

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенко Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**

Направленность (профиль) / специализация: **Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**

Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**

Курс: **2**

Семестр: **3**

Учебный план набора 2020 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности          | 3 семестр | Всего | Единицы |
|------------------------------------|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия                 | 26        | 26    | часов   |
| Практические занятия               | 18        | 18    | часов   |
| Лабораторные занятия               | 16        | 16    | часов   |
| Самостоятельная работа             | 48        | 48    | часов   |
| Общая трудоемкость                 | 108       | 108   | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию) | 3         | 3     | з.е.    |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Зачет                          | 3       |

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Формирование у студентов представлений об основах математического аппарата изучения физических полей – одного из центральных объектов современной физики и техники, находящего широкое применение при изучении математических моделей в научных и прикладных задачах.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. В результате изучения данной дисциплины студенты должны получить навыки математического моделирования реальных (в первую очередь физических) процессов на основе краевых задач для уравнений в частных производных.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Обязательная часть.

Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки.

Индекс дисциплины: Б1.О.03.03.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция                             | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|-----------------------------------|---|
| <b>Универсальные компетенции</b>        |                                   |   |
| -                                       | -                                 | -   |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b> |                                   |   |
| -                                       | -                                 | -   |
| <b>Профессиональные компетенции</b>     |                                   |   |

|   |   |  |
|---|---|--|
| ПКР-1. Способен к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики | ПКР-1.1. Проводит поиск научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому опто-электронному прибору.                      | Уметь применять и понимать математический аппарат теории дифференциальных уравнений и математической физики на практике.   |
|   | ПКР-1.2. Производит анализ исходных требований к параметрам разрабатываемого опто-электронного прибора.   | Умеет анализировать исходные данные для построения математической модели физических процессов и явлений.   |
|   | ПКР-1.3. Уточняет и корректирует требования к параметрам разрабатываемого опто-электронного прибора.  | Владеет методами решения уравнений в частных производных для теоретических и практических задач на основе построения физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования |
|   | ПКР-1.4. Согласует технические требования к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации. | Умеет моделировать реальные физические процессы как краевые задачи для уравнений в частных производных и выявлять естественнонаучную сущность проблем.   |

**4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности   | Всего часов | Семестры  |
|---|-------------|-----------|
|   |             | 3 семестр |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>   | 60          | 60        |
| Лекционные занятия  | 26          | 26        |
| Практические занятия  | 18          | 18        |
| Лабораторные занятия  | 16          | 16        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 48          | 48        |
| Подготовка к зачету   | 20          | 20        |
| Подготовка к тестированию   | 17          | 17        |
| Подготовка к защите отчета по лабораторной работе   | 4           | 4         |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета  | 4           | 4         |

|                                     |     |     |
|-------------------------------------|-----|-----|
| Подготовка к контрольной работе     | 3   | 3   |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b> | 108 | 108 |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>  | 3   | 3   |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины   | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|--|--------------|---------------|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>3 семестр</b>   |              |               |           |              |                            |                         |
| 1 Основные сведения об уравнениях с частными производными (УЧП)                                      | 4            | 2             | -         | 3            | 9                          | ПКР-1                   |
| 2 Моделирование физических процессов уравнениями в частных производных                               | 2            | 6             | 4         | 6            | 18                         | ПКР-1                   |
| 3 Классификация и приведение к каноническому виду линейных УЧП второго порядка                       | 2            | -             | 4         | 6            | 12                         | ПКР-1                   |
| 4 Решение УЧП методом разделения переменных (метод Фурье)  | 2            | -             | -         | 4            | 6                          | ПКР-1                   |
| 5 Собственные значения и собственные функции. Задача Штурма-Лиувилля                                 | 2            | 4             | -         | 4            | 10                         | ПКР-1                   |
| 6 Численные и приближенные методы решения УЧП  | 2            | -             | -         | 4            | 6                          | ПКР-1                   |
| 7 Уравнения гидродинамики: уравнение движения жидкости, уравнение неразрывности, уравнение состояния | 2            | -             | -         | 4            | 6                          | ПКР-1                   |
| 8 Метод интегральных преобразований. Понятие интегрального преобразования                            | 4            | -             | -         | 4            | 8                          | ПКР-1                   |
| 9 Математическое моделирование электрических процессов   | 4            | 6             | 4         | 7            | 21                         | ПКР-1                   |
| 10 Нелинейные волновые уравнения   | 2            | -             | 4         | 6            | 12                         | ПКР-1                   |
| Итого за семестр   | 26           | 18            | 16        | 48           | 108                        |                         |
| Итого  | 26           | 18            | 16        | 48           | 108                        |                         |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|------------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>3 семестр</b>                   |  |                                      |                         |

|  |   |   |       |
|--|---|---|-------|
| 1 Основные сведения об уравнениях с частными производными (УЧП)                | Определение УЧП. Порядок уравнения. Особенности решения УЧП. Понятие о полной и неполной системе уравнений в частных производных. Линейные и квазилинейные уравнения. Понятие о краевых задачах математической физики. Основные уравнения математической физики.  | 4 | ПКР-1 |
|  | Итого   | 4 |       |
| 2 Моделирование физических процессов уравнениями в частных производных         | Законы сохранения как основа модельного описания физического процесса. Вывод одномерной математической модели теплопроводности на основе закона сохранения энергии и закона Фурье. Понятие об аксиоматическом методе моделирования. Необходимость граничных условий (ГУ) и начальных условий (НУ). Уравнение теплопроводности при учете различных дополнительных факторов.  | 2 | ПКР-1 |
|  | Итого   | 2 |       |
| 3 Классификация и приведение к каноническому виду линейных УЧП второго порядка | Гиперболические, параболические и эллиптические уравнения и соответствие их типам физических задач. Приведение к каноническому виду уравнений гиперболического типа. Метод характеристик. Приведение к каноническому виду уравнений параболического типа. Приведение эллиптических уравнений к канонической форме. Классификация и канонические формы линейных уравнений 2-го порядка для $n$ независимых переменных. | 2 | ПКР-1 |
|  | Итого   | 2 |       |
| 4 Решение УЧП методом разделения переменных (метод Фурье)                      | Линейные однородные ГУ. Алгоритм разделения переменных. Учет граничных и начальных условий. Свойство ортогональности для системы функций. Анализ решения УЧП методом разделения переменных. Преобразование задачи с неоднородными ГУ в задачу с однородными ГУ. Задача теплопроводности с производной в ГУ.   | 2 | ПКР-1 |
|  | Итого   | 2 |       |

|  |  |   |       |
|--|--|---|-------|
| 5 Собственные значения и собственные функции. Задача Штурма-Лиувилля                                 | Самосопряженное уравнение Штурма-Лиувилля. Свойства задачи Штурма-Лиувилля. Типы краевых условий. Некоторые важные задачи Штурма-Лиувилля, к которым сводится решение физических задач. Решение неоднородного уравнения методом разложения по собственным функциям. Алгоритм решения и его реализация. Физическая интерпретация решения.   | 2 | ПКР-1 |
| Итого  |  | 2 |       |
| 6 Численные и приближенные методы решения УЧП  | Сравнение аналитических решений с численными решениями. Понятия аналитического и численного решений. Преимущества численных решений. Преимущества численных решений. Задача и пример параметрической идентификации. Метод конечных разностей. Конечно-разностные аппроксимации. Правая, левая и центральная разностные производные. Решение задачи Дирихле методом конечных разностей. Алгоритм численного решения задачи Дирихле. Матричная форма записи решения задачи Дирихле. Замена производных, входящих в ГУ, разностными аппроксимациями при решении задачи Неймана. | 2 | ПКР-1 |
| Итого  |  | 2 |       |
| 7 Уравнения гидродинамики: уравнение движения жидкости, уравнение неразрывности, уравнение состояния | Вывод уравнений акустики. Волновое уравнение. Формула Кирхгофа. Принцип Гюйгенса. Акустическая интерпретация, Граничные условия для акустических волн. Уравнение Гельмгольца. Постановка задач дифракции акустических волн. Решение уравнения Гельмгольца в сферических координатах. Дифракция плоской акустической волны на шаре. Уравнения теории упругости. Уравнения упругих колебаний.  | 2 | ПКР-1 |
| Итого  |  | 2 |       |

|  |   |          |              |
|--|---|----------|--------------|
| <p>8 Метод интегральных преобразований. Понятие интегрального преобразования</p> | <p>Ядро преобразования. Интегральное преобразование – путь к уменьшению числа независимых переменных в УЧП. Схема алгоритма решения задачи методом интегральных преобразований. Прямое и обратное преобразование. Виды интегральных преобразований. Интегральное преобразование как разложение функции в некоторый спектр компонент. Примеры спектров периодических и непериодических функций. Преобразование Фурье и его применение для решения УЧП. Фурье-образ функции и его свойства (исходная функция-результат обратного преобразования, линейность, замена дифференцирования умножением, свертка). Решение задачи Коши (на примере уравнения теплопроводности) методом преобразования Фурье. Алгоритм решения и его реализация. Анализ решения, функция Грина (функция источника). Физическая интерпретация решения. Проявление принципа суперпозиции. Условия применимости преобразования Фурье и преобразования Лапласа для УЧП.</p> | <p>4</p> | <p>ПКР-1</p> |
|  | <p>Итого</p>  | <p>4</p> |              |
| <p>9 Математическое моделирование электрических процессов</p>                    | <p>Уравнения Максвелла. Уравнения электростатики. Объемный потенциал, его свойства. Электростатическая интерпретация объемного потенциала. Физическая интерпретация основных граничных условий в электростатике. Сведение внутренней и внешней задач Дирихле, внутренней и внешней задач Неймана к интегральным уравнениям. Исследование основных краевых задач для уравнения Лапласа с помощью интегральных уравнений. Обобщенные функции и их свойства. Сингулярные обобщенные функции, дельта-функция Дирака. Фундаментальные решения для уравнений математической физики. Метод функции Грина. Построение функций Грина.</p>  | <p>4</p> | <p>ПКР-1</p> |
|  | <p>Итого</p>  | <p>4</p> |              |

|                                  |   |    |       |
|----------------------------------|---|----|-------|
| 10 Нелинейные волновые уравнения | Уравнение Кортевега-де Фриза. Солитоны. Волновые уравнения для электромагнитного поля. Плоские решения уравнений Максвелла. Краевые задачи дифракции для электромагнитных волн. | 2  | ПКР-1 |
|                                  | Итого   | 2  |       |
| Итого за семестр                 |   | 26 |       |
| Итого                            |   | 26 |       |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины                                     | Наименование практических занятий (семинаров)  | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|--|-----------------|-------------------------|
| <b>3 семестр</b>   |  |                 |                         |
| 1 Основные сведения об уравнениях с частными производными (УЧП)        | Вывод уравнений. Постановка краевых задач  | 2               | ПКР-1                   |
|  | Итого  | 2               |                         |
| 2 Моделирование физических процессов уравнениями в частных производных | Уравнения теплопроводности и колебаний в ограниченной области (однородные граничные условия).<br>Уравнения теплопроводности и колебаний в ограниченной области (неоднородные граничные условия).<br>Уравнение теплопроводности на бесконечной прямой, в неограниченном пространстве, на полубесконечной прямой | 6               | ПКР-1                   |
|  | Итого  | 6               |                         |
| 5 Собственные значения и собственные функции. Задача Штурма-Лиувилля   | Задача Штурма-Лиувилля (отрезок, прямоугольник, параллелепипед).<br>Вычисление квадрата нормы. Задача Штурма-Лиувилля (круг, сектор, кольцо).  | 4               | ПКР-1                   |
|  | Итого  | 4               |                         |
| 9 Математическое моделирование электрических процессов                 | Уравнение Лапласа в прямоугольнике и параллелепипеде.<br>Уравнение Лапласа в круге, вне круга, в кольце, в сектор. Уравнение Лапласа в цилиндре и его частях.  | 6               | ПКР-1                   |
|  | Итого  | 6               |                         |
| Итого за семестр   |  | 18              |                         |
| Итого  |  | 18              |                         |

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------|-------------------------|
| <b>3 семестр</b>                   |                                 |                 |                         |



|  |  |    |       |
|--|--|----|-------|
| 2 Моделирование физических процессов уравнениями в частных производных         | Численный метод решения уравнения теплопроводности на основе неявной разностной схемы (Кранка-Николсона) | 4  | ПКР-1 |
|  | Итого  | 4  |       |
| 3 Классификация и приведение к каноническому виду линейных УЧП второго порядка | Численный метод решения гиперболического уравнения на основе явной разностной схемы                      | 4  | ПКР-1 |
|  | Итого  | 4  |       |
| 9 Математическое моделирование электрических процессов                         | Численный метод решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа   | 4  | ПКР-1 |
|  | Итого  | 4  |       |
| 10 Нелинейные волновые уравнения   | Пространственные солитоны в керровской среде с насыщением нелинейности                                   | 4  | ПКР-1 |
|  | Итого  | 4  |       |
| Итого за семестр   |  | 16 |       |
| Итого  |  | 16 |       |

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины                                     | Виды самостоятельной работы                        | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля                       |
|--|--|-----------------|-------------------------|--------------------------------------|
| <b>3 семестр</b>   |  |                 |                         |                                      |
| 1 Основные сведения об уравнениях с частными производными (УЧП)        | Подготовка к зачету                                | 2               | ПКР-1                   | Зачёт                                |
|  | Подготовка к тестированию                          | 1               | ПКР-1                   | Тестирование                         |
|  | Итого  | 3               |                         |                                      |
| 2 Моделирование физических процессов уравнениями в частных производных | Подготовка к зачету                                | 2               | ПКР-1                   | Зачёт                                |
|  | Подготовка к тестированию                          | 1               | ПКР-1                   | Тестирование                         |
|  | Подготовка к защите отчета по лабораторной работе  | 1               | ПКР-1                   | Защита отчета по лабораторной работе |
|  | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 1               | ПКР-1                   | Лабораторная работа                  |
|  | Подготовка к контрольной работе                    | 1               | ПКР-1                   | Контрольная работа                   |
|  | Итого  | 6               |                         |                                      |

|  |  |   |       |                                      |
|--|--|---|-------|--------------------------------------|
| 3 Классификация и приведение к каноническому виду линейных УЧП второго порядка                       | Подготовка к зачету                                | 2 | ПКР-1 | Зачёт                                |
|  | Подготовка к тестированию                          | 2 | ПКР-1 | Тестирование                         |
|  | Подготовка к защите отчета по лабораторной работе  | 1 | ПКР-1 | Защита отчета по лабораторной работе |
|  | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 1 | ПКР-1 | Лабораторная работа                  |
|  | Итого  | 6 |       |                                      |
| 4 Решение УЧП методом разделения переменных (метод Фурье)  | Подготовка к зачету                                | 2 | ПКР-1 | Зачёт                                |
|  | Подготовка к тестированию                          | 2 | ПКР-1 | Тестирование                         |
|  | Итого  | 4 |       |                                      |
| 5 Собственные значения и собственные функции. Задача Штурма-Лиувилля                                 | Подготовка к зачету                                | 2 | ПКР-1 | Зачёт                                |
|  | Подготовка к тестированию                          | 2 | ПКР-1 | Тестирование                         |
|  | Итого  | 4 |       |                                      |
| 6 Численные и приближенные методы решения УЧП  | Подготовка к зачету                                | 2 | ПКР-1 | Зачёт                                |
|  | Подготовка к тестированию                          | 2 | ПКР-1 | Тестирование                         |
|  | Итого  | 4 |       |                                      |
| 7 Уравнения гидродинамики: уравнение движения жидкости, уравнение неразрывности, уравнение состояния | Подготовка к зачету                                | 2 | ПКР-1 | Зачёт                                |
|  | Подготовка к тестированию                          | 2 | ПКР-1 | Тестирование                         |
|  | Итого  | 4 |       |                                      |
| 8 Метод интегральных преобразований. Понятие интегрального преобразования                            | Подготовка к зачету                                | 2 | ПКР-1 | Зачёт                                |
|  | Подготовка к тестированию                          | 2 | ПКР-1 | Тестирование                         |
|  | Итого  | 4 |       |                                      |
| 9 Математическое моделирование электрических процессов   | Подготовка к зачету                                | 2 | ПКР-1 | Зачёт                                |
|  | Подготовка к тестированию                          | 2 | ПКР-1 | Тестирование                         |
|  | Подготовка к защите отчета по лабораторной работе  | 1 | ПКР-1 | Защита отчета по лабораторной работе |
|  | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 1 | ПКР-1 | Лабораторная работа                  |
|  | Подготовка к контрольной работе                    | 1 | ПКР-1 | Контрольная работа                   |
|  | Итого  | 7 |       |                                      |

|                                  |  |    |       |                                      |
|----------------------------------|--|----|-------|--------------------------------------|
| 10 Нелинейные волновые уравнения | Подготовка к зачету                                | 2  | ПКР-1 | Зачёт                                |
|                                  | Подготовка к тестированию                          | 1  | ПКР-1 | Тестирование                         |
|                                  | Подготовка к защите отчета по лабораторной работе  | 1  | ПКР-1 | Защита отчета по лабораторной работе |
|                                  | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 1  | ПКР-1 | Лабораторная работа                  |
|                                  | Подготовка к контрольной работе                    | 1  | ПКР-1 | Контрольная работа                   |
|                                  | Итого  | 6  |       |                                      |
| Итого за семестр                 |  | 48 |       |                                      |
| Итого                            |  | 48 |       |                                      |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности |            |           |           | Формы контроля   |
|-------------------------|---------------------------|------------|-----------|-----------|--|
|                         | Лек. зан.                 | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. |  |
| ПКР-1                   | +                         | +          | +         | +         | Зачёт, Защита отчета по лабораторной работе, Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля                       | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|--------------------------------------|--|---|---|------------------|
| <b>3 семестр</b>                     |  |   |   |                  |
| Зачёт                                | 10   | 0   | 10  | 20               |
| Защита отчета по лабораторной работе | 0  | 3   | 9   | 12               |
| Контрольная работа                   | 5  | 0   | 10  | 15               |
| Лабораторная работа                  | 0  | 2   | 6   | 8                |
| Тестирование                         | 15   | 10  | 20  | 45               |
| Итого максимум за период             | 30   | 15  | 55  | 100              |
| Нарастающим итогом                   | 30   | 45  | 100   | 100              |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля                       | Оценка |
|---|--------|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 5      |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4      |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3      |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 2      |

### 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка                               | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS)           |
|--------------------------------------|--|-------------------------|
| 5 (отлично) (зачтено)                | 90 – 100   | A (отлично)             |
| 4 (хорошо) (зачтено)                 | 85 – 89  | B (очень хорошо)        |
|                                      | 75 – 84  | C (хорошо)              |
|                                      | 70 – 74  | D (удовлетворительно)   |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено)      | 65 – 69  | E (посредственно)       |
|                                      | 60 – 64  |                         |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов   | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Конспект лекций по высшей математике : в 2 ч. / Д. Т. Письменный. - М. : Айрис-Пресс, 2007. Ч. 2 : Тридцать пять лекций. - 5-е изд. - М. : Айрис-Пресс, 2007. - 251 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 60 экз.).

2. Методы математической физики: Учебное пособие предназначено для студентов факультета дистанционного обучения ТУСУРа / Ю. В. Гриняев, В. М. Ушаков, Л. Л. Миньков, С. В. Тимченко - 2012. 148 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/3379>.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Математические методы физики. Избранные вопросы : Учебник для вузов / Е. А. Краснопевцев. - Новосибирск : НГТУ, 2003. - 242 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.).

2. Высшая математика III. Функции комплексного переменного. Ряды. Интегральные преобразования: Учебное пособие / Л. И. Магазинников - 2012. 206 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2258>.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Методы математической физики : Руководство к организации самостоятельной работы для студентов специальности 210106 "Промышленная электроника" / Ю. В. Гриняев, Л. Л. Миньков ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра промышленной электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 116 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 94 экз.).

2. Методы математической физики: Методические указания к практическим занятиям / П. П. Гейко - 2012. 31 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2351>.

3. Решение уравнений в частных производных гиперболического типа: Методические указания к лабораторной работе / П. П. Гейко - 2012. 15 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2346>.

4. Моделирование параболических уравнений в частных производных по схеме Кранка–Николсона: Методические указания к лабораторной работе / П. П. Гейко - 2012. 14 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2347>.

5. Решение дифференциальных уравнений эллиптического типа: Методические указания к лабораторной работе / П. П. Гейко - 2012. 12 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2348>.

6. Пространственные солитоны в керровской среде с насыщением нелинейности: Методические указания к лабораторной работе / А. Л. Магазинников - 2012. 21 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2350>.

### **7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### **7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

## **8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### **8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### **8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Компьютерная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 511 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Коммутатор 3COM OFFICE CONNECT;
- Доска 3-х элементная;
- Шкаф - 2 шт.;
- Шкаф для одежды;
- Тумба выкатная - 2 шт.;
- Тумба;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

#### **8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

#### **8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

### **9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

#### **9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины   | Формируемые компетенции | Формы контроля                       | Оценочные материалы (ОМ)                                  |
|--|-------------------------|--------------------------------------|---|
| 1 Основные сведения об уравнениях с частными производными (УЧП)                                      | ПКР-1                   | Зачёт                                | Перечень вопросов для зачета                              |
|  |                         | Тестирование                         | Примерный перечень тестовых заданий                       |
| 2 Моделирование физических процессов уравнениями в частных производных                               | ПКР-1                   | Зачёт                                | Перечень вопросов для зачета                              |
|  |                         | Защита отчета по лабораторной работе | Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ |
|  |                         | Контрольная работа                   | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ  |
|  |                         | Лабораторная работа                  | Темы лабораторных работ                                   |
|  |                         | Тестирование                         | Примерный перечень тестовых заданий                       |
| 3 Классификация и приведение к каноническому виду линейных УЧП второго порядка                       | ПКР-1                   | Зачёт                                | Перечень вопросов для зачета                              |
|  |                         | Защита отчета по лабораторной работе | Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ |
|  |                         | Лабораторная работа                  | Темы лабораторных работ                                   |
|  |                         | Тестирование                         | Примерный перечень тестовых заданий                       |
| 4 Решение УЧП методом разделения переменных (метод Фурье)  | ПКР-1                   | Зачёт                                | Перечень вопросов для зачета                              |
|  |                         | Тестирование                         | Примерный перечень тестовых заданий                       |
| 5 Собственные значения и собственные функции. Задача Штурма-Лиувилля                                 | ПКР-1                   | Зачёт                                | Перечень вопросов для зачета                              |
|  |                         | Тестирование                         | Примерный перечень тестовых заданий                       |
| 6 Численные и приближенные методы решения УЧП  | ПКР-1                   | Зачёт                                | Перечень вопросов для зачета                              |
|  |                         | Тестирование                         | Примерный перечень тестовых заданий                       |
| 7 Уравнения гидродинамики: уравнение движения жидкости, уравнение неразрывности, уравнение состояния | ПКР-1                   | Зачёт                                | Перечень вопросов для зачета                              |
|  |                         | Тестирование                         | Примерный перечень тестовых заданий                       |

|   |       |                                      |   |
|---|-------|--------------------------------------|---|
| 8 Метод интегральных преобразований. Понятие интегрального преобразования | ПКР-1 | Зачёт                                | Перечень вопросов для зачета                              |
|   |       | Тестирование                         | Примерный перечень тестовых заданий                       |
| 9 Математическое моделирование электрических процессов                    | ПКР-1 | Зачёт                                | Перечень вопросов для зачета                              |
|   |       | Защита отчета по лабораторной работе | Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ |
|   |       | Контрольная работа                   | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ  |
|   |       | Лабораторная работа                  | Темы лабораторных работ                                   |
|   |       | Тестирование                         | Примерный перечень тестовых заданий                       |
| 10 Нелинейные волновые уравнения  | ПКР-1 | Зачёт                                | Перечень вопросов для зачета                              |
|   |       | Защита отчета по лабораторной работе | Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ |
|   |       | Контрольная работа                   | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ  |
|   |       | Лабораторная работа                  | Темы лабораторных работ                                   |
|   |       | Тестирование                         | Примерный перечень тестовых заданий                       |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка                     | Баллы за ОМ                                | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения |   |  |
|----------------------------|--|---|---|--|
|                            |  | знать   | уметь   | владеть  |
| 2<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания  | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков    |
| 3<br>(удовлетворительно)   | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания   | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |



|             |  |   |  |  |
|-------------|--|---|--|--|
| 4 (хорошо)  | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов         | сформированные систематические знания                   | сформированное умение                                    | успешное и систематическое применение навыков                        |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка                     | Формулировка требований к степени компетенции  |
|----------------------------|--|
| 2<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.   |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.   |
| 5 (отлично)                | Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.                             |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

- Какие физические процессы описывает параболическое уравнение?
  - колебания;
  - движущиеся волны;
  - стационарные процессы;
  - диффузию.
- Какие физические процессы описывает гиперболическое уравнение?
  - колебания;
  - волны;
  - стационарные процессы;
  - диффузию.
- Какие физические процессы описывает эллиптическое уравнение?
  - колебания;
  - движущиеся волны;
  - стационарные процессы;
  - диффузию.

4. Что описывают граничные условия?
- взаимосвязь физических переменных;
  - физическую переменную в начальный момент времени;
  - физическую переменную на границе;
  - производную физической переменной в начальный момент времени.
5. Что описывают начальные условия?
- взаимосвязь физических переменных;
  - физическую переменную в начальный момент времени;
  - физическую переменную на границе;
  - производную физической переменной в начальный момент времени.
6. Что описывает уравнение?
- взаимосвязь физических переменных;
  - физическую переменную в начальный момент времени;
  - физическую переменную на границе;
  - производную физической переменной в начальный момент времени.
7. Функция  $f_{\xi}(x, t) = \frac{1}{2a\sqrt{\pi t}} e^{-\frac{(x-\xi)^2}{4a^2 t}}$  при всех значениях  $\xi$  является решением уравнения теплопроводности  $U_t = a^2 U_{xx}$  в области  $\{(x, t): x \in (-\infty, \infty), t \in (0, \infty)\}$ . Данная функция называется ... решением уравнения теплопроводности.
- элементарным;
  - стационарным;
  - неоднородным;
  - фундаментальным.
8. Решение задачи имеет вид  $y'' + \frac{1}{4}y = 0, y(0) = y(4p) = 0$
- $y = \sin x/2$ ;
  - $y = \sin px/2$ ;
  - $y = \cos x/2$ ;
  - $y = \sin 4x/2$ .
9. Функция  $U$  является решением уравнения  $U_{xx} + U_{yy} = \cos x \cdot \cos y$ . Тогда решением соответствующего однородного уравнения будет функция
- $U - \frac{1}{2} \cos x \cdot \cos y$ ;
  - $U + x^2 + y^2$ ;
  - $U + \frac{1}{2} \cos x \cdot \cos y$ ;
  - $U + 2xy$ .
10. Решение задачи  $y'' + p^2 y = 0, y(0) = y'\left(\frac{1}{2}\right) = 0$  имеет вид
- $y = \sin x$ ;
  - $y = \cos x$ ;
  - $y = \cos px$ ;
  - $y = \sin px$ .
11. Укажите тип дифференциального уравнения  $3 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 2 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - 5 \sin 4x = 0$
- эллиптический;
  - гиперболический;
  - круговой;
  - параболический;
12. Укажите собственные функции краевой задачи  $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 9 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0, u(0; y) = u(l; y) = 0$

а)  $\sin\left(\frac{n\pi x}{3}\right)$ ;

б)  $\sin\left(\frac{n\pi x}{l}\right)$ ;

в)  $\sin(3n\pi x)$ ;

г)  $\cos\left(\frac{n\pi x}{l}\right)$ .

13. Функция  $y = \cos(2x/3)$  является собственной функцией задачи Штурма-Лиувилля  $y'' + ly = 0$ ,  $y'(0) = y'(3p) = 0$  с собственным значением

а)  $l = -4/9$ ;

б)  $l = -2/3$ ;

в)  $l = 4/9$ ;

г)  $l = 2/3$ .

14. Какому начальному условию удовлетворяет функция

$$u(x, t) = 6x^2 + 4tx - 8t \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2 + 4} \sin \frac{2n\pi x}{5} e^{-3nt} ?$$

а)  $u(x, 0) = 0$ ;

б)  $u(x, 0) = 6x^2$ ;

в)  $u(x, 0) = 8t$ ;

г)  $u(x, 0) = 4$ .

15. Какое из уравнений является уравнением теплопроводности стержня с источниками тепла внутри?

а)  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - 25 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$ ;

б)  $\frac{\partial u}{\partial t} + 5 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 8e^{-3t}$ ;

в)  $\frac{\partial u}{\partial t} - 30 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 4xe^{-3t}$ ;

г)  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 8e^{-3t} \sin 5x$ .

16. Укажите, какое из данных уравнений является уравнением Пуассона?

а)  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$ ;

б)  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 8e^{-3t} \sin 5x$ ;

в)  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 2$ ;

г)  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 7x^2(t+4)$ .

17. Какая из краевых задач является задачей о теплопроводности стержня конечной длины без источников тепла внутри и с нулевой температурой на концах?

а)  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - 25 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$ ,  $u(0, t) = u(7, t) = 0$ ;  $u(x, 0) = x$ ;

б)  $\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 7x^2(t+4)$ ,  $u(0, t) = u(7, t) = 0$ ;  $u(x, 0) = 0$ ;

в)  $\frac{\partial u}{\partial t} - 9 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$ ,  $u(0, t) = u(4, t) = 0$ ;  $u(x, 0) = x(4-x)$ ;

- г)  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 16 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0, \quad u(0, t) = u(5, t) = 3; \quad u(x, 0) = 0$
18. Какая из краевых задач является задачей о вынужденных колебаниях конечной струны, закрепленной только на левом конце
- а)  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - 25 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0, \quad u(0, t) = u(7, t) = 0; \quad u(x, 0) = x$ ;
- б)  $\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 7x^2(t+4), \quad u(0, t) = u(7, t) = 0; \quad u(x, 0) = 0$ ;
- в)  $\frac{\partial u}{\partial t} - 9 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0, \quad u(0, t) = u(4, t) = 0; \quad u(x, 0) = x(4-x)$ ;
- г)  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 16 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0, \quad u(0, t) = u(5, t) = 3; \quad u(x, 0) = 0$
19. Решением какого уравнения является функция  $u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \sin \frac{2nx}{5} \cos \frac{8n\pi t}{5}$  ?
- а)  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - 16 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$ ;
- б)  $\pi \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - 16 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 5x \sin 4t$ ;
- в)  $\frac{1}{16} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \pi^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$ ;
- г)  $\frac{\partial u}{\partial t} - 16 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 5$

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Основные сведения об уравнениях с частными производными (УЧП)
2. Моделирование физических процессов уравнениями в частных производных.
3. Классификация и приведение к каноническому виду линейных УЧП второго порядка.
4. Решение УЧП методом разделения переменных (метод Фурье).
5. Собственные значения и собственные функции.
6. Задача Штурма- Лиувилля
7. Метод интегральных преобразований.
8. Понятие интегрального преобразования.
9. Численные и приближенные методы решения УЧП.
10. Уравнения гидродинамики: уравнение движения жидкости, уравнение неразрывности, уравнение состояния.
11. Математическое моделирование электрических процессов.
12. Нелинейные волновые уравнения.
13. Линейные однородные ГУ.
14. Самосопряженное уравнение Штурма-Лиувилля.
15. Интегральное преобразование как разложение функции в некоторый спектр компонент.
16. Интегральное преобразование – путь к уменьшению числа независимых переменных в УЧП.
17. Сравнение аналитических решений с численными решениями. Понятия аналитического и численного решений.
18. Вывод уравнений акустики.
19. Принцип Гюйгенса.
20. Дифракция плоской акустической волны на шаре.

### 9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ

1. Напишите математическую модель теплопроводности.

2. В чем заключается метод разностной схемы?
3. В чем заключается разница между неявной и явной разностной схемой?
4. Какие физические явления описывает уравнение Лапласа?
5. Каким уравнением описывается пространственный солитон в керровской среде?

#### 9.1.4. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

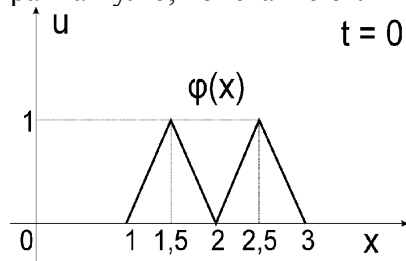
1. Решите уравнение теплопроводности
 
$$\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0, \quad u(x, 0) = \sin x, \quad u(0, t) = u(\pi, t) = 0, \quad 0 < x < \pi, \quad t > 0.$$
2. Покажите, что функция  $u(x, t) = e^{-\lambda^2 a^2 t} [A \sin(\lambda x) + B \cos(\lambda x)]$  удовлетворяет уравнению  $u_t = a^2 u_{xx}$  при произвольных A, B и  $\lambda$ .
3. Решите смешанную задачу
 
$$u_{tt} - 25u_{xx} = -7x \sin t, \quad 0 < x < 1, \quad t > 0,$$

$$\begin{cases} u(x, 0) = 2 \cos(\pi x), \\ u_t(x, 0) = 7x, \end{cases}$$

$$u_x(0, t) = u_x(1, t) = 7 \sin(t)$$
4. Поперечные колебания полуограниченной струны описываются начально-краевой задачей

$$\begin{cases} u_{tt} = \frac{1}{4} u_{xx}, & 0 \leq x < +\infty, \\ u|_{t=0} = \varphi(x), \\ u_t|_{t=0} = 0, \\ u_x|_{x=0} = 0, \end{cases}$$

где  $\varphi(x)$  – начальный профиль струны – изображен на рисунке. Построить профили струны в моменты времени  $t=n/2, n=4, \dots, 10$ . Найти закон изменения ординаты  $u(0, t)$  с течением времени. Указать на характеристической плоскости области, где функция  $u(x, t)$  равна нулю, константе отличной от нуля, не равна константе.



5. Однородная струна длиной  $l$  жестко закреплена на концах  $x=0$  и  $x=l$ . Струну отклонили от положения равновесия и в момент времени  $t=0$  отпустили без начальной скорости. Требуется определить отклонения  $u(x, t)$  струны в любой момент времени, если ее начальное отклонение задается функцией  $a(x)=Ax(l-x), A>0$ .

#### 9.1.5. Темы лабораторных работ

1. Численный метод решения уравнения теплопроводности на основе неявной разностной схемы (Кранка-Николсона)
2. Численный метод решения гиперболического уравнения на основе явной разностной схемы
3. Численный метод решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа
4. Пространственные солитоны в керровской среде с насыщением нелинейности

#### 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление

студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### **9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся                         | Виды дополнительных оценочных материалов  | Формы контроля и оценки результатов обучения   |
|---|---|--|
| С нарушениями слуха                           | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы                        | Преимущественно письменная проверка  |
| С нарушениями зрения                          | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам   | Преимущественно устная проверка (индивидуально)  |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата   | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами  |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы         | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### **9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП  
протокол № 81 от «12» 11 2019 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                         | Инициалы, фамилия | Подпись  |
|-----------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ЭП    | С.М. Шандаров     | Согласовано,<br>ab3ff0e2-dc9a-420c-<br>9fb4-5f882facc349 |
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП | С.М. Шандаров     | Согласовано,<br>ab3ff0e2-dc9a-420c-<br>9fb4-5f882facc349 |
| Начальник учебного управления     | Е.В. Саврук       | Согласовано,<br>fa63922b-1fce-4aba-<br>845d-9ce7670b004c |

### ЭКСПЕРТЫ:

|                    |              |  |
|--------------------|--------------|--|
| Доцент, каф. ЭП    | А.И. Аксенов | Согласовано,<br>d90d5f87-f1a9-4440-<br>b971-ce4f7e994961 |
| Профессор, каф. ЭП | Л.Н. Орликов | Согласовано,<br>8afa57b7-3fcf-44bc-<br>922a-3c3f168876e6 |

### РАЗРАБОТАНО:

|                                |                |  |
|--------------------------------|----------------|--|
| Старший преподаватель, каф. ЭП | В. Дю          | Разработано,<br>73f269b2-fd48-4478-<br>85e8-00d695cea241 |
| Профессор, каф. ЭП             | Е.Е. Слядников | Разработано,<br>428e61dd-26cd-4d18-<br>850b-74157ffde9f6 |