МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Электродинамика и распространение радиоволн

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РСС, Кафедра радиоэлектроники и систем связи**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	28	28	часов
2	Практические занятия	28	28	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	72	72	часов
5	Самостоятельная работа	36	36	часов
6	Всего (без экзамена)	108	108	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е.

Экзамен: 5 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 26434

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 8 от «26» 4 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.01 Радиотехника, утвержденного 06.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

профессор каф. СВЧиКР	_____	А. Е. Мандель
Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР	_____	С. Н. Шарангович

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РТФ	_____	К. Ю. Попова
Заведующий выпускающей каф. РСС	_____	А. В. Фатеев

Эксперты:

Доцент кафедры сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)	_____	А. Ю. Попков
Старший преподаватель кафедры радиоэлектроники и систем связи (РСС)	_____	Ю. В. Зеленецкая

Согласована на портале № 26434

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

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, в линиях передачи электромагнитной энергии.

1.2. Задачи дисциплины

– Основными задачами изучения дисциплины являются формирование у студентов знаний, навыков и умений, позволяющих выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; формирование у студентов навыков анализа базовых электродинамических задач; умения проводить самостоятельный анализ физических процессов, происходящих в различных направляющих системах, устройствах сверхвысоких частот, в однородных и неоднородных средах и на естественных радиотрассах.

– Приобретенные студентами знания и навыки необходимы как для разработки широкого класса устройств, связанных с передачей и приемом сигналов,так и для грамотной эксплуатации радиотехнической аппаратуры.

–

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Электродинамика и распространение радиоволн» (Б1.Б.21) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Радиоавтоматика, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Устройства сверхвысокой частоты и антенны.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-2 способностью выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** основные уравнения электромагнитного поля; принципы и теоремы электродинамики; классы электродинамических задач и подходы к их решению; методики сбора и анализа информации для составления аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам анализа информации в области электродинамики и распространения радиоволн.

– **уметь** применять знания для выявления естественно-научной сущности проблем, возникающих при решении различных электродинамических задач и их радиотехнических приложений; осуществлять поиск и анализ информации в области электродинамики, представленной в различных отечественных и зарубежных источниках

– **владеть** основными навыками решения базовых электродинамических задач; навыками расчетов электромагнитных полей и волн, необходимых при анализе информации для разработки радиотехнических устройств различного назначения.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		5 семестр
Аудиторные занятия (всего)	72	72
Лекции	28	28

Согласована на портале № 26434

Практические занятия	28	28
Лабораторные работы	16	16
Самостоятельная работа (всего)	36	36
Оформление отчетов по лабораторным работам	8	8
Проработка лекционного материала	18	18
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	10	10
Всего (без экзамена)	108	108
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость, ч	144	144
Зачетные Единицы	4.0	4.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
5 семестр						
1 Интегральные и дифференциальные уравнения электромагнетизма	4	4	0	4	12	ОПК-2
2 Основные теоремы и принципы в теории гармонических полей	2	0	0	2	4	ОПК-2
3 Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах	4	4	0	3	11	ОПК-2
4 Граничные задачи электродинамики	3	4	4	6	17	ОПК-2
5 Электромагнитные волны в направляющих системах	3	2	4	5	14	ОПК-2
6 Электромагнитные колебания в объемных резонаторах	2	4	0	3	9	ОПК-2
7 Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели	2	4	4	5	15	ОПК-2
8 Распространение электромагнитных волн вблизи поверхности Земли.	4	4	4	5	17	ОПК-2
9 Тропосферное и ионосферное распространение радиоволн	3	2	0	1	6	ОПК-2
10 Особенности распространения радиоволн различных диапазонов	1	0	0	2	3	ОПК-2
Итого за семестр	28	28	16	36	108	
Итого	28	28	16	36	108	

Согласована на портале № 26434

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
1 Интегральные и дифференциальные уравнения электромагнетизма	Предмет и содержание курса. Основные уравнения электромагнитного поля – уравнения Максвелла. Материальные уравнения и классификация сред. Уравнение непрерывности и закон сохранения заряда. Сторонние источники. Полная система уравнений Максвелла с учетом сторонних источников. Поля на границах раздела сред. Граничные условия для векторов электромагнитного поля. Граничные условия на поверхности идеального проводника.Классификация электромагнитных полей по их зависимости от времени. Гармонические колебания. Уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Комплексные амплитуды полей. Комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости среды.Баланс энергии электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга. Энергетические характеристики при гармонической зависимости электромагнитных процессов от времени. Скорость переноса энергии электромагнитных полей.	4	ОПК-2
	Итого	4	
2 Основные теоремы и принципы в теории гармонических полей	Магнитные токи и заряды. Уравнения Максвелла с учетом магнитных токов и зарядов. Принцип перестановочной двойственности уравнений Максвелла. Теорема единственности для внутренней и внешней задач электродининамики. Принцип эквивалентности. Лемма Лоренца. Теорема взаимности.	2	ОПК-2
	Итого	2	
3 Плоские электромагнитные волны в 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. Поляризация электромагнитных волн. Электромагнитные волны в средах с потерями. Коэффициент затухания.	4	ОПК-2
	Итого	4	
4 Граничные задачи электродинамики	Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектрических сред. Формулы Френеля. Явление полного прохождения, угол Брюстера. Условия возникновения полного отра-	3	ОПК-2

Согласована на портале № 26434

	жения от границы раздела двух диэлектрических сред, структура поля над и под границей раздела. Отражение от идеально проводящей поверхности, структура поля. Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела диэлектрика и поглощающей среды.		
	Итого	3	
5 Электромагнитные волны в направляющих системах	Общие сведения о направляющих системах и направляемых волнах. Постоянная распространения, фазовая скорость и длина волны в линии передачи. Критическая частота. Классификация направляемых волн : Т, Е, и Н –волны.Полые металлические волноводы: прямоугольный, круглый. Структура электромагнитного поля, основные типы волн, фазовая и групповая скорости, длина волны в прямоугольном волноводе, характеристическое сопротивление, затухание электромагнитных волн. Выбор размеров волновода для работы для заданного типа волн.	3	ОПК-2
	Итого	3	
6 Электромагнитные колебания в объемных резонаторах	Объемные резонаторы. Отрезок направляющей структуры, ограниченный металлическими торцевыми поверхностями, как резонатор. Анализ собственных колебаний в полых резонаторах. Прямоугольные и цилиндрические резонаторы. Определение резонансной частоты и добротности объемных резонаторов. Понятие об открытых и диэлектрических резонаторах.	2	ОПК-2
	Итого	2	
7 Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели	Постановка задачи об излучении. Уравнения Максвелла для области, содержащей сторонние источники. Неоднородные волновые уравнения (уравнения Даламбера). Векторный и скалярный электродинамические потенциалы. Неоднородные волновые уравнения для электродинамических потенциалов и их решения. Запаздывающие потенциалы. Элементарный электрический излучатель и свойства возбуждаемой им сферической волны. Элементарный магнитный излучатель: структура поля, диаграммы направленности, сопротивление излучения.	2	ОПК-2
	Итого	2	
8 Распространение электромагнитных волн вблизи поверхности Земли.	Классификация радиоволн по диапазону и способу распространения. Распространение радиоволн в свободном пространстве. Максимальные дальности радиосвязи и радиолокации.Понятие явления дифракции электромагнитных волн. Приближение Гюйгенса-Кирхгофа в описании явления дифракции. Зоны Френеля. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Дифракция плоской волны на круглом отверстии в идеально проводящем экране, на непро-	4	ОПК-2

Согласована на портале № 26434

	зрачной полуплоскости. Область пространства, существенная для распространения радиоволн. Влияние земной поверхности на распространение радиоволн. Параметры земной поверхности. Расстояние прямой видимости. Классификация моделей радиотрасс над земной поверхностью. Поле излучателя, поднятого над плоской поверхностью. 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 и множитель ослабления. Структура поля вблизи поверхности Земли. Формула Шулейкина-Ван-дер-Поля. Распространение радиоволн при низко расположенных антеннах над неоднородной трассой. Береговая рефракция.		
	Итого	4	
9 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. Влияние магнитного поля Земли на распространение радиоволн в ионосфере. Рассеяние радиоволн неоднородностями в атмосфере. Механизмы ослабления напряженности поля в атмосфере. Замирания радиосигналов и борьба с ними.	3	ОПК-2
	Итого	3	
10 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, Земля-спутник. Распространение радиоволн в городских условиях. Шумы и помехи радиоприему.	1	ОПК-2
	Итого	1	
Итого за семестр		28	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин

Согласована на портале № 26434

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Предшествующие дисциплины										
1 Радиоавтоматика	+	+	+	+			+			
2 Физика	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины										
1 Устройства сверхвысокой частоты и антенны	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-2	+	+	+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
4 Граничные задачи электродинамики	Исследование отражения электромагнитных волн от границы раздела двух сред	4	ОПК-2
	Итого	4	
5 Электромагнитные волны в направляющих системах	Исследование линий передачи СВЧ диапазона	4	ОПК-2
	Итого	4	
7 Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели	Исследование влияние Земли на излучение антенн	4	ОПК-2
	Итого	4	
8 Распространение электромагнитных волн вблизи поверхности Земли.	Исследование зон Френеля и дифракции радиоволн	4	ОПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

Согласована на портале № 26434

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
1 Интегральные и дифференциальные уравнения электромагнетизма	Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Полный ток и его составляющие. Материальные уравнения. Граничные условия для векторов электрического и магнитного поля. Расчет энергетических характеристик электромагнитного поля.	4	ОПК-2
	Итого	4	
3 Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах	Вычисление параметров плоской электромагнитной волны, распространяющейся в неограниченных средах без потерь, в средах с потерями.	4	ОПК-2
	Итого	4	
4 Граничные задачи электродинамики	Вычисление коэффициентов отражения и прохождения, угла Брюстера при падении плоской электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектрических сред.	4	ОПК-2
	Итого	4	
5 Электромагнитные волны в направляющих системах	Вычисление характеристик электромагнитного поля различных типов волн в прямоугольном и волноводе. Выбор поперечных размеров для одноволнового режима работы волновода.	2	ОПК-2
	Итого	2	
6 Электромагнитные колебания в объемных резонаторах	Вычисление резонансной частоты и добротности объемных резонаторов.	4	ОПК-2
	Итого	4	
7 Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели	Вычисление структуры поля, диаграммы направленности, сопротивления излучения элементарного электрического излучателя.	4	ОПК-2
	Итого	4	
8 Распространение электромагнитных волн вблизи поверхности Земли.	Расчет области пространства, существенной для распространения радиоволн. Вычисление напряженности электромагнитного поля при помощи интерференционной формуы, формулы Введенского, формулы Шулейкина-Ван-дер - Поля.	4	ОПК-2
	Итого	4	
9 Тропосферное и ионосферное распространение радиоволн	Оценка влияния параметров тропосферы и ионосферы на условия распространения радиоволн различных диапазонов	2	ОПК-2
	Итого	2	

Согласована на портале № 26434

Итого за семестр		28	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
5 семестр				
1 Интегральные и дифференциальные уравнения электромагнетизма	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	4		
2 Основные теоремы и принципы в теории гармонических полей	Проработка лекционного материала	2	ОПК-2	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Итого	2		
3 Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-2	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	3		
4 Граничные задачи электродинамики	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	6		
5 Электромагнитные волны в направляющих системах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	5		
6 Электромагнитные колебания в объемных резонаторах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-2	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен

Согласована на портале № 26434

	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	3		
7 Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	5		
8 Распространение электромагнитных волн вблизи поверхности Земли.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	5		
9 Тропосферное и ионосферное распространение радиоволн	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-2	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Итого	1		
10 Особенности распространения радиоволн различных диапазонов	Проработка лекционного материала	2	ОПК-2	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Итого	2		
Итого за семестр		36		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		72		

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	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
5 семестр				
Опрос на занятиях	8	8	14	30
Отчет по лабораторной работе		10	10	20
Тест	6	6	8	20

Согласована на портале № 26434

Итого максимум за период	14	24	32	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	14	38	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	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)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие / Боков Л. А., Мандель А. Е., Замотринский В. А. - 2013. 410 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3289, дата обращения: 22.05.2018.

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

12.2. Дополнительная литература

1. Фальковский О.И. Техническаяэлектродинамика [Электронный ресурс] : Учебник для вузов. – СПб. Издательсво «Лань», 2009. -432 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://e.lanbook.com/view/book/403, дата обращения: 22.05.2018.

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Электромагнитные поля и волны: Сборник задач и упражнений для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров 11.03.02 (210700.62) «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 11.03.01 (210400.62) «Радиотехника» и специальности 11.05.01 (210601.65) «Радиоэлектронные системы и комплексы» / Мандель А. Е., Боков Л. А., Соколова Ж. М., Шангина Л. И. - 2014. 185 с. (Пособие для практических занятий) [Электронный ресурс] - Ре-

Согласована на портале № 26434

жим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4876, дата обращения: 22.05.2018.

2. Электромагнитные поля и волны: Сборник тестовых задач и вопросов / Мандель А. Е., Соколова Ж. М., Шангина Л. И. - 2013. 375 с. (Пособие для практических занятий) [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3714, дата обращения: 22.05.2018.

3. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов направления подготовки 210400.62 – «Радиотехника» / Мандель А. Е., Шарангович С. Н. - 2014. 51 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4883, дата обращения: 22.05.2018.

4. Исследование линий передачи СВЧ диапазона: Руководство к лабораторной работе для бакалавров направлений подготовки 210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 210400.62 «Радиотехника», специалистов направления подготовки 210601.65 «Радиоэлектронные системы и комплексы» / Мандель А. Е., Фатеев А. В., Никифоров А. Н., Соколова Ж. М. - 2013. 24 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3657, дата обращения: 22.05.2018.

5. Исследование отражения электромагнитных от границы раздела двух сред: Руководство к лабораторной работе для бакалавров направлений подготовки 210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 210400.62 «Радиотехника», специалистов направления подготовки 210601.65 «Радиоэлектронные системы и комплексы» / Мандель А. Е., Кущ Г. Г., Никифоров А. Н. - 2013. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3653, дата обращения: 22.05.2018.

6. Исследование влияния Земли на излучение антенн: Руководство к лабораторной работе / Мандель А. Е., Фатеев А. В., Никифоров А. Н., Соколова Ж. М. - 2013. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3650, дата обращения: 22.05.2018.

7. Исследование зон Френеля и дифракции радиоволн: Руководство к лабораторной работе для бакалавров направлений подготовки 210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 210400.62 «Радиотехника», и специалистов направления подготовки 210601.65 «Радиоэлектронные системы и комплексы» / Шангина Л. И. - 2013. 26 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3642, дата обращения: 22.05.2018.

12.3.2. 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.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. 1. Крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования. www.elibrary.ru
2. 2. Образовательный портал ТУСУР www.edu.tusur.ru

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, те-

Согласована на портале № 26434

кущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория Микроволновой техники

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

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 328 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютерные рабочие станции (14 шт.);
- Демонстрационное оборудование для презентаций (проек-тор 1 шт., экран 1 шт.);
- Осциллограф GDS – 71022 (1 шт.);
- Измеритель Р2М-18 (1 шт.);
- Генератор сигнала 33522А (1 шт.);
- Вольтметр циф. GDM 8145 (1 шт.);
- Измеритель Р2М-04 (1 шт.);
- Анализатор спектра СК4М-04 (1 шт.);
- Осциллограф цифровой MS07104 (1 шт.);
- Мультиметр цифровой 34405А (1 шт.);
- Источник питания GPD-73303S (1 шт.);
- Генератор Г3-14 (2 шт.);
- Генератор Г4-126 (1 шт.);
- Измеритель Р2-60 (2 блока);
- Измеритель Р5-12 (1 шт.);
- Измерительная линия Р1-27 (1 шт.);
- Векторный анализатор сигналов Р4М-18 (1 шт.);
- Опорно-поворотное устройство (1 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– Google Chrome
– Microsoft Office 2010 и ниже
– PTC Mathcad 15

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория Микроволновой техники

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

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 328 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютерные рабочие станции (14 шт.);
- Демонстрационное оборудование для презентаций (проек-тор 1 шт., экран 1 шт.);
- Осциллограф GDS – 71022 (1 шт.);
- Измеритель Р2М-18 (1 шт.);
- Генератор сигнала 33522А (1 шт.);

Согласована на портале № 26434

- Вольтметр циф. GDM 8145 (1 шт.);
- Измеритель Р2М-04 (1 шт.);
- Анализатор спектра СК4М-04 (1 шт.);
- Осциллограф цифровой MS07104 (1 шт.);
- Мультиметр цифровой 34405A (1 шт.);
- Источник питания GPD-73303S (1 шт.);
- Генератор Г3-14 (2 шт.);
- Генератор Г4-126 (1 шт.);
- Измеритель Р2-60 (2 блока);
- Измеритель Р5-12 (1 шт.);
- Измерительная линия Р1-27 (1 шт.);
- Векторный анализатор сигналов Р4М-18 (1 шт.);
- Опорно-поворотное устройство (1 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Microsoft Office 2010 и ниже
- PTC Mathcad 15

13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. 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 зрениями** 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.

Согласована на портале № 26434

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.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

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) такое поля создать невозможно
в) это поле может быть создано объёмными электрическими зарядами
г) это поле может быть создано постоянными токами
2. 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
3. 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
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
4. 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
5. 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
6. 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

Согласована на портале № 26434

7. На границу раздела двух диэлектрических сред падает под углом Брюстера электромагнитная волна, имеющая правую круговую поляризацию. Какой будет поляризация отраженной волны

а) линейная горизонтальная

б) правая круговая

в) левая круговая

г) линейная вертикальная

8. 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

9. 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

10.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

11. 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

12. 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

13. Какова основная волна прямоугольного волновода

а) Н11

б) Н10

в) Е11

г) Е12

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 чис-

Согласована на портале № 26434

ленным 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. Какие волны могут распространяться в прямоугольном волноводе

а)Т-волны

б) Е-волны и Н-волны

в) Т-волны и Е-волны

г) Т-волны и Н-волны

19. Вблизи границы раздела двух сред задано следующее распределение вектора D :

D1=5 •x0 +5 •y0 при x > 0

D1=4 • x0 +3 • y0 при x < 0

Какие из приведенных утверждений верны

а) в одной из сред присутствует объемный заряд

б) одна из сред обязательно анизотропна

в) в обеих средах присутствуют объемные заряды

г) на границе раздела сред есть поверхностный заряд

20. как ориентирован волновой вектор К относительно волнового фронта плоской электромагнитной волны.

а) перпендикулярен фронту волны

б) параллелен фронту волны

в) направлен под углом 60 град к плоскости фронта волны

г) направлен под углом 45 град к плоскости фронта волны

14.1.2. Экзаменационные вопросы

1. Определение электромагнитного поля
2. Векторы электрического поля
3. Векторы магнитного поля
4. Закон Ома в дифференциальной форме.
5. Полный ток
6. Классификация сред, материальные уравнения
7. Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной формах
8. Первое уравнение Максвелла: полный ток и магнитное поле
9. Второе уравнение Максвелла: Обобщенный закон электромагнитной индукции
10. Третье уравнение Максвелла: Электрическое поле и заряды
11. Четвертое уравнение Максвелла: Непрерывность линий вектора В
12. Граничные условия для электромагнитного поля. Нормальные и тангенциальные составляющие векторов поля.
13. Граничные условия для нормальных составляющих электрического поля
14. Граничные условия для нормальных составляющих магнитного поля
15. Граничные условия для тангенциальных составляющих магнитного поля
16. Граничные условия для тангенциальных составляющих электрического поля
17. Монохроматические поля, метод комплексных амплитуд .
18. Уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Комплексные проницаемости.
19. Лемма Лоренца.
.20. Принцип перестановочной двойственности.
21. Энергия электромагнитного поля

Согласована на портале № 26434

1.22. Закон Джоуля̆-Ленца и превращение энергии

23.Уравнение баланса энергии для электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга.

24. Движение энергии в электромагнитном поле

25.Уравнение Гельмгольца для среды без потерь. Его решения. Волновое число и волновой вектор. Фронт волны.

26. Уравнения Максвелла для плоской однородной волны. Взаимная ориентация векторов поля и волнового вектора в среде без потерь. Волновое сопротивление.

27.Поляризация плоской электромагнитной волны.

28. Электромагнитные волны в средах с потерями. Коэффициент затухания.

29. Волновое число в поглощающих средах. Волны в диэлектрике. Волны в проводнике. Поверхностный эффект.

30. Нормальное падение плоской волны на границу двух сред. Формулы Френеля.

31. Наклонное падение плоской волны на границу двух сред. Законы Снеллиуса Формулы Френеля. Угол Брюстера.

32..Явление полного внутреннего отражения и его применение. Неоднородные плоские волны.

33.. Понятие о направляющих системах. Условия распространения электромагнитных волн в направляющих системах. Критическая частота, длина волны в линии передачи, фазовая скорость.

34.Классификация направляемых волн.

35..Прямоугольный металлический волновод. Волны типа Е, их характеристики и структура поля.

36. Прямоугольный металлический волновод. Волны типа Н, их характеристики и структура поля.

37. Основная волна прямоугольного волновода, ее характеристики, структура поля и токов.

38. Накопление энергии в объеме. Резонатор и направляющая структура

39. Резонансная частота и добротность объемных резонаторов

40.Уравнения Максвелла для области, содержащей источники. Неоднородные волновые уравнения

41.Электродинамические потенциалы. Решение уравнений для электродинамических потенциалов.

42. Элементарный электрический излучатель

43. Исследование поля электрического диполя. Поле в ближней зоне

44. Исследование поля электрического диполя. Поле в дальней зоне

45. Понятие явления дифракции электромагнитных волн. Приближение Гюйгенса-Кирхгофа в описании явления дифракции. Зоны Френеля.

46. Область пространства, существенная при распространении радиоволн.

47. Классификация моделей радиотрасс над земной поверхностью.

48. Поле излучателя, поднятого над плоской поверхностью. Интерференционная формула и формула Введенского.

49. Учет сферичности Земли при распространении радиоволн в зоне освещенности. Приведенные высоты.

50. Рассеяние радиоволн шероховатыми поверхностями. Критерий Рэлея.

51. Структура поля излучения вертикального диполя при низко расположенных антеннах.

52. Расчет вертикальной составляющей поля при низко расположенных антеннах. Формула Шулейкина-Ван-дер-Поля.

53. Распространение радиоволн при низко расположенных антеннах над неоднородной трассой. Береговая рефракция.

54. Состав и электрические параметры тропосферы. Индекс преломления

55. Распространение волн в плавно-неоднородной среде. Явление рефракции. Эквивалентный радиус Земли. Виды тропосферной рефракции.

56. Строение ионосферы. Физические причины образования в ионосфере ионизированных слоев. Электрические параметры ионосферы.

57. Отражение и преломление радиоволн в ионосфере.

58. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов

Согласована на портале № 26434

14.1.3. Темы опросов на занятиях

Интегральные и дифференциальные уравнения электромагнетизма
Основные теоремы и принципы в теории гармонических полей
Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах
Граничные задачи электродинамики
Электромагнитные волны в направляющих системах и резонаторах
Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели
Распространение электромагнитных волн вблизи поверхности Земли.
Тропосферное и ионосферное распространение радиоволн

14.1.4. Темы лабораторных работ

Исследование отражения электромагнитных волн от границы раздела двух сред
Исследование линий передачи СВЧ диапазона
Исследование влияние Земли на излучение антенн
Исследование зон Френеля и дифракции радиоволн

14.2. 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 14.

Таблица 14 – 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 исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. 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.

Согласована на портале № 26434

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 № 26434