

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Электромагнитные поля и волны

**Код модуля**  
1151202(1)

**Модуль**  
Теория связи

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Абдуллин Ренат Рашидович	кандидат технических наук	Доцент	Департамент радиоэлектроники и связи
2	Саблина Наталья Григорьевна		ст. преподаватель	ДРиС

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Т.Г. Комарова

**Авторы:**

- **Абдуллин Ренат Рашидович, Доцент, Департамент радиоэлектроники и связи**
- **Саблина Наталья Григорьевна, ст. преподаватель, ДРиС**

**1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Электромагнитные поля и волны**

<b>1.</b>	<b>Объем дисциплины в зачетных единицах</b>	<b>3</b>	
<b>2.</b>	<b>Виды аудиторных занятий</b>	Лекции Лабораторные занятия	
<b>3.</b>	<b>Промежуточная аттестация</b>	Зачет	
<b>4.</b>	<b>Текущая аттестация</b>	Контрольная работа	6
		Домашняя работа	1
		Расчетно-графическая работа	1
		Отчет по лабораторным работам	1

**2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Электромагнитные поля и волны**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения (индикаторы)</b>	<b>Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
ОПК-2 -Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа	З-1 - Привести примеры использования методов моделирования и математического анализа в решении задач, относящихся к профессиональной деятельности П-1 - Решать поставленные задачи, относящиеся к области профессиональной деятельности, используя освоенные за время обучения пакеты прикладных программ	Зачет Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Контрольная работа № 3 Контрольная работа № 4 Контрольная работа № 5 Контрольная работа № 6 Лабораторные занятия Лекции Расчетно-графическая работа

	для моделирования и математического анализа У-1 - Обоснованно выбрать возможные методы моделирования и математического анализа для предложенных задач профессиональной деятельности	
ОПК-1 -Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества	У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при формулировании и решении задач профессиональной деятельности У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний	Домашняя работа Зачет Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Контрольная работа № 3 Контрольная работа № 4 Контрольная работа № 5 Контрольная работа № 6 Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.8</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>домашняя работа</i>	4,15	20
<i>контрольная работа 1</i>	4,3	10
<i>контрольная работа 2</i>	4,8	10
<i>контрольная работа 3</i>	4,14	10
<i>расчетно-графическая работа</i>	4,15	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – зачет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено</b>		

Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– <b>не предусмотрено</b>		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям– <b>нет</b>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– <b>не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.2</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>отчет по лабораторным работам</i>	4,16	70
<i>контрольная работа 4</i>	4,5	10
<i>контрольная работа 5</i>	4,9	10
<i>контрольная работа 6</i>	4,15	10
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям - <b>не предусмотрено</b>		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – <b>нет</b>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – <b>не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям - <b>не предусмотрено</b>		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям – <b>нет</b>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – <b>не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– <b>не предусмотрено</b>		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – <b>не предусмотрено</b>		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

**Критерии оценивания учебных достижений обучающихся**

<b>Результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам</b>
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

**Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням**

<b>Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)</b>				
<b>№ п/п</b>	<b>Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Шкала оценивания</b>		
		<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)

3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

### 5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

#### 5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### 5.1.2. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

2. МЕТОД КОМПЛЕКСНЫХ АМПЛИТУД

3. Баланс мощностей. ВЕКТОР ПОЙНТИНГА

4. ПЛОСКИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

5. ОТРАЖЕНИЕ И ПРЕЛОМЛЕНИЕ ПЛОСКИХ ВОЛН НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА

СРЕД

LMS-платформа

1. <https://elearn.urfu.ru/course/view.php?id=5959>

### 5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

#### Базовый

##### 5.2.1. Контрольная работа № 1

Примерный перечень тем

1. Уравнения Максвелла

Примерные задания

Записать физический смысл первого уравнения Максвелла

Записать физический смысл второго уравнения Максвелла

Записать физический смысл третьего уравнения Максвелла

Записать физический смысл четвертого уравнения Максвелла

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2.2. Контрольная работа № 2**

Примерный перечень тем

1. Монохроматическое поле
2. Метод комплексных амплитуд

Примерные задания

Дать определение монохроматического поля

Пояснить смысл комплексной диэлектрической проницаемости

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2.3. Контрольная работа № 3**

Примерный перечень тем

1. Уравнение баланса мощностей

Примерные задания

Записать уравнение баланса мощностей электромагнитного поля, пояснить входящие в него элементы

Дать определение вектора Пойнтинга

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2.4. Контрольная работа № 4**

Примерный перечень тем

1. Плоские волны

Примерные задания

Дать определение плоской волны

Пояснить физический смысл комплексной постоянной распространения

Дать определение характеристического сопротивления.

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2.5. Контрольная работа № 5**

Примерный перечень тем

1. Отражение и преломление волн на границе раздела сред

Примерные задания

Дать определение плоскости падения

Сформулировать законы Снеллиуса

Рассчитать значения коэффициентов Френеля для волны падающей под заданным углом на границу раздела заданных сред.

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2.6. Контрольная работа № 6**

Примерный перечень тем

1. Нормальное падение волн на границу раздела сред
2. Приближенные граничные условия Леонтовича

Примерные задания

Рассчитать долю отраженной мощности при падении плоской волны на границу заданных сред



Рассчитать коэффициент стоячей волны при падении плоской волны на границу заданных сред

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.7. Домашняя работа

Примерный перечень тем

1. Основные уравнения ЭМП
2. МХП + Баланс мощностей
3. Плоские волны
4. Падение/отражение плоских волн

Примерные задания

Вариант 1.

1. Найти требуемую мощность передатчика  $P_{\text{пер}}$  при следующих условиях: мощность на входе приемника  $P_{\text{пр}}=10^{-6}$  Вт, коэффициентом усиления антенны  $G_{\text{пер}}=20$  дБ,  $G_{\text{пр}}=20$  дБ, расстояние  $r=40$  км, длина волны  $\lambda=5$  см, множитель ослабления по мощности  $F=-10$  дБ в нижних слоях атмосферы.

2. Мощность, излучаемая антенной третьего телевизионного канала телецентра в Екатеринбурге, составляет 6,5 кВт. Коэффициент направленного действия передающей антенны равен 4,5, высота подвеса антенны составляет 160 метров, частота несущей равна 82 МГц. Какова напряженность электрического поля на границе освещенной зоны, если высота подвеса приемной антенны равна 27 метрам.

Вариант 2.

1. Параметры передающей базовой станции: мощность излучения  $P_1=50$  Вт, высота поднятия антенны  $h_1=50$  м, рабочая частота  $f=900$  МГц, коэффициент усиления антенны  $G_1=1.64$ . Высота поднятия приёмной антенны  $h_2=2$  м. Рассчитать амплитуду электрического поля  $E_m$  и плотность потока мощности  $P_{\text{ср}}$  на расстоянии  $r=2$  км.

2. Мощность, излучаемая антенной третьего телевизионного канала телецентра в Екатеринбурге, составляет 5,5 кВт. Коэффициент направленного действия передающей антенны равен 5, высота подвеса антенны составляет 225 метров, частота несущей равна 78 МГц. Какова напряженность электрического поля на границе освещенной зоны, если высота подвеса приемной антенны равна 30 метрам

LMS-платформа

1. <https://elearn.urfu.ru/course/view.php?id=5959>

### 5.2.8. Расчетно-графическая работа

Примерный перечень тем

1. РАСЧЕТ И ГРАФИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОТРАЖЕНИЯ И ПРЕЛОМЛЕНИЯ ПЛОСКИХ ВОЛН В ДИАПАЗОНЕ УГЛОВ ПАДЕНИЯ НА ГРАНИЦУ РАЗДЕЛА ДВУХ СРЕД

Примерные задания

В таблице приведен список вариантов задания с параметрами первой и второй сред. Среды задаются параметрами: относительная магнитная проницаемость  $\mu=1$ ; относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon$ ; проводимость  $\sigma$  (См/м) или тангенс

угла диэлектрических потерь  $\text{tg}\delta$  на заданной частоте. Считать, что волна падает из первой среды на границу со второй средой.

Для заданных параметров вычислить коэффициент затухания, длину волны и фазовую скорость электромагнитной волны при распространении в первой и второй средах на заданной частоте. Рассчитать характеристическое сопротивление обеих сред.

Рассчитать и построить графики зависимости модуля и фазы коэффициентов отражения и преломления плоской линейно поляризованной электромагнитной волны в диапазоне углов падения  $\varphi$  от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ .

На одном поле построить графики зависимости модуля коэффициента отражения для параллельной поляризации для заданных сред и этих же сред, но без учета потерь.

На другом поле построить графики зависимости модуля коэффициента отражения для перпендикулярной поляризации для заданных сред и этих же сред, но без учета потерь.

На третьем поле построить графики зависимости фазы (в градусах) коэффициента отражения для параллельной и перпендикулярной поляризаций для заданных сред.

На четвертом поле построить графики зависимости модуля коэффициента прохождения для параллельной и перпендикулярной поляризации для заданных сред.

Графики прокомментировать.

LMS-платформа

1. <https://elearn.urfu.ru/course/view.php?id=5959>

### **5.2.9. Отчет по лабораторным работам**

Примерный перечень тем

1. Основные уравнения ЭМП
2. МХП + Баланс мощностей
3. Плоские волны
4. Падение/отражение плоских волн

Примерные задания

## 1. ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

1.1. Некоторый анизотропный диэлектрик имеет тензор относительной диэлектрической проницаемости, который в декартовой системе координат записывается следующим образом:

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} 6 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 7 \end{bmatrix}$$

В диэлектрике создано равномерное электрическое поле, заданное вектором  $\vec{E} = \vec{x}_0 \cdot 1,5 - \vec{y}_0 \cdot 3 + \vec{z}_0 \cdot 0,5$ . Определите вектор электрической индукции  $\vec{D}$  и угол между векторами  $\vec{E}$  и  $\vec{D}$ .

1.2. Вычислите напряженность электрического поля в латунной ( $\sigma = 1,4 \cdot 10^7$  См/м) ленте толщиной 0,12 мм и шириной 10 мм, по которой протекает постоянный ток 150 мА.

1.3. В материале с относительной диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 2$  создано электромагнитное поле, гармонически изменяющееся во времени. В некоторой точке пространства  $\vec{E} = \vec{x}_0 \cdot 14 \cos(14\pi \times 10^9 t) + \vec{y}_0 \cdot 20 \sin(14\pi \times 10^9 t)$  В/м. Найти вектор плотности тока смещения в данной точке.

1.4. Показать, что векторное поле  $\vec{H}$ , изменяющееся в пространстве и во времени по закону  $\vec{H} = \vec{x}_0 6x \cos \omega t + \vec{y}_0 2e^{-2y} \sin \omega t$  не может быть полем магнитного вектора, удовлетворяющего уравнениям Максвелла.

Плоская электромагнитная волна частотой  $f = 1$  ГГц падает из кварца ( $\varepsilon = 3,8$ ) на границу с воздухом под углом  $60$  градусов относительно нормали. Вычислить долю прошедшей мощности, если напряженность электрического поля падающей волны составила  $100$  В/м, а вектор  $E$  лежит в плоскости падения

Плоская электромагнитная волна, вектор напряженности электрического поля которой лежит в плоскости падения, падает из диэлектрика с параметрами  $\varepsilon_1 = 9$ ,  $\mu_1 = 1$ ,  $\sigma_1 = 0$  на поверхность диэлектрика с параметрами  $\varepsilon_2 = 1$ ,  $\mu_2 = 1$ ,  $\sigma_2 = 0$ . При каких углах падения:

а) вся энергия падающей волны переходит во вторую среду; б) вся энергия падающей волны отражается от границы раздела?

Плоская электромагнитная волна с круговой поляризацией падает из вакуума под углом  $\varphi$  на границу раздела со средой, показатель преломления которой равен  $1,531$ . Найти вид поляризации отраженной волны для углов падения  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $56^\circ 51'$ .

LMS-платформа

1. <https://elearn.urfu.ru/course/view.php?id=5959>

### **5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля**

#### **5.3.1. Зачет**

Список примерных вопросов

1. Определение и распределение электромагнитных волн по частоте.
  2. Основные физические величины и уравнения электромагнитного поля. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме.
  3. Источники электромагнитных волн.
  4. Уравнения баланса мощности электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга.
  5. Граничные условия для электромагнитных волн на поверхности реальных сред.
  6. Однородные волновые уравнения Гельмгольца и их решения в виде плоских бегущих волн в различных средах.
  7. Характеристическое сопротивление, фазовая и групповая скорости электромагнитных волн, коэффициент затухания, частотная дисперсия.
  8. Плотность потока мощности электромагнитных волн в реальных средах.
  9. Поляризация электромагнитных волн. Поле плоской однородной электромагнитной волны левой эллиптической поляризации.
  10. Законы отражения и преломления – законы Снеллиуса. Формулы Френеля для коэффициентов отражения и преломления.
  11. Явления полного преломления и полного отражения волн. Поверхностная и направленная волны.
  12. Нормальное падение, коэффициент бегущей волны.
  13. Граничные условия Леонтовича. Мощность потерь в реальных проводниках.
  14. Классификация радиоволн и радиосвязи.
  15. Модель распространения волн в свободном пространстве. Поле излучателя в свободном пространстве, формулы идеальной радиосвязи. Энергетические соотношения в условиях свободного пространства. Зоны Френеля.
  16. Множитель ослабления напряженности электромагнитного поля на реальных трассах. Параметры земной поверхности. Двухлучевая модель распространения волн при отражении от земной поверхности. Интерференционная формула. Формула Введенского.
  17. Излучение и прием антеннами, расположенными вблизи поверхности Земли. Ослабление мощности в канале связи. Учет влияния неровностей местности.
  18. Параметры тропосферы. Рефракция радиоволн в неоднородной тропосфере. Ослабление поля. Дальнее тропосферное распространение. Замирания.
  19. Строение ионосферы и ее электродинамические характеристики. Отражение и преломление волн в ионосфере.
  20. Расчет напряженности поля на ионосферных линиях связи в ВЧ диапазоне. Ослабление напряженности поля в ионосфере. Замирания.
  21. Особенности распространения и расчет напряженности поля радиоволн различных диапазонов.
- LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности**

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Формирование информационной культуры в сети интернет	дистанционное образование учебно-исследовательская, научно-исследовательская профориентационная деятельность целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология образования в сотрудничестве Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы Технология анализа образовательных задач	ОПК-2	П-1	Домашняя работа Зачет Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Контрольная работа № 3 Контрольная работа № 4 Контрольная работа № 5 Контрольная работа № 6 Лабораторные занятия Расчетно-графическая работа