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 УР
_____Ким М.Ю.
«29» _____10_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования**
Направленность (профиль) / специализация: **Информационно-телекоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **конструирования и производства радиоаппаратуры (КИПР)**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2026 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	26	26	часов
Практические занятия	26	26	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
Самостоятельная работа	76	76	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет	7

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

Томск

Согласована на портале № 84890

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью преподавания дисциплины «Электродинамика и распространение радиоволн» является освоение студентами основ теории электромагнитного поля и ее радиотехнических приложений, включая закономерности распространения радиоволн в различных средах и вблизи земной поверхности.

1.2. Задачи дисциплины

1. Формирование у студентов знаний, умения и навыков проводить анализ электромагнитных процессов, происходящих в различных средах и на естественных радиотрассах.
2. Формирование у студентов знаний, умений и навыков расчета электромагнитных полей, необходимых при разработке радиотехнических устройств различного назначения.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль специальности (special hard skills – SHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.03.08.
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		

Согласована на портале № 84890

УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знает методики сбора и обработки информации, актуальные российские и зарубежные источники информации для решения поставленных задач, а также методы системного анализа	Знает методики сбора и обработки информации, актуальные российские и зарубежные источники информации; классы электродинамических задач и подходы к их решению.
	УК-1.2. Умеет применять методики поиска, сбора и обработки информации, осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников	Умеет осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников
	УК-1.3. Владеет методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации, методикой системного подхода для решения поставленных задач; способен генерировать различные варианты решения поставленных задач	Владеет методикой системного подхода для решения поставленных задач; основными навыками решения базовых электродинамических задач
Общепрофессиональные компетенции		

Согласована на портале № 84890

ОПК-1. Способен использовать основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики	ОПК-1.1. Знает основы математики, физики, теоретической механики	Знает основные уравнения электромагнитного поля, принципы и теоремы электродинамики, классы электродинамических задач и подходы к их решению
	ОПК-1.2. Умеет осуществлять формализованную постановку задач исследования объектов и процессов профессиональной деятельности, решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	Умеет применять на практике базовые знания при решении различных электродинамических задач в профессиональной области
	ОПК-1.3. Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов и процессов профессиональной деятельности, в том числе с применением методов и средств математического моделирования	Владеет основными навыками решения электродинамических задач, необходимых в инженерной деятельности
Профессиональные компетенции		
-	-	-

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
		7 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	68	68
Лекционные занятия	26	26
Практические занятия	26	26
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	76	76
Подготовка к зачету	48	48
Подготовка к тестированию	22	22

Согласована на портале № 84890

Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	6
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	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр						
1 Основные уравнения электромагнитного поля	4	4	-	6	14	ОПК-1, УК-1
2 Энергия электромагнитного поля	2	-	-	6	8	ОПК-1, УК-1
3 Общие свойства переменного электромагнитного поля	2	-	-	6	8	ОПК-1, УК-1
4 Плоские электромагнитные волны в изотропных неограниченных средах	2	4	-	6	12	ОПК-1, УК-1
5 Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе раздела двух сред	2	4	4	8	18	ОПК-1, УК-1
6 Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы	2	4	4	10	20	ОПК-1, УК-1
7 Электромагнитные колебания в объемных резонаторах	2	-	-	6	8	ОПК-1, УК-1
8 Излучение электромагнитных волн	2	4	-	8	14	ОПК-1, УК-1
9 Распространение электромагнитных волн вблизи поверхности Земли.	4	4	8	8	24	ОПК-1, УК-1
10 Тропосферное и ионосферное распространение радиоволн	2	2	-	6	10	ОПК-1, УК-1
11 Особенности распространения радиоволн различных диапазонов	2	-	-	6	8	ОПК-1, УК-1
Итого за семестр	26	26	16	76	144	
Итого	26	26	16	76	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
7 семестр			

Согласована на портале № 84890

1 Основные уравнения электромагнитного поля	Предмет и содержание курса. Векторы электромагнитного поля. Диэлектрическая и магнитная проницаемости среды. Основные уравнения электромагнитного поля – уравнения Максвелла. .Материальные уравнения и классификация сред. Поля на границах раздела сред. Граничные условия для векторов электромагнитного поля.	4	ОПК-1, УК-1
	Итого	4	
2 Энергия электромагнитного поля	Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме. Уравнения баланса для мгновенных значений мощности. Вектор Пойнтинга.	2	ОПК-1, УК-1
	Итого	2	
3 Общие свойства переменного электромагнитного поля	Гармонические колебания. Уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Комплексные амплитуды полей. Комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости среды.	2	ОПК-1, УК-1
	Итого	2	
4 Плоские электромагнитные волны в изотропных неограниченных средах	Волновой характер переменного электромагнитного поля. Уравнения Гельмгольца. Плоские волны и их характеристики. Волновое число и волновой вектор. Фронт волны. Взаимная ориентация векторов поля и волнового вектора в среде без потерь. Волновое сопротивление среды. Поляризация электромагнитных волн. Электромагнитные волны в средах с потерями. Коэффициент затухания.	2	ОПК-1, УК-1
	Итого	2	
5 Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе раздела двух сред	Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектрических сред. Горизонтальная и вертикальная поляризации. Нормальное падение плоской волны на границу раздела двух сред. Формулы Френеля. Наклонное падение плоской волны на границу раздела сред. Угол Брюстера. Плоская неоднородная волна.	2	ОПК-1, УК-1
	Итого	2	

Согласована на портале № 84890

6 Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы	Понятие о направляющих системах. Направляемые электромагнитные волны. Критическая длина волны. Классификация направляемых волн : Т, Е, и Н –волны. Прямоугольный металлический волновод. Основная волна прямоугольного волновода, ее характеристики и структура поля.	2	ОПК-1, УК-1
	Итого	2	
7 Электромагнитные колебания в объемных резонаторах	Объемные резонаторы. Анализ собственных колебаний в полых резонаторах. Прямоугольные и цилиндрические полые т резонаторы. Определение резонансной частоты и добротности объемных резонаторов.	2	ОПК-1, УК-1
	Итого	2	
8 Излучение электромагнитных волн	Постановка задачи об излучении. Уравнения Максвелла для области, содержащей сторонние источники. Элементарный электрический излучатель.	2	ОПК-1, УК-1
	Итого	2	
9 Распространение электромагнитных волн вблизи поверхности Земли.	Классификация радиоволн по диапазону и способу распространения. Распространение радиоволн в свободном пространстве. . Область пространства, существенная для распространения радиоволн. Расстояние прямой видимости. Классификация моделей радиотрасс над земной поверхностью. Поле излучателя, поднятого над плоской поверхностью Земли. Интерференционная формула и формула Введенского. Диаграммы направленности поднятых антенн. Влияние сферичности Земли. Приведенные высоты. Рассеяние радиоволн шероховатыми поверхностями. Критерий Рэлея. Расчет поля при низко расположенных антеннах. Формула идеальной радиопередачи Структура поля вблизи поверхности Земли. Формула Шулейкина-Ван-дер-Поля. Распространение радиоволн при низко расположенных антеннах над неоднородной трассой. Береговая рефракция.	4	ОПК-1, УК-1
	Итого	4	

Согласована на портале № 84890

10 Тропосферное и ионосферное распространение радиоволн	Строение и электродинамические параметры земной атмосферы (тропосферы и ионосферы) . Основные закономерности распространения радиоволн в атмосфере. Преломление радиоволн. Виды тропосферной рефракции. Закон отражения радиоволн в ионосфере. Механизмы ослабления напряженности поля в атмосфере. Замирания радиосигналов и борьба с ними.	2	ОПК-1, УК-1
	Итого	2	
11 Особенности распространения радиоволн различных диапазонов	Особенности распространения радиоволн различных диапазонов на реальных трассах. Распространение радиоволн КВ диапазона с учетом влияния ионосферы. Распространение радиоволн метрового диапазона и более коротких радиоволн в пределах и за пределами прямой видимости с учетом влияния земли и тропосферы. Распространение радиоволн на линиях связи спутник-Земля. Распространение радиоволн в городских условиях. Шумы и помехи радиоприему	2	ОПК-1, УК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		26	
Итого		26	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Основные уравнения электромагнитного поля	Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах	4	ОПК-1, УК-1
	Итого	4	
4 Плоские электромагнитные волны в изотропных неограниченных средах	Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах	4	ОПК-1, УК-1
	Итого	4	
5 Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе раздела двух сред	Отражение и преломление плоских волн на границе раздела двух сред	4	ОПК-1, УК-1
	Итого	4	
6 Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы	Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы	4	ОПК-1, УК-1
	Итого	4	

Согласована на портале № 84890

8 Излучение электромагнитных волн	Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели	4	ОПК-1, УК-1
	Итого	4	
9 Распространение электромагнитных волн вблизи поверхности Земли.	Распространение электромагнитных волн вблизи поверхности Земли.	4	ОПК-1, УК-1
	Итого	4	
10 Тропосферное и ионосферное распространение радиоволн	Особенности распространения радиоволн в тропосфере и ионосфере	2	ОПК-1, УК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		26	
Итого		26	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
5 Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе раздела двух сред	Исследование отражения электромагнитных волн от границы раздела двух сред	4	ОПК-1, УК-1
	Итого	4	
6 Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы	Исследование линий передачи СВЧ диапазона	4	ОПК-1, УК-1
	Итого	4	
9 Распространение электромагнитных волн вблизи поверхности Земли.	Исследование зон Френеля и дифракции радиоволн	4	ОПК-1, УК-1
	Исследование влияния Земли на излучение антенн	4	ОПК-1, УК-1
	Итого	8	
Итого за семестр		16	
Итого		16	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

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

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр				

Согласована на портале № 84890

1 Основные уравнения электромагнитного поля	Подготовка к зачету	4	ОПК-1, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, УК-1	Тестирование
	Итого	6		
2 Энергия электромагнитного поля	Подготовка к зачету	4	ОПК-1, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, УК-1	Тестирование
	Итого	6		
3 Общие свойства переменного электромагнитного поля	Подготовка к зачету	4	ОПК-1, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, УК-1	Тестирование
	Итого	6		
4 Плоские электромагнитные волны в изотропных неограниченных средах	Подготовка к зачету	4	ОПК-1, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, УК-1	Тестирование
	Итого	6		
5 Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе раздела двух сред	Подготовка к зачету	4	ОПК-1, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, УК-1	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ОПК-1, УК-1	Лабораторная работа
	Итого	8		
6 Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы	Подготовка к зачету	6	ОПК-1, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, УК-1	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ОПК-1, УК-1	Лабораторная работа
	Итого	10		
7 Электромагнитные колебания в объемных резонаторах	Подготовка к зачету	4	ОПК-1, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, УК-1	Тестирование
	Итого	6		
8 Излучение электромагнитных волн	Подготовка к зачету	6	ОПК-1, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, УК-1	Тестирование
	Итого	8		
9 Распространение электромагнитных волн вблизи поверхности Земли.	Подготовка к зачету	4	ОПК-1, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, УК-1	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ОПК-1, УК-1	Лабораторная работа
	Итого	8		

Согласована на портале № 84890

10 Тропосферное и ионосферное распространение радиоволн	Подготовка к зачету	4	ОПК-1, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, УК-1	Тестирование
	Итого	6		
11 Особенности распространения радиоволн различных диапазонов	Подготовка к зачету	4	ОПК-1, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, УК-1	Тестирование
	Итого	6		
Итого за семестр		76		
Итого		76		

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
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-1	+	+	+	+	Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование
УК-1	+	+	+	+	Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
7 семестр				
Зачёт	0	0	20	20
Лабораторная работа	0	16	16	32
Тестирование	16	16	16	48
Итого максимум за период	16	32	52	100
Нарастающим итогом	16	48	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

Согласована на портале № 84890

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. Б.М. Петров Электродинамика и распространение радиоволн: Учебник для вузов.- М.: Горячая линия- Телеком, 2007.-558 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 100 экз.).

2. 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. Алёхин, В. М. Электродинамика и распространение радиоволн : учебник для вузов / В. М. Алёхин ; под редакцией Т. А. Олейникова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 496 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/510733.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Электромагнитные поля и волны:сборник задач и упражнений: Учебное пособие / Л. А. Боков, А. Е. Мандель, Ж. М. Соколова, Л. И. Шангина - 2022. 181 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10030.

2. Электродинамика и распространение радиоволн: методические указания по организации самостоятельной работы студентов / А. Е. Мандель - 2023. 45 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10262.

3. Электродинамика и распространение радиоволн: Лабораторный практикум / А. Е. Мандель, Д. В. Окунев, А. В. Фатеев - 2022. 47 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10029.

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:

Согласована на портале № 84890

– 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 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

Учебно- вычислительная лаборатория им. Е.С. Коваленко "Лаборатория волоконно-оптических линий связи и измерений": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 333б ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Проектор;
- Проекционный экран;
- Информационный стенд - 7 шт.;
- Лабораторный стенд "Компоненты волоконно-оптической линии связи";
- Лабораторный стенд "Волоконно-оптическая линия связи";
- Лабораторный комплекс "Волоконно-оптические системы передачи данных с временным и волновым уплотнением каналов";
- Лабораторный стенд "Волоконно-оптическая связь";
- Типовой комплект учебного оборудования "Монтаж и эксплуатация волоконно-оптических структурированных кабельных систем";
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Microsoft Office 2007;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебно-исследовательская лаборатория "Микроволновая техника": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 328 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Проектор;
- Проекционный экран;
- Осциллограф GDS–71022;
- Измеритель Р2М-18;

Согласована на портале № 84890

- Генератор сигнала 33522A;
- Вольтметр циф. GDM 8145;
- Измеритель Р2М-04;
- Анализатор спектра СК4М-04;
- Осциллограф цифровой MS07104;
- Мультиметр цифровой 34405A;
- Источник питания GPD-73303S;
- Генератор Г4-126;
- Измеритель Р2-60 - 2 блока;
- Измеритель Р5-12;
- Измерительная линия Р1-27;
- Векторный анализатор сигналов Р4М-18;
- Опорно-поворотное устройство;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Microsoft Office 2010;
- PTC Mathcad 15;

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 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.

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

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

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

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

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

Согласована на портале № 84890

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

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

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Основные уравнения электромагнитного поля	ОПК-1, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Энергия электромагнитного поля	ОПК-1, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Общие свойства переменного электромагнитного поля	ОПК-1, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Плоские электромагнитные волны в изотропных неограниченных средах	ОПК-1, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе раздела двух сред	ОПК-1, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы	ОПК-1, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Электромагнитные колебания в объемных резонаторах	ОПК-1, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
8 Излучение электромагнитных волн	ОПК-1, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 84890

9 Распространение электромагнитных волн вблизи поверхности Земли.	ОПК-1, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
10 Тропосферное и ионосферное распространение радиоволн	ОПК-1, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
11 Особенности распространения радиоволн различных диапазонов	ОПК-1, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		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

Согласована на портале № 84890

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. Можно ли создать магнитное поле с распределением вектора магнитной индукции B= 5x• x0+5y• y0 +5z• z0
   а)Это поле может быть создано постоянными магнитами б) Такого поля нет в) Это поле может быть создано объёмными электрическими зарядами г) Это поле может быть создано постоянными токами
2. Вектор электромагнитного поля D=5x•x0 +5y•y0. Определить объёмный заряд, создающий это поле.
   а) 20 кл/м3 б) 10 кл/м3 в) 5 кл/м3 г)15 кл/м3
3. Каков физический смысл уравнения Максвелла divD =0 а) В заданной точке есть источники электрического поля б) Такой вид уравнения Максвелла смысла не имеет в) В заданной точке есть стоки электрического поля г) В заданной точке нет источников электрического поля
4. Как изменятся ток проводимости и ток смещения , если при тех же напряженностях электромагнитного поля E и H параметры среды - относительная диэлектрическая проницаемость и проводимость среды σ - увеличить в 4 раза а)ток проводимости не изменится , ток смещения, увеличится в 2 раза б)ток проводимости и ток смещения не изменятся в) ток проводимости и ток смещения увеличатся в 4 раза г) ток смещения не изменится, ток проводимости увеличится в 2 раза
5. . Какова взаимная ориентация векторов E, H и волнового вектора K в плоской однородной волне а) все три вектора взаимно ортогональны и образуют левую тройку векторов б) все три вектора взаимно ортогональны и образуют правую тройку векторов в) векторы E и H параллельны, оба вектора ортогональны вектору K г) все три вектора параллельны
6. Как изменится скорость электромагнитной волны в ферроэлектрике, если магнитную и диэлектрическую проницаемости среды увеличить в четыре раза. а) увеличится в 4 раза б) уменьшится в 4 раза в) уменьшится в 16 раз г) останется неизменной
7. На какой угол повернётся вектор напряженности электрического поля электромагнитной волны с круговой поляризацией при прохождении расстояния 0.1 м, если скорость распространения волны равна 3•10 8 м/с, а частота колебаний волны f = 1 ГГц а) 90 град. б) 360 град. в)120 град.г) 60 град
8. На границу раздела двух диэлектрических сред падает под углом Брюстера электромагнитная волна, имеющая правую круговую поляризацию. Какой будет

Согласована на портале № 84890

поляризация отраженной волны а) линейная горизонтальная б) правая круговая в) левая круговая г) линейная вертикальная

9. Вертикально поляризованная электромагнитная волна падает на границу раздела двух диэлектриков под углом Брюстера. Каким при этом будет коэффициент отражения а) 1/2 б) 0 в) 1 г) 1/3
10. Как изменится глубина проникновения электромагнитного поля в проводящую среду, если проводимость среды σ увеличится в четыре раза а) увеличится в 4 раза б) уменьшится в 2 раза в) уменьшится в 4 раза г) увеличится в 2 раза
11. При каких соотношения между проницаемостями двух сред коэффициент отражения от их границы раздела будет равен 0 а) ε1=ε2; μ1 и μ2 - любые б) μ1/ε1 = μ2/ε2 в) ε1•μ1=ε2•μ2 г) μ1 = μ2 , ε1 и ε2 - любые
12. Какими параметрами необходимо располагать при определении ближней и дальней зон излучения диполя Герца а) параметрами среды б) видом поляризации излучателя в) длиной волны излучателя г) размером излучателя
13. В каком направлении отсутствует излучение диполя Герца, к которому подведена мощность сигнала а) вдоль оси диполя б) перпендикулярно оси диполя в) под углом 45 град. к оси диполя г) во всех направлениях излучение существует
14. В каком диапазоне находятся радиоволны частотой 15 МГц а) длинные волны б) средние волны в) короткие волны
г) метровые волны
15. Каким образом учитывается сферичность земли при расчете земных радиотрасс с использованием интерференционной формулы а)с помощью приведенных углов б) с помощью приведенных высот в) с помощью эквивалентного радиуса Земли г) с помощью критерия Рэлея
16. Какой из приведенных параметров в формуле Шулейкина- Ван-дер-Поля называется численным расстоянием ρ а) $\rho = 2 \pi r / \lambda \varepsilon$ б) $\rho = \pi r / \lambda \varepsilon$ в) $\rho = 4 \pi r / \lambda \varepsilon$ г) $\rho = 2 \varepsilon r / \lambda \pi$
17. Как изменится высота точки отражения радиоволны в ионосфере при уменьшении частоты радиоволны а) высота точки отражения увеличится б) высота точки отражения уменьшится в) высота точки отражения останется неизменной
г) радиоволна пройдет ионосферу без отражения
18. Каково физическое содержание вектора Пойнтинга а) плотность мощности электромагнитной волны б)энергия электромагнитной волны в) мощность электромагнитной волны г) скорость электромагнитной волны
19. Дайте определение току смещения а) ток смещения - это величина, пропорциональная скорости изменения переменного электрического поля в диэлектрике или вакууме б) ток смещения - это величина, пропорциональная скорости перемещения заряженных частиц в вакууме в) ток смещения - это величина, пропорциональная частоте изменения переменного электрического поля в диэлектрике или вакууме
20. Как изменится резонансная частота резонатора при заполнении его диэлектриком а) резонансная частота резонатора не изменится б) резонансная частота резонатора с диэлектриком уменьшится по отношению к частоте резонатора без диэлектрика в) резонансная частота резонатора с диэлектриком увеличится по отношению к частоте резонатора без диэлектрика

9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Определение электромагнитного поля
2. Векторы электрического поля
3. Векторы магнитного поля
4. Классификация сред, материальные уравнения
5. Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной формах
6. Граничные условия для электромагнитного поля. Нормальные и тангенциальные составляющие векторов поля.
7. Монохроматические поля, метод комплексных амплитуд .
8. Закон Джоуля-Ленца
9. Баланс энергии электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга
10. Монохроматическое поле, метод комплексных амплитуд .

Согласована на портале № 84890

11. Уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости
12. Уравнения Максвелла в комплексной форме.
13. . Комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемость среды.
14. Плоские волны в однородных средах. Волновые уравнения и их решение.
15. Волновой характер электромагнитного поля. Плоские волны
16. Общее выражение для поля плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении.
17. Характеристическое сопротивление среды
18. Взаимная ориентация векторов поля и волнового вектора.
19. Линейная поляризация электромагнитных волн.
20. Круговая и эллиптическая поляризации электромагнитных волн.
21. Плоские электромагнитные волны в изотропных поглощающих средах
22. Затухание электромагнитных волн
23. Волновое число в поглощающих средах
24. Плоские волны в диэлектрике
25. Плоские волны в проводнике.
26. Нормальное падение плоской волны на границу раздела двух сред Формулы Френеля.
27. Наклонное падение плоских волн на границу раздела двух сред Формулы Френеля для горизонтально и вертикально поляризованных волн. Угол Брюстера.
28. Понятие о направляющей системе. Классификация направляемых волн
29. Условия распространения электромагнитных волн в направляющих сис темах. Критическая частота.
30. Основная волна прямоугольного волновода, ее структура поля и параметры
31. Структуры Е и Н полей в прямоугольном резонаторе.
32. Постановка задачи об излучении. Электродинамические потенциалы.
33. Элементарный электрический излучатель.
34. Поле электрического излучателя в ближней и дальней зонах. Диаграмма направленности электрического излучателя. Сопротивление излучения.
35. Область пространства, существенная при распространении радиоволн.
36. Поле излучателя, поднятого над плоской поверхностью. Интерференционная формула и формула Введенского.
37. Учет сферичности Земли при распространении радиоволн в зоне освещенности. Приведенные высоты.
38. Рассеяние радиоволн шероховатыми поверхностями. Критерий Рэлея.
39. Структура поля излучения вертикального диполя при низко расположенных антеннах.
40. Расчет вертикальной составляющей поля при низко расположенных антеннах. Формула Шулейкина-Ван-дер-Поля.
41. Распространение радиоволн над неоднородной трассой. Береговая рефракция.
42. Состав и электрические параметры тропосферы. Индекс преломления
43. Распространение волн в плавно-неоднородной среде. Явление рефракции. Эквивалентный радиус Земли. Виды тропосферной рефракции.
44. Строение ионосферы. Физические причины образования в ионосфере ионизированных слоев. Электрические параметры ионосферы.
45. Отражение и преломление радиоволн в ионосфере.
46. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов.

9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Исследование отражения электромагнитных волн от границы раздела двух сред
2. Исследование линий передачи СВЧ диапазона
3. Исследование зон Френеля и дифракции радиоволн
4. Исследование влияния Земли на излучение антенн

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.

Согласована на портале № 84890

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 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;

Согласована на портале № 84890

– 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 № 84890

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР
протокол № 12 от «22» 10 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. КИПР	Н.Н. Кривин	Согласовано, 61bb81d6-898a-4d50-b92b-bf79399fcfac
Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Начальник учебного управления	Г.А. Цой	Согласовано, 8a5745e4-63a0-4946-bbb0-ce4977ac113e

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. КИПР	Н.Н. Кривин	Согласовано, 61bb81d6-898a-4d50-b92b-bf79399fcfac
Заведующий кафедрой, каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52

РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. СВЧиКР	А.Е. Мандель	Разработано, e143c8a0-542b-4541-84ee-1471a4f17eef

Согласована на портале № 84890