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: **09.04.01 Информатика и вычислительная техника**
Направленность (профиль) / специализация: **Программные средства и технологии систем автоматизированного проектирования**
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 № 85263

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 № 85263

ПК-2. Способен проектировать сложные компоненты САПР	ПК-2.1. Знает принципы построения архитектуры систем автоматизированного проектирования и современные методы организации структур данных для решения инженерных задач	Знает принципы построения вычислительных модулей в составе САПР, способы организации структур данных для вычислительных модулей и методы их эффективного хранения.
	ПК-2.2. Умеет разрабатывать структуру программных компонентов САПР и определять алгоритмы их взаимодействия в составе единой системы	Умеет проектировать архитектуру вычислительных модулей и определять интерфейсы обмена данными между их компонентами.
	ПК-2.3. Владеет современными технологиями проектирования программного обеспечения и методами создания функциональных модулей	Владеет методами создания вычислительных модулей и их интеграции в среду САПР.

Согласована на портале № 85263

ПК-3. Способен проводить анализ физических процессов и технических объектов, использовать их математические модели и на их основе создавать специализированные программные модули и компоненты САПР	ПК-3.1. Знает физические принципы функционирования технических объектов, методы их математического описания, а также принципы построения программных модулей и компонентов современных систем автоматизированного проектирования	Знает физические принципы работы электродинамических систем, методы их математического описания (дифференциальные и интегральные уравнения, граничные условия) и принципы построения модулей для численного моделирования в САПР.
	ПК-3.2. Умеет проводить анализ физических процессов, выбирать или разрабатывать адекватные математические модели технических объектов и преобразовывать их в алгоритмы для программной реализации в среде САПР	Умеет анализировать физические процессы в электродинамических системах, выбирать подходящую математическую модель, строить дискретные аналоги и реализовывать их в виде алгоритмов для интеграции в САПР.
	ПК-3.3. Владеет современными языками программирования и специализированными программными библиотеками для разработки и интеграции функциональных модулей САПР, обеспечивающих расчет, моделирование или проектирование технических систем	Владеет современными средствами разработки для создания модулей САПР, реализующих численное решение электродинамических задач.

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

Согласована на портале № 85263

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

Согласована на портале № 85263

2 Алгоритм обновления полей. Критерии устойчивости. Сигналы возбуждения.	Базовый итерационный алгоритм обновления полей. Критерий устойчивости. Сигналы возбуждения.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
3 Граничные условия. Идеально согласующие слои.	Поглощающие граничные условия. Идеально согласующие слои.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
4 Дискретные источники возбуждения и расчёт S-параметров.	Дискретный порт возбуждения. Дискретное преобразование Фурье. Вычисление S-параметров.	-	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
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.	0	ПК-2, ПК-3
	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.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
7 Сингулярные интегралы и их регуляризация.	Проблема сингулярного ядра 1/R. Методы регуляризации сингулярных интегралов: аналитические подходы, барицентрическое деление, квадратурные формулы Гаусса.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
8 Решение задачи рассеяния.	Постановка задачи рассеяния плоской волны. Вычисление вектора правой части. Вычисление эффективной поверхности рассеяния.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
9 Решение антенной задачи.	Постановка задачи возбуждения идеально проводящей антенны. Понятие портов возбуждения. Вычисление вектора правой части. Вычисление входного импеданса. Вычисление диаграммы направленности.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	

Согласована на портале № 85263

10 Верификация результатов и обзор программных средств, реализующих метод моментов.	Обзор программных средств, реализующие метод моментов. Верификация результатов.	0	ПК-2, ПК-3
	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			
1 Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Метод конечных разностей во временной области.	Основы метода конечных разностей во временной области.	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
2 Алгоритм обновления полей. Критерии устойчивости. Сигналы возбуждения.	Реализация базового алгоритма обновления полей.	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
3 Граничные условия. Идеально согласующие слои.	Реализация граничный условий поглощающего типа.	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
4 Дискретные источники возбуждения и расчёт S-параметров.	Вычисление параметров рассеяния в широкой полосе частот.	4	ПК-2, ПК-3
	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, ПК-3
	Итого	2	
6 Уравнения Максвелла в интегральной форме. Метод моментов.	Основы метода моментов.	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
7 Сингулярные интегралы и их регуляризация.	Регуляризация сингулярных интегралов при вычислении диагональных элементов матрицы взаимодействий.	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
8 Решение задачи рассеяния.	Расчёт эффективной поверхности рассеяния методом моментов.	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	

Согласована на портале № 85263

9 Решение антенной задачи.	Вычисление входного импеданса и диаграммы направленности антенны методом моментов.	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
10 Верификация результатов и обзор программных средств, реализующих метод моментов.	Верификация результатов, полученных методом моментов.	2	ПК-2, ПК-3
	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

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, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
2 Алгоритм обновления полей. Критерии устойчивости. Сигналы возбуждения.	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
3 Граничные условия. Идеально согласующие слои.	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
4 Дискретные источники возбуждения и расчёт S-параметров.	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		

Согласована на портале № 85263

5 Верификация результатов и обзор программных средств, реализующих метод конечных разностей во временной области.	Подготовка к зачету с оценкой	4	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
6 Уравнения Максвелла в интегральной форме. Метод моментов.	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
7 Сингулярные интегралы и их регуляризация.	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
8 Решение задачи рассеяния.	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
9 Решение антенной задачи.	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
10 Верификация результатов и обзор программных средств, реализующих метод моментов.	Подготовка к зачету с оценкой	4	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2, ПК-3	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
ПК-3	+	+	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

Согласована на портале № 85263

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.

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

Согласована на портале № 85263

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.

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;

Согласована на портале № 85263

- 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 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, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Алгоритм обновления полей. Критерии устойчивости. Сигналы возбуждения.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Граничные условия. Идеально согласующие слои.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 85263

4 Дискретные источники возбуждения и расчёт S-параметров.	ПК-2, ПК-3	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, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Уравнения Максвелла в интегральной форме. Метод моментов.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Сингулярные интегралы и их регуляризация.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
8 Решение задачи рассеяния.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
9 Решение антенной задачи.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
10 Верификация результатов и обзор программных средств, реализующих метод моментов.	ПК-2, ПК-3	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

Согласована на портале № 85263

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 или 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.
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

Согласована на портале № 85263

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 МоМ 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
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

Согласована на портале № 85263

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. 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

Согласована на портале № 85263

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.

Согласована на портале № 85263

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 № 85263