**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента по учебной работе
_____Ким М.Ю.
«29» _____10_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Электроника, наноэлектроника и микросистемная техника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Передовая инженерная школа «Электронное приборостроение и системы связи» (ПИШ)**
Кафедра: **передовая инженерная школа (ПИШ)**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2026 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 3 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Практические занятия | 36 | 36 | часов |
| Самостоятельная работа | 108 | 108 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 144 | 144 | часов |
| | 4 | 4 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|---|---|
| Зачет с оценкой | 3 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по учебной работе
Дата подписания: 29.10.2025
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 85035

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Формирование теоретических знаний и практических навыков численного решения электродинамических задач с использованием методов вычислительной математики.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучить основные вычислительные методы электродинамики и области их применения.
2. Развить умение выбирать и обосновывать численный метод в зависимости от постановки задачи.
3. Сформировать практические навыки реализации алгоритмов метода момента и метода конечных разностей во временной области.
4. Овладеть приёмами верификации вычислительных программ с использованием аналитических решений и тестов сходимости.
5. Подготовить к работе с современными инструментами вычислительной электродинамики.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль проектно-профессиональной подготовки.
Индекс дисциплины: Б1.В.01.ДВ.04.05.
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 |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Профессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 85035

| | | |
|---|---|---|
| ПК-2. Способен использовать современные достижения науки и передовые технологии в профессиональной деятельности | ПК-2.1. Знает современные подходы к исследованию и разработке объектов профессиональной деятельности | Знает основные численные методы решения электродинамических задач и области их применения. |
| | ПК-2.2. Умеет проводить исследования и разработку с использованием современных достижений науки и передовых технологий при решении задач профессиональной деятельности | Умеет обоснованно выбирать численный метод в зависимости от постановки задачи, реализовывать базовые алгоритмы вычислительной электродинамики и выполнять верификацию разработанных программ с использованием тестовых и аналитических решений. |
| | ПК-2.3. Владеет современными технологиями проектирования объектов профессиональной деятельности | Владеет технологиями компьютерного моделирования электромагнитных полей и волн, навыками расчёта основных характеристик электродинамических систем, методами оценки достоверности и точности численных результатов. |

## 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 4 зачетных единиц, 144 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 |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 36 | 36 |
| Практические занятия | 36 | 36 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 108 | 108 |
| Подготовка к зачету с оценкой | 72 | 72 |
| Подготовка к тестированию | 36 | 36 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 144 | 144 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 4 | 4 |

## 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 | Прак. зан., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|
| **3 семестр** | | | | |
| 1 Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Метод конечных разностей во временной области. | 4 | 12 | 16 | ПК-2 |

Согласована на портале № 85035

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 Алгоритм обновления полей. Критерии устойчивости. Сигналы возбуждения. | 4 | 12 | 16 | ПК-2 |
| 3 Граничные условия. Идеально согласующие слои. | 4 | 12 | 16 | ПК-2 |
| 4 Дискретные источники возбуждения и расчёт S-параметров. | 4 | 12 | 16 | ПК-2 |
| 5 Верификация результатов и обзор программных средств, реализующих метод конечных разностей во временной области. | 2 | 6 | 8 | ПК-2 |
| 6 Уравнения Максвелла в интегральной форме. Метод моментов. | 4 | 12 | 16 | ПК-2 |
| 7 Сингулярные интегралы и их регуляризация. | 4 | 12 | 16 | ПК-2 |
| 8 Решение задачи рассеяния. | 4 | 12 | 16 | ПК-2 |
| 9 Решение антенной задачи. | 4 | 12 | 16 | ПК-2 |
| 10 Верификация результатов и обзор программных средств, реализующих метод моментов. | 2 | 6 | 8 | ПК-2 |
| Итого за семестр | 36 | 108 | 144 | |
| Итого | 36 | 108 | 144 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| **3 семестр** | | | |
| 1 Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Метод конечных разностей во временной области. | Уравнения Максвелла. Уравнения в частных производных. Конечно-разностная аппроксимация. Ячейка Ий. Особенности формирования карты материалов. | - | ПК-2 |
| | Итого | - | |
| 2 Алгоритм обновления полей. Критерии устойчивости. Сигналы возбуждения. | Базовый итерационный алгоритм обновления полей. Критерий устойчивости. Сигналы возбуждения. | - | ПК-2 |
| | Итого | - | |
| 3 Граничные условия. Идеально согласующие слои. | Поглощающие граничные условия. Идеально согласующие слои. | - | ПК-2 |
| | Итого | - | |
| 4 Дискретные источники возбуждения и расчёт S-параметров. | Дискретный порт возбуждения. Дискретное преобразование Фурье. Вычисление S-параметров. | - | ПК-2 |
| | Итого | - | |

Согласована на портале № 85035

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 Верификация результатов и обзор программных средств, реализующих метод конечных разностей во временной области. | Обзор программных средств, реализующие метод конечных разностей во временной области. Верификация результатов. | - | ПК-2 |
| | Итого | - | |
| 6 Уравнения Максвелла в интегральной форме. Метод моментов. | Уравнения Максвелла. Переход к поверхностным интегральным уравнениям. Функция Грина свободного пространства. Метод Галёркина. Тестовый и базисные функции. Область применения метода моментов. | - | ПК-2 |
| | Итого | - | |
| 7 Сингулярные интегралы и их регуляризация. | Проблема сингулярного ядра 1/R. Методы регуляризации сингулярных интегралов: аналитические подходы, барицентрическое деление, квадратурные формулы Гаусса. | - | ПК-2 |
| | Итого | - | |
| 8 Решение задачи рассеяния. | Постановка задачи рассеяния плоской волны. Вычисление вектора правой части. Вычисление эффективной поверхности рассеяния. | - | ПК-2 |
| | Итого | - | |
| 9 Решение антенной задачи. | Постановка задачи возбуждения идеально проводящей антенны. Понятие портов возбуждения. Вычисление вектора правой части. Вычисление входного импеданса. Вычисление диаграммы направленности. | - | ПК-2 |
| | Итого | - | |
| 10 Верификация результатов и обзор программных средств, реализующих метод моментов. | Обзор программных средств, реализующие метод моментов. Верификация результатов. | - | ПК-2 |
| | Итого | - | |
| | Итого за семестр | - | |
| | Итого | - | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| **3 семестр** | | | |

Согласована на портале № 85035

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Метод конечных разностей во временной области. | Основы метода конечных разностей во временной области. | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Алгоритм обновления полей. Критерии устойчивости. Сигналы возбуждения. | Реализация базового алгоритма обновления полей. | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Граничные условия. Идеально согласующие слои. | Реализация граничный условий поглощающего типа. | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Дискретные источники возбуждения и расчёт S-параметров. | Вычисление параметров рассеяния в широкой полосе частот. | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Верификация результатов и обзор программных средств, реализующих метод конечных разностей во временной области. | Верификация результатов, полученных методом конечных разностей во временной области. | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Уравнения Максвелла в интегральной форме. Метод моментов. | Основы метода моментов. | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Сингулярные интегралы и их регуляризация. | Регуляризация сингулярных интегралов при вычислении диагональных элементов матрицы взаимодействий. | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 8 Решение задачи рассеяния. | Расчёт эффективной поверхности рассеяния методом моментов. | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 9 Решение антенной задачи. | Вычисление входного импеданса и диаграммы направленности антенны методом моментов. | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 10 Верификация результатов и обзор программных средств, реализующих метод моментов. | Верификация результатов, полученных методом моментов. | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 36 | |
| Итого | | 36 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Согласована на портале № 85035

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 |
|---|---|---|---|---|
| **3 семестр** | | | | |
| 1 Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Метод конечных разностей во временной области. | Подготовка к зачету с оценкой | 8 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 12 | | |
| 2 Алгоритм обновления полей. Критерии устойчивости. Сигналы возбуждения. | Подготовка к зачету с оценкой | 8 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 12 | | |
| 3 Граничные условия. Идеально согласующие слои. | Подготовка к зачету с оценкой | 8 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 12 | | |
| 4 Дискретные источники возбуждения и расчёт S-параметров. | Подготовка к зачету с оценкой | 8 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 12 | | |
| 5 Верификация результатов и обзор программных средств, реализующих метод конечных разностей во временной области. | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 6 | | |
| 6 Уравнения Максвелла в интегральной форме. Метод моментов. | Подготовка к зачету с оценкой | 8 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 12 | | |
| 7 Сингулярные интегралы и их регуляризация. | Подготовка к зачету с оценкой | 8 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 12 | | |
| 8 Решение задачи рассеяния. | Подготовка к зачету с оценкой | 8 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 12 | | |

Согласована на портале № 85035

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 9 Решение антенной задачи. | Подготовка к зачету с оценкой | 8 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 12 | | |
| 10 Верификация результатов и обзор программных средств, реализующих метод моментов. | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 6 | | |
| Итого за семестр | | 108 | | |
| Итого | | 108 | | |

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

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

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

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | Формы контроля |
|---|---|---|---|
| | Прак. зан. | Сам. раб. | |
| ПК-2 | + | + | Зачёт с оценкой, 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 |
|---|---|---|---|---|
| **3 семестр** | | | | |
| Зачёт с оценкой | 10 | 30 | 30 | 70 |
| Тестирование | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Итого максимум за период | 20 | 40 | 40 | 100 |
| Нарастающим итогом | 20 | 60 | 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.

Согласована на портале № 85035

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 | |
| | 60 – 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие / Л. А. Боков, В. А. Замотринский, А. Е. Мандель - 2023. 410 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10792.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Электромагнитная совместимость: численные методы решения задач электростатики: Учебное пособие для студентов технических направлений подготовки / С. П. Куксенко - 2020. 268 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9408.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Электромагнитная совместимость: вычислительные методы: Учебно-методическое пособие / С. П. Куксенко - 2017. 163 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7887.
2. Организация самостоятельной работы: Учебно-методическое пособие / Д. О. Ноздреватых, Б. Ф. Ноздреватых - 2018. 23 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7867.

#### 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

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.

Согласована на портале № 85035

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебно-научная лаборатория промышленного дизайна: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 224/1 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Панель интерактивная LMP7502ELN Lumien 75EL 1 шт.

Монитор 27" 15 шт.

Системный блок 1 15 шт.

Комплект специализированной учебной мебели

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Microsoft Office 2019;
- Microsoft Windows 10 Pro;

### 8.2. 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, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 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.

### 8.3. 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

Согласована на портале № 85035

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 Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Метод конечных разностей во временной области. | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Алгоритм обновления полей. Критерии устойчивости. Сигналы возбуждения. | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Граничные условия. Идеально согласующие слои. | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Дискретные источники возбуждения и расчёт S-параметров. | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 5 Верификация результатов и обзор программных средств, реализующих метод конечных разностей во временной области. | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 6 Уравнения Максвелла в интегральной форме. Метод моментов. | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 7 Сингулярные интегралы и их регуляризация. | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 8 Решение задачи рассеяния. | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 9 Решение антенной задачи. | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

Согласована на портале № 85035

| | | | |
|---|---|---|---|
| 10 Верификация результатов и обзор программных средств, реализующих метод моментов. | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | 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 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |
| 3 (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 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале<br>или<br>Знать на уровне **ориентирования**, 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 (удовлетворительно) | Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |

Согласована на портале № 85035

| | |
|---|---|
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** 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 **системном** 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. Какое интегральное уравнение используется в методе моментов для моделирования рассеяния на идеально проводящей поверхности?
   а) Уравнение Пуассона
   б) Интегральное уравнение электрического поля
   в) Уравнение Гельмгольца
   г) Волновое уравнение
2. В чём состоит метод Галёркина при решении интегрального уравнения методом моментов?
   а) Базисные и тестовые функции выбираются одинаковыми
   б) Базисные функции – синусы, тестовые – косинусы
   в) Тестовые функции – дельта-функции Дирака
   г) Используются только кусочно-постоянные функции
3. Что описывает функция Грина в интегральном уравнении электрического поля?
   а) Распределение заряда на поверхности
   б) Вклад элементарного электрического тока в поле в точке наблюдения
   в) Собственные колебания резонатора
   г) Граничное условие на бесконечности
4. Что такое «сингулярность ядра» в методе моментов?
   а) Расходимость функции Грина при стремлении расстояния между точками интегрирования к нулю
   б) Особенность матрицы правой части
   в) Неустойчивость численного метода
   г) Резонансное явление
5. Что понимается под «портом возбуждения» в MoM для антенной задачи?
   а) Область, где задаётся падающее поле, моделирующее подключение генератора
   б) Граница расчётной области
   в) Набор базисных и тестовых функций без правой части
   г) Условие излучения
6. Какое условие определяет устойчивость схемы дискретизации по времени в методе конечных разностей во временной области?
   а) Условие Куранта–Фридрихса–Леви
   б) Условие Неймана
   в) Условие Липшица
   г) Условие Рунге
7. Как расположены компоненты электрического и магнитного полей в ячейке Йи (Yee) для 3D случая?
   а) Все компоненты E и H находятся в одном узле сетки
   б) Компоненты E расположены на рёбрах ячейки, H – в центрах граней
   в) E в центрах граней, H на рёбрах
   г) E и H сдвинуты только по времени, но не по пространству
8. Какой сигнал возбуждения наиболее часто используется в методе конечных разностей во временной области для получения широкополосной частотной характеристики?
   а) Синусоидальный сигнал постоянной амплитуды

Согласована на портале № 85035

б) Гауссов импульс
в) Меандр
г) Пилообразный сигнал

9. Какое граничное условие используется для имитации свободного пространства в методе конечных разностей во временной области?
   а) Граничное условие Неймана
   б) Идеально согласованный слой
   в) Периодическое граничное условие
   г) Граничное условие Дирихле
10. Для чего в методе конечных разностей во временной области применяется дискретное преобразование Фурье?
   а) Для визуализации полей в каждый момент времени
   б) Для получения S-параметров из временного отклика
   в) Для ускорения расчёта за счёт перехода в частотную область
   г) Для реализации поглощающих граничных условий

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Суть метода моментов для решения интегральных уравнений электродинамики. Какие интегральные уравнения используются и для каких задач?
2. Проблема сингулярности ядра функции Грина в методе моментов и основные способы её регуляризации.
3. Как в методе моментов задаётся падающая плоская волна при решении задачи рассеяния?
4. Что такое порт возбуждения в антенной задаче и как он задается в методе моментов?
5. Основы метода конечных разностей во временной области: дискретизация уравнений Максвелла, сетка Йи, условие устойчивости.
6. Назначение и принципы построения поглощающих граничных условий в методе конечных разностей во временной области.
7. Что представляет собой дискретный порт в методе конечных разностей во временной области? Как он моделирует сосредоточенный источник (напряжения или тока)?
8. Принципы верификации собственного кода с помощью эталонных реализаций.

## 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.

Согласована на портале № 85035

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 9.4.

Таблица 9.4 – 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.

Согласована на портале № 85035

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 ПИШ
протокол № 3 от «21» 10 2025 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ПИШ | А.С. Перин | Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe |
| Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ | А.С. Перин | Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe |
| Начальник учебного управления | Г.А. Цой | Согласовано, 8a5745e4-63a0-4946-bbb0-ce4977ac113e |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Заместитель директора по образованию, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева | А.В. Жечева | Согласовано, 10222954-0bcd-4026-99f7-5b18919a1928 |
| Доцент, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева | В.Ю. Цибульникова | Согласовано, bbc9013e-1509-4582-b986-4eb4b832138c |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Старший преподаватель, каф. ТУ | Д.В. Клюкин | Разработано, 8532f2a0-c84d-4d37-9ef3-3cae1ca6c2f8 |
| Доцент, каф. ТУ | А.А. Иванов | Разработано, 0fcd1668-9120-485a-821c-54161e33c85b |

Согласована на портале № 85035