекциям [6.2.1], [6.2.4]		
	Практическое занятие 31. Решение задач по теме 6.1.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.1], [6.2.4]		
	Тема 6.2. Обобщение простейшей задачи вариационного исчисления.	2,0				Подготовка к лекциям [6.2.1], [6.2.4]		
	Практическое занятие 32. Решение задач по теме 6.2.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.1], [6.2.4]		
	Тема 6.3. Функционалы, зависящие от нескольких функций. Функционалы, зависящие от нескольких независимых переменных.	2,0				Подготовка к лекциям [6.2.1], [6.2.4]		
	Практическое занятие 33. Решение задач по теме 6.3.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.1], [6.2.4]		
	Практическое занятие 34. Контрольная работа по разделу 6.			2,0		Подготовка к контрольной работе [6.2.1], [6.2.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 6 раздела:				10,0			
	Итого по разделу 6:	8,0	-	8,0	10,0			

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	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	34	--	34	36			
	ИТОГО по дисциплине	68	--	68	72			

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

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы и задачи по темам практических и лекционных занятий.

Также сформирован перечень вопросов и задач, выносимых на промежуточную аттестацию в форме экзамена в 4 и 5 семестрах.

Указанный комплект оценочных средств является неотъемлемой частью фонда оценочных средств и хранится на кафедре «Физика и техника оптической связи».

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели)

Шкала оценивания	Контрольная неделя	Зачет
$40 < R \leq 50$	Отлично	зачет
$30 < R \leq 40$	Хорошо	
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	незачет

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается в виде оценок по четырёхбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

.



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 тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от тах рейтинговой оцен- ки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ПКС-12. Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, создавать компьютерные программы с использованием как стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, так и разрабатываемых самостоятельно	ИПКС-12.1. Разрабатывает физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере.	Не знаком со стандартными методами решения краевых задач в ортогональных системах координат. Не умеет составлять математические модели физических процессов, приводящие к решению краевых задач, основанных на дифференциальных уравнениях второго порядка в частных производных. Не владеет стандартными методами решения краевых задач, поставленных для дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных; основными методами решения линейных интегральных уравнений.	Слабо знаком со стандартными методами решения краевых задач в ортогональных системах координат. Может составлять математические модели физических процессов, приводящие к решению краевых задач, основанных на дифференциальных уравнениях второго порядка в частных производных, допуская ошибки. Слабо владеет стандартными методами решения краевых задач, поставленных для дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных; основными методами решения линейных интегральных уравнений.	Знаком со стандартными методами решения краевых задач в ортогональных системах координат. Может составлять математические модели физических процессов, приводящие к решению краевых задач, основанных на дифференциальных уравнениях второго порядка в частных производных, допуская небольшие неточности. Владеет стандартными методами решения краевых задач, поставленных для дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных; основными методами решения линейных интегральных уравнений.	Хорошо знаком со стандартными методами решения краевых задач в ортогональных системах координат. Может составлять математические модели физических процессов, приводящие к решению краевых задач, основанных на дифференциальных уравнениях второго порядка в частных производных, не допуская неточностей. Свободно владеет стандартными методами решения краевых задач, поставленных для дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных; основными методами решения линейных интегральных уравнений.

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).

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров библиотеке
6.1.1	<b>Раевская, Ю.В.</b> Методы математической физики для радиоинженеров: учебное пособие / Ю.В. Раевская, А.С. Раевский, С.Б. Раевский. – Нижний Новгород: НГТУ, 2011. – 113 с.	30
6.1.2	<b>Тихонов, А.Н.</b> Уравнения математической физики / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. – М.:Изд. МГУ им. М.В. Ломоносова, 2004. – 743 с.	29
6.1.3	<b>Будак, Б.М.</b> Сборник задач по математической физике / Б.М. Будак, А.А. Самарский, А.Н. Тихонов. – М: Физматлит, 2003. – 688 с.	101
6.1.4	<b>Краснов, М.Л.</b> Интегральные уравнения: Задачи и примеры с подробными решениями. Учебное пособие. Изд. 3-е, испр. / М.Л. Краснов, А.И. Киселев, Г.И.Макаренко. - М. : Едиториал УРСС, 2003. – 192 с.	5
6.1.5	<b>Емельянов, В.М.</b> Уравнения математической физики. Практикум по решению задач / В.М. Емельянов, Е.А. Рыбакина. – СПб.: Лань, 2008. – 213 с.	8

## 6.2. Справочно-библиографическая литература

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров библиотеке
6.2.1	<b>Цлаф, Л.Я.</b> Вариационное исчисление и интегральные уравнения: Справочное руководство. 3-е изд., стер. / Л.Я. Цлаф - СПб.: Лань, 2005. – 192 с.	1
6.2.2	Интегральные уравнения. Методические указания к решению задач по курсу «Методы математической физики». Часть 9. Предназначено для специальности 0717700 ./НГТУ; сост.: В.А. Малахов, А.С. Раевский, Ю.В. Раевская, 2008- 13 с.	10
6.2.3	Интегральные уравнения. Методические указания к решению задач по курсу «Методы математической физики». Часть 10. Предназначено для специальности 0717700 ./НГТУ; сост.: В.А. Малахов, А.С. Раевский, Ю.В. Раевская, 2008- 14 с.	10
6.2.4	Вариационное исчисление. Методические указания к решению задач по курсу «Методы математической физики». Часть 11. Предназначено для студентов специальностей 210401, 210302, 210405 очной формы обучения./НГТУ; сост.: А.С. Раевский, Ю.В. Раевская, 2010 - 17 с.	10

## 6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Уравнения математической физики» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Уравнения математической физики».

6.3.2. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятия по дисциплине «Уравнения математической физики»

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплина «Уравнения математической физики»

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

**7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.

3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
6. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

## 7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>

В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 9 – Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОС-СТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	<a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 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.nntu.ru/sveden/accenr/>

Таблица 10 – 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

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- зал электронно-информационных ресурсов (ауд. 2210 – 11 компьютеров, ауд. 6119 – 9 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

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

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная.

При преподавании дисциплины «Уравнения математической физики», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Для студентов создан краткий опорный электронный вариант лекционного материала курса. Электронный конспект находится на кафедре «ФТОС» и может быть получен студентом в случае пропусков занятий по уважительным причинам или вынужденного перевода занятий в дистанционную форму.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенций применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с учетом текущей успеваемости.

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

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 практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях**

Практические занятия в форме семинаров представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является выступление (доклад) с последующим обсуждением наиболее проблемных и сложных вопросов

по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков решения задач;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

#### **10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и 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.

Развернутые методические указания по всем видам работы студента находятся на кафедре «ФТОС».

### **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая:

- проведение опросов по выполнению домашних заданий;
- проведение контрольных работ.

#### **11.1. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена**

##### **4-й семестр**

1. Классификация и приведение к каноническому виду дифференциальных уравнений 2-го порядка с частными производными.
2. Примеры физических задач, приводящих к уравнениям гиперболического типа.
3. Метод характеристик.
4. Примеры физических задач, приводящих к уравнениям эллиптического типа.
5. Примеры физических задач, приводящих к уравнениям параболического типа.
6. Вывод уравнения колебаний упругого стержня. Виды граничных условий.
7. Вывод уравнения колебаний струны.
8. Метод Фурье в применении к задаче о свободных колебаниях струны.
9. Постановка краевых задач о малых продольных колебаниях упругого стержня и их решение методом Фурье.
10. Общая схема метода Фурье.
11. Задача Штурма-Лиувилля. Ортогональность её решений.
12. Ортогональность решений задачи Штурма-Лиувилля на уравнении Бесселя.

13. Разложение в ряд по собственным функциям задачи Штурма-Лиувилля.
14. Вынужденные колебания струны, закрепленной на концах.
15. Вынужденные колебания струны под действием сосредоточенной силы.
16. Вывод уравнения колебаний мембраны.
17. Колебания прямоугольной мембраны.
18. Уравнение Бесселя и его решения.
19. Модифицированные функции Бесселя.
20. Формулы дифференцирования цилиндрических функций. Рекуррентные формулы. Асимптотические формулы. Функции Бесселя полуцелого индекса.
21. Разложения в ряд Фурье-Бесселя и Дини-Бесселя.
22. Колебания круглой мембраны.
23. Разделение переменных в волновом уравнении в цилиндрических координатах.
24. Разделение переменных в волновом уравнении в сферических координатах.
25. Уравнение Лежандра и его решения.
26. Присоединённые полиномы Лежандра. Сферические и шаровые функции.

### 5-й семестр

1. Уравнение Гельмгольца.
2. Сферически симметричные решения уравнения Гельмгольца для ограниченной области.
3. Внешняя краевая задача для уравнения Гельмгольца. Условие излучения.
4. Ортогональность решений однородной краевой задачи общего вида на уравнении Гельмгольца.
5. Метод функции Грина для трёхмерной задачи Дирихле.
6. Метод функции Грина для двумерной задачи Дирихле.
7. Решение задачи Дирихле для шара.
8. Решение задачи Дирихле для внешней области шара.
9. Решение задачи Дирихле для круга.
10. Решение задачи Дирихле для полупространства.
11. Решение задачи Дирихле для полуплоскости.
12. Решение задачи Дирихле методом разделения переменных.
13. Вывод уравнения распространения тепла в однородном неограниченном стержне с теплоизолированной поверхностью.
14. Решение уравнения распространения тепла в однородном неограниченном стержне с теплоизолированной поверхностью.
15. Фундаментальное решение уравнения теплопроводности.
16. Постановка задачи на уравнении теплопроводности для стержня конечной длины.
17. Решение задачи на уравнении теплопроводности для стержня конечной длины.
18. Основная задача вариационного исчисления. Понятие вариации.
19. Уравнение Эйлера.
20. Задача об определении кратчайшего расстояния между двумя точками.
21. Задача о поверхности вращения наименьшей площади.
22. Задача о наименьшем сопротивлении потоку.
23. Задача нахождения уравнения замкнутой кривой, ограничивающей наибольшую площадь.
24. В чем специфика решения задач на экстремум функционала, зависящего от производных высших порядков.
25. В чем специфика решения задач на экстремум функционала, зависящего от  $m$  функций.
26. В чем специфика решения задач на экстремум функционала, зависящего от нескольких независимых переменных.
27. Принцип Гамильтона-Остроградского.
28. Вывод уравнения малых поперечных колебаний струны.



29. Вывод уравнения малых поперечных колебаний мембраны.
30. Задача и движении частицы по поверхности горизонтально расположенного цилиндра.
31. Классификация интегральных уравнений.
32. Определение резольвенты интегрального уравнения.
33. Метод последовательных приближений.
34. Метод итерированных ядер.
35. Решение уравнения Вольтерра 2-го рода с помощью резольвенты.
36. Необходимые условия разрешимости интегральных уравнений Фредгольма.
37. Метод определителей Фредгольма.
38. Ортогональные ядра.
39. Решение уравнения Фредгольма с вырожденным ядром.
40. Определение характеристических чисел и собственных функций уравнения Фредгольма.
41. Процедура получения интегрального уравнения с использованием формулы Грина.
42. Задача излучения с плоской апертуры в интегральном представлении.

Список экзаменационных задач содержится в фонде оценочных средств, который находится на кафедре «ФТОС».

## 11.2. Пример типовой контрольной работы

Темы: 2.1, 2.2.

Решить задачу Коши

$$x^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - y^2 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2};$$

$$u(x, y)|_{y=1} = f(x); \quad \left. \frac{\partial u(x, y)}{\partial x} \right|_{y=1} = F(x)$$

методом характеристик и методом Римана. Сопоставить полученные решения.

Полный фонд оценочных средств находится на кафедре «ФТОС».

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института ИЯЭиТФ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

« \_\_\_\_\_ »  
индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров/ специалистов/ магистров

Направление: {шифр – название} \_\_\_\_\_

Направленность: \_\_\_\_\_

Форма обучения \_\_\_\_\_

Год начала подготовки: \_\_\_\_\_

Курс \_\_\_\_\_

Семестр \_\_\_\_\_

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): \_\_\_\_\_  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ФТОС

\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой ФТОС \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.