

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



УТВЕРЖДАЮ  
Директор департамента образования

Документ подписан электронной подписью  
Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820  
Владелец: Троян Павел Ефимович  
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**

Направленность (профиль) / специализация: **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**

Форма обучения: **очная**

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

Кафедра: **Кафедра физической электроники (ФЭ)**

Курс: **2**

Семестр: **3**

Учебный план набора 2019 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности          | 3 семестр | Всего | Единицы |
|------------------------------------|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия                 | 18        | 18    | часов   |
| Практические занятия               | 18        | 18    | часов   |
| Самостоятельная работа             | 36        | 36    | часов   |
| Общая трудоемкость                 | 72        | 72    | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию) | 2         | 2     | 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: ФТД. Факультативные дисциплины.

Индекс дисциплины: ФТД.02.

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>  |  |  |
| ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования | ОПК-1.1 .Знает фундаментальные законы естественных наук и математического анализа                              | Знает фундаментальные физические и математические законы.  |
|  | ОПК-1.2 .Умеет использовать физические и математические законы при решении задач профессиональной деятельности | Уметь применять и понимать математический аппарат теории дифференциальных уравнений и математической физики на практике. |
|  | ОПК-1.3 .Владеет физическим и математическим аппаратом для решения профессиональных задач                      | Владеет методами построения математических моделей физических явлений и процессов.                                       |
| <b>Профессиональные компетенции</b>  |  |  |
| -  | -  | -  |

## 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 2 зачетных единиц, 72 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>   | 36          | 36        |
| Лекционные занятия  | 18          | 18        |
| Практические занятия  | 18          | 18        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 36          | 36        |
| Подготовка к зачету   | 20          | 20        |
| Подготовка к тестированию   | 8           | 8         |
| Подготовка к защите отчета по практическому занятию   | 8           | 8         |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>   | 72          | 72        |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>  | 2           | 2         |

## 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 | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|--|--------------|---------------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>3 семестр</b>   |              |               |              |                            |                         |
| 1 Краевые задачи для линейных дифференциальных операторов второго порядка  | 2            | 4             | 8            | 14                         | ОПК-1                   |
| 2 Уравнение теплопроводности   | 6            | 5             | 10           | 21                         | ОПК-1                   |
| 3 Волновое уравнение   | 4            | 4             | 8            | 16                         | ОПК-1                   |
| 4 Уравнения Лапласа и Пуассона. Уравнения в частных производных второго порядка Решение уравнений математической физики с помощью метода сеток. Метод конечных элементов | 6            | 5             | 10           | 21                         | ОПК-1                   |
| Итого за семестр   | 18           | 18            | 36           | 72                         |                         |
| Итого  | 18           | 18            | 36           | 72                         |                         |

### 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 Краевые задачи для линейных дифференциальных операторов второго порядка | Основные сведения об уравнениях с частными производными (УЧП)<br>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. Моделирование физических процессов уравнениями в частных производных. Законы сохранения как основа модельного описания физического процесса.   | 2 | ОПК-1 |
|   | Итого  | 2 |       |
| 2 Уравнение теплопроводности  | Вывод одномерной математической модели теплопроводности на основе закона сохранения энергии и закона Фурье. Необходимость граничных условий (ГУ) и начальных условий (НУ). Собственные значения и собственные функции. Задача Штурма-Лиувилля. Метод интегральных преобразований. Понятие интегрального преобразования. Ядро преобразования. Схема алгоритма решения задачи методом интегральных преобразований. Прямое и обратное преобразование. Виды интегральных преобразований. Интегральное преобразование как разложение функции в некоторый спектр компонент | 6 | ОПК-1 |
|   | Итого  | 6 |       |
| 3 Волновое уравнение  | Уравнения гидродинамики: уравнение движения жидкости, уравнение неразрывности, уравнение состояния. Волновое уравнение. Формула Кирхгофа. Принцип Гюйгенса. Акустическая интерпретация, Граничные условия для акустических волн. Уравнение Гельмгольца. Уравнения теории упругости. Уравнения упругих колебаний.   | 4 | ОПК-1 |
|   | Итого  | 4 |       |

|   |  |    |       |
|---|--|----|-------|
| 4 Уравнения Лапласа и Пуассона. Уравнения в частных производных второго порядка<br>Решение уравнений математической физики с помощью метода сеток. Метод конечных элементов | Уравнения гидродинамики: уравнение движения жидкости, уравнение неразрывности, уравнение состояния. Волновое уравнение. Формула Кирхгофа. Принцип Гюйгенса. Акустическая интерпретация, Граничные условия для акустических волн. Уравнение Гельмгольца. Уравнения теории упругости. Уравнения упругих колебаний. | 6  | ОПК-1 |
|   | Итого  | 6  |       |
| Итого за семестр  |  | 18 |       |
| Итого   |  | 18 |       |

### 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 Краевые задачи для линейных дифференциальных операторов второго порядка   | Классификация уравнений с частными производными второго порядка. Канонические формы линейных уравнений в частных производных второго порядка с постоянными коэффициентами. Преобразования линейных уравнений в частных производных. Приведение к каноническому виду | 4               | ОПК-1                   |
|   | Итого   | 4               |                         |
| 2 Уравнение теплопроводности  | Семинар по теме «Однородное уравнение теплопроводности». Плоская задача Дирихле. Метод Фурье.   | 5               | ОПК-1                   |
|   | Итого   | 5               |                         |
| 3 Волновое уравнение  | Краевые задачи для однородного и неоднородного волновых уравнений.  | 4               | ОПК-1                   |
|   | Итого   | 4               |                         |
| 4 Уравнения Лапласа и Пуассона. Уравнения в частных производных второго порядка<br>Решение уравнений математической физики с помощью метода сеток. Метод конечных элементов | Особенности численного моделирования задач математической физики. Метод сеток для решения нелинейного волнового уравнения. Солитоны   | 5               | ОПК-1                   |
|   | Итого   | 5               |                         |
| Итого за семестр  |   | 18              |                         |
| Итого   |   | 18              |                         |

### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

### 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 Краевые задачи для линейных дифференциальных операторов второго порядка   | Подготовка к зачету                                 | 4               | ОПК-1                   | Зачёт                                  |
|   | Подготовка к тестированию                           | 2               | ОПК-1                   | Тестирование                           |
|   | Подготовка к защите отчета по практическому занятию | 2               | ОПК-1                   | Защита отчета по практическому занятию |
|   | Итого   | 8               |                         |  |
| 2 Уравнение теплопроводности  | Подготовка к зачету                                 | 6               | ОПК-1                   | Зачёт                                  |
|   | Подготовка к тестированию                           | 2               | ОПК-1                   | Тестирование                           |
|   | Подготовка к защите отчета по практическому занятию | 2               | ОПК-1                   | Защита отчета по практическому занятию |
|   | Итого   | 10              |                         |  |
| 3 Волновое уравнение  | Подготовка к зачету                                 | 4               | ОПК-1                   | Зачёт                                  |
|   | Подготовка к тестированию                           | 2               | ОПК-1                   | Тестирование                           |
|   | Подготовка к защите отчета по практическому занятию | 2               | ОПК-1                   | Защита отчета по практическому занятию |
|   | Итого   | 8               |                         |  |
| 4 Уравнения Лапласа и Пуассона. Уравнения в частных производных второго порядка<br>Решение уравнений математической физики с помощью метода сеток. Метод конечных элементов | Подготовка к зачету                                 | 6               | ОПК-1                   | Зачёт                                  |
|   | Подготовка к тестированию                           | 2               | ОПК-1                   | Тестирование                           |
|   | Подготовка к защите отчета по практическому занятию | 2               | ОПК-1                   | Защита отчета по практическому занятию |
|   | Итого   | 10              |                         |  |
| Итого за семестр  |   | 36              |                         |  |
| Итого   |   | 36              |                         |  |

### 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. | Сам. раб. |   |
| ОПК-1                   | +                         | +          | +         | Зачёт, Защита отчета по практическому занятию, 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 практическому занятию | 10   | 10  | 15  | 35               |
| Тестирование                           | 15   | 10  | 20  | 45               |
| Итого максимум за период               | 35   | 20  | 45  | 100              |
| Нарастающим итогом                     | 35   | 55  | 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   | А (отлично)           |
| 4 (хорошо) (зачтено)  | 85 – 89  | В (очень хорошо)      |
|                       | 75 – 84  | С (хорошо)            |
|                       | 70 – 74  | D (удовлетворительно) |

|                                      |                |                         |
|--------------------------------------|----------------|-------------------------|
| 3 (удовлетворительно) (зачтено)      | 65 – 69        | Е (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. - . - ISBN 978-5-8112-1687-1. Ч. 2 : Тридцать пять лекций. - 5-е изд. - М. : Айрис-Пресс, 2007. - 251, [5] с. : ил., табл. - ISBN 978-5-8112-2315-2 (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>.

#### 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.

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 237 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Проектор;
- Проекционный экран;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

#### **8.3. 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.

#### **8.4. 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 Краевые задачи для линейных дифференциальных операторов второго порядка | ОПК-1                   | Зачёт                                  | Перечень вопросов для зачета                                |
|   |                         | Защита отчета по практическому занятию | Примерный перечень вопросов для защиты практических занятий |
|   |                         | Тестирование                           | Примерный перечень тестовых заданий                         |
| 2 Уравнение теплопроводности  | ОПК-1                   | Зачёт                                  | Перечень вопросов для зачета                                |
|   |                         | Защита отчета по практическому занятию | Примерный перечень вопросов для защиты практических занятий |
|   |                         | Тестирование                           | Примерный перечень тестовых заданий                         |

|  |       |  |   |
|--|-------|--|---|
| 3 Волновое уравнение   | ОПК-1 | Зачёт                                  | Перечень вопросов для зачета                                |
|  |       | Защита отчета по практическому занятию | Примерный перечень вопросов для защиты практических занятий |
|  |       | Тестирование                           | Примерный перечень тестовых заданий                         |
| 4 Уравнения Лапласа и Пуассона. Уравнения в частных производных второго порядка Решение уравнений математической физики с помощью метода сеток. Метод конечных элементов | ОПК-1 | Зачёт                                  | Перечень вопросов для зачета                                |
|  |       | Защита отчета по практическому занятию | Примерный перечень вопросов для защиты практических занятий |
|  |       | 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

1. Какие физические процессы описывает параболическое уравнение?
  - а) колебания;
  - б) движущиеся волны;
  - в) стационарные процессы;
  - г) диффузию.
2. Какие физические процессы описывает гиперболическое уравнение?
  - а) колебания;
  - б) волны;
  - в) стационарные процессы;
  - г) диффузию.
3. Какие физические процессы описывает эллиптическое уравнение?
  - а) колебания;
  - б) движущиеся волны;
  - в) стационарные процессы;
  - г) диффузию.
4. Что описывают граничные условия?
  - а) взаимосвязь физических переменных;
  - б) физическую переменную в начальный момент времени;
  - в) физическую переменную на границе;
  - г) производную физической переменной в начальный момент времени.
5. Что описывают начальные условия?
  - а) взаимосвязь физических переменных;
  - б) физическую переменную в начальный момент времени;
  - в) физическую переменную на границе;
  - г) производную физической переменной в начальный момент времени.
6. Что описывает уравнение?
  - а) взаимосвязь физических переменных;
  - б) физическую переменную в начальный момент времени;
  - в) физическую переменную на границе;
  - г) 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  $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 9 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0, u(0; y) = u(l; y) = 0$
- $\sin\left(\frac{\pi x}{3}\right)$ ;
  - $\sin\left(\frac{\pi x}{l}\right)$ ;
  - $\sin(3\pi x)$ ;
  - $\cos\left(\frac{\pi x}{l}\right)$ .
13. Функция  $y = \cos(2x/3)$  является собственной функцией задачи Штурма-Лиувилля  $y'' + ly = 0, y'(0) = y'(3p) = 0$  с собственным значением
- $l = -4/9$ ;
  - $l = -2/3$ ;
  - $l = 4/9$ ;

- г)  $l = 2/3$ .
14. Какому начальному условию удовлетворяет функция  $u(x, t) = 6x^2 + 4tx - 8t \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2 + 4} \sin \frac{2nx}{5} e^{-3nt}$ ?
- 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)  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - 25 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0, \quad u(0, t) = u(7, t) = 0; \quad u(x, 0) = x$ ;  
 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)  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 16 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0, \quad u(0, t) = u(5, t) = 3; \quad u(x, 0) = 0$ .
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 практических занятий

1. Вывод уравнений. Постановка краевых задач.
2. Уравнения теплопроводности и колебаний в ограниченной области (однородные граничные условия).
3. Уравнения теплопроводности и колебаний в ограниченной области (неоднородные граничные условия).
4. Уравнение теплопроводности на бесконечной прямой, в неограниченном пространстве, на полубесконечной прямой
5. Задача Штурма-Лиувилля (отрезок, прямоугольник, параллелепипед) Вычисление квадрата нормы.
6. Задача Штурма-Лиувилля (круг, сектор, кольцо).
7. Уравнение Лапласа в прямоугольнике и параллелепипеде Уравнение Лапласа в круге, вне круга, в кольце, в секторе
8. Уравнение Лапласа в цилиндре и его частях

### 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 № 73 от «12» 12 2018 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                         | Инициалы, фамилия | Подпись  |
|-----------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ФЭ    | П.Е. Троян        | Согласовано,<br>1c6cfa0a-52a6-4f49-<br>aef0-5584d3fd4820 |
| 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:

|                                |                |  |
|--------------------------------|----------------|--|
| Старший преподаватель, каф. ФЭ | В.В. Каранский | Согласовано,<br>c2e55ae8-0332-4ed9-<br>a65a-afbb92539ee8 |
| 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 |