

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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



УТВЕРЖДАЮ

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-ae0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Электродинамика

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**

Направление подготовки (специальность): **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**

Направленность (профиль): **Радиоэлектронные системы космических комплексов**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**

Курс: **3**

Семестр: **5**

Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности            | 5 семестр | Всего | Единицы |
|---|--------------------------------------|-----------|-------|---------|
| 1 | Лекции                               | 36        | 36    | часов   |
| 2 | Практические занятия                 | 28        | 28    | часов   |
| 3 | Лабораторные занятия                 | 16        | 16    | часов   |
| 4 | Всего аудиторных занятий             | 80        | 80    | часов   |
| 5 | Самостоятельная работа               | 28        | 28    | часов   |
| 6 | Всего (без экзамена)                 | 108       | 108   | часов   |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена / зачета | 36        | 36    | часов   |
| 8 | Общая трудоемкость                   | 144       | 144   | часов   |
|   |                                      | 4.0       | 4.0   | З.Е     |

Экзамен: 5 семестр

Томск 2017

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, утвержденного 2016-08-11 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчики:

каф. СВЧиКР \_\_\_\_\_ Мандель А. Е.

Заведующий обеспечивающей каф.  
СВЧиКР

\_\_\_\_\_ Шарангович С. Н.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан РТФ \_\_\_\_\_ Попова К. Ю.

Заведующий выпускающей каф.  
РТС

\_\_\_\_\_ Мелихов С. В.

Эксперты:

ТУСУР, каф. СВЧиКР, проф. \_\_\_\_\_ Г.Г.Гошин

ТУСУР, каф.РТС, асс. \_\_\_\_\_ Д.О. Ноздреватых

### 1. Цели и задачи дисциплины:

Целью раздела «Электродинамика», 1-го раздела курса «Электродинамика и распространение радиоволн», - является изучение основ макроскопической электродинамики, теории плоских электромагнитных волн в различных средах, методов анализа волноводных и колебательных систем, устройств излучения электромагнитных волн

Основными задачами изучения дисциплины являются: изучение студентами фундаментальных законов, описывающих электромагнитное поле; освоение математического аппарата и методов электродинамического описания явлений и процессов в радиоэлектронных устройствах различного назначения

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП:

Раздел “Электродинамика” является первым разделом дисциплины “Электродинамика и распространение радиоволн” и относится к федеральному компоненту цикла специальных дисциплин. Дисциплина непосредственно ориентирована на профессиональную подготовку обучающихся. Изучение дисциплины «Электродинамика» базируется на знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин математического и естественнонаучного цикла, прежде всего, физики (раздел: электромагнетизм) и математики (разделы: дифференциальные уравнения, векторный анализ, теория функций комплексного переменного). Освоение дисциплины «Электродинамика» необходимо как предшествующее для изучения ряда последующих дисциплин: раздела 2 «Распространение радиоволн» курса “Электродинамика и распространение радиоволн”; «Устройства СВЧ и антенны»; «Устройства генерирования и формирования сигналов»; «Устройства приема и преобразования сигналов»; «Основы теории радиосистем передачи информации»; «Основы теории радиолокационных систем и комплексов управления»; «Основы теории радионавигационных систем и комплексов»; «Основы теории систем и комплексов радиоэлектронной борьбы».

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-12 способностью выполнять исследования новых процессов и явлений в радиотехнике, позволяющих повысить эффективность радиоэлектронных систем и устройств;

ПК-13 способностью анализировать современное состояние проблем в своей профессиональной деятельности, ставить цели и задачи научных исследований, формировать программы исследований и реализовывать их с помощью современного оборудования и информационных технологий с использованием отечественного и зарубежного опыта;

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:** - основные уравнения, описывающие электромагнитное поле и энергетические соотношения в нем;

- методы решения уравнений Максвелла при заданных источниках;

- методы исследования элементарных излучателей;

- явления, возникающие на границе раздела сред;

- общие свойства волн, распространяющихся в линиях передачи

**уметь:** - анализировать структуру электромагнитного поля плоских волн, распространяющихся в однородных средах;

- анализировать структуру электромагнитного поля, созданного элементарными излучателями;

- анализировать структуру электромагнитного поля в различных линиях передачи, проводить расчеты избирательных свойств объемных резонаторов.

**владеть:** - методами решения основных задач расчета электрических и магнитных полей;

- методиками расчета основных характеристик волноводных трактов и резонаторов.

#### 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)           | 80          | 80        |
| Лекции                               | 36          | 36        |
| Практические занятия                 | 28          | 28        |
| Лабораторные занятия                 | 16          | 16        |
| Самостоятельная работа (всего)       | 28          | 28        |
| Всего (без экзамена)                 | 108         | 108       |
| Подготовка и сдача экзамена / зачета | 36          | 36        |
| Общая трудоемкость час               | 144         | 144       |
| Зачетные Единицы Трудоемкости        | 4.0         | 4.0       |

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                              | Лекции | Лабора-<br>т. занятия | Практич.<br>занятия | Курсовой П/Р<br>(КРС) | Самост. работа<br>студента | Всего час.<br>(без экзам) | Формируемые<br>компетенции<br>(ОК, ПК) |
|-------|--|--------|-----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------|--|
| 1.    | Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла | 8      |                       | 6                   |                       | 6                          | 20                        | ПК-12<br>ПК-13                         |
| 2.    | Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах       | 6      |                       | 4                   |                       | 4                          | 14                        | ПК-12<br>ПК-13                         |
| 3.    | Падение плоских волн на границу раздела сред                 | 6      | 4                     | 4                   |                       | 4                          | 18                        | ПК-12<br>ПК-13                         |
| 4.    | Электромагнитные волны в направляющих системах               | 8      | 4                     | 6                   |                       | 6                          | 24                        | ПК-12<br>ПК-13                         |
| 5.    | Электромагнитные колебания в объемных резонаторах            | 4      | 4                     | 4                   |                       | 4                          | 16                        | ПК-12<br>ПК-13                         |
| 6.    | Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели     | 4      | 4                     | 4                   |                       | 4                          | 16                        | ПК-12<br>ПК-13                         |
|       | ВСЕГО  | 36     | 16                    | 28                  |                       | 28                         | 108                       |  |

##### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

| № п/п | Наименование разделов                              | Содержание разделов  | Трудо-<br>ем-<br>кость<br>(час.) | Формиру-<br>емые ком-<br>петенции<br>(ОК, ПК) |
|-------|--|--|----------------------------------|---|
| 1.    | Основные законы электромагнитного поля и уравнения | Электромагнитное поле и его математические модели. Основные законы: закон Гаусса, закон сохранения заряда, закон неразрывности магнитных силовых линий, закон полного тока и закон | 8                                | ПК-12<br>ПК-13                                |

|    |  |  |   |                |
|----|--|--|---|----------------|
|    | Максвелла  | <p>электромагнитной индукции.</p> <p>Материальные уравнения и классификация сред. Сторонние токи.</p> <p>Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Полная система уравнений Максвелла.</p> <p>Единственность решений уравнений электродинамики. Лемма Лоренца. Принцип перестановочной двойственности.</p> <p>Поля на границах раздела сред. Граничные условия для векторов электрического поля. Граничные условия для векторов магнитного поля.</p> <p>Уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Комплексные амплитуды полей. Комплексные проницаемости. Энергетические характеристики и баланс энергии поля.</p>  |   |                |
| 2. | Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах   | <p>Волновой характер переменного электромагнитного поля. Уравнение Гельмгольца. Плоские волны и их характеристики. Волновой вектор и волновое число. Фронт волны. Взаимная ориентация векторов поля и волнового вектора в среде без потерь. Волновое сопротивление. Поляризация плоской волны.</p> <p>Электромагнитные волны в средах с потерями. Коэффициент затухания.</p> <p>Понятие о распространении электромагнитных волн в анизотропных средах</p>  | 6 | ПК-12<br>ПК-13 |
| 3. | Падение плоских волн на границу раздела сред             | <p>Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела двух сред без потерь. Формулы Френеля. Угол Брюстера. Полное внутреннее отражение. Неоднородные плоские волны. Падение плоской электромагнитной волны на идеальный проводник и на диэлектрическое полупространство с потерями. Приближенные граничные условия Леонтовича.</p>   | 6 | ПК-12<br>ПК-13 |
| 4. | Электромагнитные волны в направляющих системах           | <p>Понятие о направляющих системах. Направляемые электромагнитные волны. Постоянная распространения, фазовая скорость и длина волны в линии передачи. Критическая частота. Классификация направляемых волн: Т, Е, и Н – волны.</p> <p>Прямоугольный и круглый металлические волноводы. Решение двумерного уравнения Гельмгольца для прямоугольного волновода. Волны типа Е и типа Н, их характеристики и структура поля. Основная волна прямоугольного волновода, ее характеристики и структура поля. Расчет мощности, переносимой основной волной через поперечное сечение волновода. Характеристическое сопротивление волновода. Применения прямоугольных и круглых волноводов.</p> <p>Волноводы с волнами типа Т. Общие свойства волн типа Т.</p> | 8 | ПК-12<br>ПК-13 |
| 5. | Электромагнитные колебания в объемных резонаторах        | <p>Объемные резонаторы. Отрезок направляющей структуры, ограниченный металлическими торцевыми поверхностями, как резонатор. Анализ собственных колебаний в полых резонаторах. Прямоугольный, круглый и коаксиальный резонаторы. Определенные резонансной частоты и добротности объемных резонаторов. Понятие об открытых и диэлектрических резонаторах.</p>  | 4 | ПК-12<br>ПК-13 |
| 6. | Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели | <p>Уравнения Максвелла для области, содержащей источник. Векторный и скалярный электродинамические потенциалы. Неоднородное уравнение Гельмгольца и его решение в случае возбуждения свободного пространства заданной системой сторонних источников. Теорема запаздывающих потенциалов.</p> <p>Элементарный источник электромагнитного поля и свойства возбуждаемой им сферической волны. Элементарные электрический и магнитный излучатели: структура поля, диаграммы направленности, сопротивление излучения.</p>  | 4 | ПК-12<br>ПК-13 |

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

| № п/п | Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | № № разделов данной дисциплины из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|-------|---|--|---|---|---|---|---|--|--|--|--|
|       |   | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |  |  |  |  |
|       |   |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |

| Предшествующие дисциплины |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
| 1.                        | Математика  | + | + | + | + | + | + |  |  |
| 2.                        | Физика  | + | + | + | + | + | + |  |  |
| Последующие дисциплины    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
| 1                         | Распространение радиоволн                                     | + | + | + | + | + | + |  |  |
| 2                         | Устройства СВЧ и антенны                                      | + | + | + | + | + | + |  |  |
| 3                         | Устройства генерирования и формирования сигналов              | + | + | + | + | + | + |  |  |
| 4                         | Устройства приема и преобразования сигналов                   | + | + | + | + | + | + |  |  |
| 5                         | Основы теории радиосистем передачи информации                 | + | + | + | + | + | + |  |  |
| 6                         | Основы теории радиолокационных систем и комплексов управления | + | + | + | + | + | + |  |  |
| 7                         | Основы теории систем и комплексов радиоэлектронной борьбы     | + | + | + | + | + | + |  |  |

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

| Перечень компетенций | Виды занятий |     |     |       |     | Формы контроля по всем видам занятий  |
|----------------------|--------------|-----|-----|-------|-----|---|
|                      | Л            | Лаб | Пр. | КР/КП | СРС |   |
| ПК-12                | +            | +   | +   |       | +   | Опрос на практических занятиях. Опрос на лабораторных работах. Тестовые контрольные работы. |
| ПК-13                | +            | +   | +   |       | +   | Опрос на практических занятиях. Опрос на лабораторных работах. Тестовые контрольные работы. |

Л – лекция, Пр – практические и семинарские занятия, Лаб – лабораторные работы, КР/КП – курсовая работа/проект, СРС – самостоятельная работа студента

#### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП

#### 7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование лабораторных работ   | Трудоемкость (час.) | ОК, ПК          |
|-------|----------------------|---|---------------------|-----------------|
| 1     | 3                    | Измерение коэффициентов отражения электромагнитных волн от различных поверхностей | 4                   | ПК-12,<br>ПК-13 |
| 2     | 4                    | Исследование линий передачи СВЧ диапазона   | 4                   |                 |
| 3     | 5                    | Исследование объёмного резонатора   | 4                   |                 |
| 4     | 6                    | Исследование влияние Земли на излучение антенн                                    | 4                   |                 |

#### 8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

| № п/п | № раздела дисциплины из табл. 5.1                            | Тематика практических занятий (семинаров)  | Трудоемкость (час.) | Компетенции ОК, ПК |
|-------|--|--|---------------------|--------------------|
| 1     | Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла | Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Полный ток и его составляющие. Материальные уравнения и классификация сред. Граничные условия для векторов электрического и магнитного поля. Энергетические характеристики электромагнитного по- | 6                   | ПК-12<br>ПК-13     |

|   |  |   |   |                |
|---|--|---|---|----------------|
|   |  | ля поля. Вектор Пойнтинга.  |   |                |
| 2 | Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах   | Уравнение Гельмгольца. Плоские волны и их характеристики. Волновое число и волновой вектор. Взаимная ориентация векторов поля и волнового вектора в среде без потерь. Волновое сопротивление. Поляризация плоской волны.<br>Электромагнитные волны в средах с потерями. Коэффициент затухания.<br>Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах   | 4 | ПК-12<br>ПК-13 |
| 3 | Падение плоских волн на границу раздела сред             | Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела двух сред без потерь. Формулы Френеля. Угол Брюстера. Полное внутреннее отражение.<br>Неоднородные плоские волны. Падение плоской электромагнитной волны на идеальный проводник и на диэлектрическое полупространство с потерями. Приближенные граничные условия Леонтовича.  | 4 | ПК-12<br>ПК-13 |
| 4 | Электромагнитные волны в направляющих системах           | Направляемые электромагнитные волны. Постоянная распространения, фазовая скорость и длина волны в линии передачи. Критическая частота. Классификация направляемых волн: Т, Е, и Н – волны.<br>Прямоугольный металлический волновод. Волны типа Е и типа Н, их характеристики и структура поля.<br>Основная волна прямоугольного волновода, ее характеристики и структура поля. Расчет мощности, переносимой основной волной через поперечное сечение волновода. Характеристическое сопротивление волновода. | 6 | ПК-12<br>ПК-13 |
| 5 | Электромагнитные колебания в объемных резонаторах        | Прямоугольный, круглый и коаксиальный резонаторы. Определение резонансной частоты и добротности объемных резонаторов.   | 4 | ПК-12<br>ПК-13 |
| 6 | Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели | Уравнения Максвелла для области, содержащей источник. Векторный и скалярный электродинамические потенциалы<br>Элементарные электрический и магнитный излучатели: структура поля, диаграммы направленности, сопротивление излучения.   | 4 | ПК-12<br>ПК-13 |

## 9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

| № п/п | № раздела дисциплины из табл. 5.1                            | Тематика самостоятельной работы (детализация)  | Трудоемкость (час.) | Компетенции ОК, ПК | Контроль выполнения работы                         |
|-------|--|--|---------------------|--------------------|--|
| 1     | Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла | Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к тестовой контрольной работе. | 6                   | ПК-12<br>ПК-13     | Опрос на практическом занятии. Контрольная работа. |
| 2     | Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах       | Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к тестовой контрольной работе. | 4                   | ПК-12<br>ПК-13     | Опрос на практическом занятии. Контрольная работа. |

|   |  |  |   |                |  |
|---|--|--|---|----------------|--|
| 3 | Падение плоских волн на границу раздела сред             | Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к тестовой контрольной работе.<br>Подготовка к лабораторной работе | 4 | ПК-12<br>ПК-13 | Опрос на практическом занятии. Контрольная работа. |
| 4 | Электромагнитные волны в направляющих системах           | Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к тестовой контрольной работе.<br>Подготовка к лабораторной работе | 6 | ПК-12<br>ПК-13 | Опрос на практическом занятии. Контрольная работа. |
| 5 | Электромагнитные колебания в объемных резонаторах        | Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к тестовой контрольной работе.<br>Подготовка к лабораторной работе | 4 | ПК-12<br>ПК-13 | Опрос на практическом занятии. Контрольная работа. |
| 6 | Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели | Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к тестовой контрольной работе.<br>Подготовка к лабораторной работе | 4 | ПК-12<br>ПК-13 | Опрос на практическом занятии. Контрольная работа. |
|   |  |  |   |                |  |

## 10. КУРСОВАЯ РАБОТА

Не предусмотрено РУП

## 11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

### МЕТОДИКА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Осуществляется в соответствии с **Положением о порядке использования рейтинговой системы для оценки успеваемости студентов** (приказ ректора 25.02.2010 № 1902) и основана на бально-рейтинговой системе оценки успеваемости, действующей с 2009 г., которая включает **текущий** контроль выполнения элементов объема дисциплины по элементам контроля с подведением текущего рейтинга (раздел 6).

**Правила формирования пятибалльных оценок** за каждую контрольную точку (КТ12, КТ13) осуществляется путем округления величины, рассчитанной по формуле:

$$КТx|_{x=1,2} = \frac{(\text{Сумма}_\text{баллов}_\text{набранная}_\text{к}_\text{КТx}) * 5}{\text{Требуемая}_\text{сумма}_\text{баллов}_\text{по}_\text{бальной}_\text{раскладке}}$$

После окончания семестра студент, набравший менее 60 баллов, считается неуспевающим, не получившим зачет. **Студент, выполнивший все запланированные лабораторные работы и контрольные работы**, набравший сумму 60 и более баллов, получает зачет «автоматом»..

**Таблица 11.1 Распределения баллов в течение семестра**

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую контрольную точку с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|-------------------------------|---|---|---|------------------|
| Посещение лекций              | 6   | 6   | 6   | <b>18</b>        |
| Тестовый контроль             | 10  | 10  | 10  | <b>30</b>        |
| Выполнение лабораторных работ |   | 20  | 20  | <b>40</b>        |
| Компонент своевременно-       | 2   | 5   | 5   | <b>12</b>        |



|                                  |           |           |            |            |
|----------------------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| сти                              |           |           |            |            |
| <b>Итого максимум за период:</b> | <b>18</b> | <b>41</b> | <b>41</b>  | <b>100</b> |
| <b>Нарастающим итогом</b>        | <b>16</b> | <b>59</b> | <b>100</b> |            |

### 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)   |
| 65 - 69                              |  |                         |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено)      | 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. Б.М. Петров Электродинамика и распространение радиоволн: Учебник для вузов. - М.: Горячая линия- Телеком, 2007.-558 с. **(100)**
2. Л.А.Боков, В.А. Замотринский, А.Е. Мандель Электродинамика и распространение радиоволн: Уч. пособие.. - Томск: ТУСУР, 2013. - 410с. – Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/3289>

### 12.2. Дополнительная литература

3. В.В. Никольский, Т.И. Никольская Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие для вузов - М., Наука, 1989.-543 с. **(35)**
4. С.И.Баскаков Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие для вузов - М.:высшая школа, 1992.-416 с. **(44)**
5. Л.А.Боков Электромагнитные поля и волны: Уч.пособие. –Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2003-214 с. **(46)**

## 12.3 Учебно-методические пособия

### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Замотринский В.А., Падусова Е.В., Соколова Ж.М., Шангина Л.И. Электромагнитные поля и волны: Уч.-метод. пособие. –Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2007.-187с. (80) (УМП по практическим занятиям)
2. Измерение коэффициентов отражения от различных типов поверхностей[Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Замотринский В. А., Никифоров А. Н. Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники. - Электрон. текстовые дан. - Томск: ТУСУР, 2011. - 15 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/133>
2. Исследование влияния Земли на излучение антенн [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Замотринский В. А. Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники. - Электрон. текстовые дан. - Томск : ТУСУР, 2011. - 14 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/134>
3. Исследование линий передачи СВЧ диапазона[Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Соколова Ж. М., Падусова Е. В. Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники. - Электрон. текстовые дан. - Томск : ТУСУР, 2011. - 25 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/135>
4. Исследование объёмного резонатора [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Соколова Ж. М., Падусова Е. В. – 2011. – 18 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/131>
5. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов специальности 210302 «Радиотехника» / разработ. А. Е. Мандель, разработ. Л. А. Боков, разработ. Соколова ; Министерство образования и науки Российской Федерации (М.), Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники. - Электрон. текстовые дан. - Томск : ТУСУР, 2010. - 37 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/15>

### 12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа 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 Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Springer Journals – полнотекстовая коллекция электронных журналов издательства Springer. [Электронный ресурс]. URL: <http://link.springer.com/>

2. Образовательный портал в свободном доступе: «Физика, химия, математика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина». [Электронный ресурс]. URL <http://www.ph4s.ru/>; (дата обращения 14.01.2017)
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. [Электронный ресурс]. URL <http://elibrary.ru/defaultx.asp>; (дата обращения 14.01.2017)
4. Университетская информационная система Россия. [Электронный ресурс]. URL: <http://uisrussia.msu.ru/is4/-main.jsp>; (дата обращения 14.01.2017)

## **13 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **13.1 Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины**

Для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 3 этаж, ауд. 328. Состав оборудования:

Учебная мебель;. Компьютеры класса не ниже IntelPentium G3220 (3.0GHz/4Mb)/4GB RAM/500GB с широкополосным доступом в Internet,— 8 шт.; Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: MicrosoftWindowsXPProfessionalwithSP3; VisualStudio 2008 EEwithSP1; MicrosoftOfficeVisio 2010; MicrosoftSQL-Server2005; Matlabv6.5 . Автоматизированные рабочие места для расчета и экспериментального исследования законов электродинамики и электродинамических устройств.

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 3 этаж, ауд.333ь. Состав оборудования:

Учебная мебель; Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Ce1eгоп D336 2.8ГГц. - 12 шт.; Компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

### **13.2 Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов с нарушениями слуха предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов с нарушениями зрениями предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема-

передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## **14 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **14.1 Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации**

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

### **14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

**Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью**

| <b>Категории студентов</b>                    | <b>Виды дополнительных оценочных средств</b>  | <b>Формы контроля и оценки результатов обучения</b>                                    |
|---|---|--|
| 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 средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для студентов с ОВЗ 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.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов 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 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 обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ П. Е. Троян

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**Электродинамика**

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**

Направление подготовки (специальность): **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**

Направленность (профиль): **Радиоэлектронные системы космических комплексов**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**

Курс: **3**

Семестр: **5**

Учебный план набора 2016 года

Разработчики:

– каф. СВЧиКР Мандель А. Е.

Экзамен: 5 семестр

## Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Электродинамика и распространение волн» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций приведен в таблице 1

**Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций**

| Код      | Формулировка компетенции   | Этапы формирования компетенции  |
|----------|--|---|
| ОПК – 12 | способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат   | <p><b>Должен знать</b></p> <p>Основные понятия электродинамики; математический аппарат решения электродинамических задач, основные уравнения электромагнитного поля, принципы и теоремы электродинамики; классы электродинамических задач и подходы к их решению</p> <p><b>Должен уметь</b></p> <p>Применять знания для выявления естественно-научную сущность проблем, возникающих при решении различных электродинамических задач и их радиотехнических приложений, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p> <p><b>Должен владеть</b></p> <p>Основными навыками решения базовых электродинамических задач.</p>             |
| ПК – 13  | готовность участвовать в составлении аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам выполненной работы, в подготовке публикаций результатов исследований и разработок в виде презентаций, статей и докладов | <p><b>Должен знать</b></p> <p>Методики сбора и анализа информации для составления аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам анализ информации в области электродинамики и распространения радиоволн.</p> <p><b>Должен уметь</b></p> <p>Осуществлять поиск и анализ информации в области электродинамики, представленной в различных отечественных и зарубежных источниках для разработки радиотехнических устройств различного назначения.</p> <p><b>Должен владеть</b></p> <p>Навыками расчетов электромагнитных полей и волн, необходимых при анализе информации для разработки радиотехнических устройств различного назначения.</p> |



Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

| Показатели и критерии                 | Знать   | Уметь   | Владеть  |
|---------------------------------------|---|---|--|
| Отлично (высокий уровень)             | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы   |
| Хорошо (базовый уровень)              | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области                                   | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования  | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Обладает базовыми общими знаниями   | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач  | Работает при прямом наблюдении   |

## 2. Реализация компетенций

### 2.1. Компетенция ОПК – 12

ОПК – 12: способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов.

Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

#### Таблица 3–Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

| Состав            | Знать  | Уметь  | Владеть   |
|-------------------|--|--|---|
| Содержание этапов | Основные понятия электродинамики; математический аппарат решения электродинамических задач, основные уравнения электромагнитного поля, принципы и теоремы электродинамики; классы электродинамических задач и подходы к их решению | Применять знания для выявления естественно-научной сущности проблем, возникающих при решении различных электродинамических задач и их радиотехнических приложений, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат | Основными навыками решения базовых электродинамических задач. |

|                                  |   |  |  |
|----------------------------------|---|--|--|
| Виды занятий                     | Лекции;<br>Практические занятия         | Лабораторные работы;<br>Практические занятия<br>Самостоятельная работа студентов | Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа студентов |
| Используемые средства оценивания | Контрольная тестовая работа;<br>Экзамен | Оформление отчетности и защита лабораторных работ;                               | защита лабораторных работ;<br>Экзамен                    |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

**Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

| Показатели и критерии                        | Знать   | Уметь  | Владеть  |
|--|---|--|--|
| <b>Отлично (высокий уровень)</b>             | Знает математический аппарат решения электродинамических задач;<br>Анализирует связи между различными понятиями в области электродинамики<br>Знает основные уравнения, описывающие электромагнитное поле и методы их решения; механизмы влияния Земли и атмосферы Земли на распространение радиоволн различных диапазонов | Умеет грамотно выявлять естественно-научную сущность проблемы при решении различных задач электродинамики и распространения волн.                      | Свободно владеет методами решения задач электродинамики и распространения волн.<br>Привлекает для решения задач электродинамики соответствующий физико-математический аппарат                                    |
| <b>Хорошо (базовый уровень)</b>              | Понимает связи между различными понятиями в области электродинамики;<br>Представляет приемы и методы решения электродинамических задач  | Умеет рассчитывать и анализировать характеристики электромагнитных волн, учитывать условия их распространения и возбуждения, влияние параметров среды. | Владеет навыками решения задач связанных с электромагнитными явлениями; навыками определения характера и степени влияния трассы распространения радиоволн на характеристики конкретной радиотехнической системы. |
| <b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b> | Дает определения основных понятий в области электродинамики.  | Умеет самостоятельно подбирать методы решения задач в области электродинамики и распространения радиоволн.   | Владеет навыками решения базовых электродинамических задач;  |

## 2.2. Компетенция ПК – 13

ПК – 13: готовность участвовать в составлении аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам выполненной работы, в подготовке публикаций результатов исследований и разработок в виде презентаций, статей и докладов Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов

Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

**Таблица 5–Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания**

| Состав                           | Знать   | Уметь   | Владеть  |
|----------------------------------|---|---|--|
| Содержание этапов                | Методики сбора и анализа информации для составления аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам анализа информации в области электродинамики и распространения радиоволн. | Осуществлять поиск и анализ информации в области электродинамики, представленной в различных отечественных и зарубежных источниках для разработки радиотехнических устройств различного назначения. | Навыками расчетов электромагнитных полей и волн, необходимых при анализе информации для разработки радиотехнических устройств различного назначения. |
| Виды занятий                     | Лекции;<br>Практические занятия   | Лабораторные работы;<br>Практические занятия<br>Самостоятельная работа студентов  | Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа студентов   |
| Используемые средства оценивания | Контрольная тестовая работа;<br>Экзамен   | Оформление отчетности и защита лабораторных работ;  | защита лабораторных работ;Экзамен  |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

**Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

| Показатели и критерии                        | Знать  | Уметь  | Владеть  |
|--|--|--|--|
| <b>Отлично (высокий уровень)</b>             | Знает основные тенденции развития электродинамических радиотехнических систем, использует их при составлении аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам выполненной работы.                     | Умеет рассчитывать и анализировать характеристики электромагнитных волн, учитывать условия их распространения и возбуждения, влияние параметров среды при составлении аналитических обзоров и научно-технических отчетов | Навыками расчетов электромагнитных полей и волн, необходимых при анализе информации и составлении аналитических обзоров и научно-технических отчетов в области электродинамики     |
| <b>Хорошо (базовый уровень)</b>              | Понимает связи между различными понятиями в области электродинамики;<br>Знает методики сбора и анализа информации для составления аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам выполненной работы | Умеет грамотно составлять аналитические обзоры и научно-технические отчеты по результатам выполненной работы в области электродинамики и РРВ.  | Владеет навыками решения задач связанных с электромагнитными явлениями; навыками подготовки публикаций результатов исследований и разработок в виде презентаций, статей и докладов |
| <b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b> | Дает определения основных понятий в области электродинамики.   | Умеет самостоятельно готовить публикации результатов исследований и разработок в виде презентаций, статей и докладов   | Владеет навыками подготовки публикаций результатов исследований в области электродинамики  |

### 3. Типичные контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

- контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:

**Контрольные тестовые задачи (типичные) по элементарным знаниям и практическим навыкам по темам:**

#### 3.1. ТЕМА: Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла

**ВОПРОС 1.** Можно ли создать магнитное поле с распределением вектора магнитной индукции

$$\vec{B} = 5x^2\vec{i} + 5y^2\vec{j} + 5z^2\vec{k} \quad ?$$

ОТВЕТЫ: 1) такого поля нет 2) это поле может быть создано постоянными магнитами

3) его можно создать постоянными токами 4) токами, магнитами и объёмными электрическими зарядами.

**ВОПРОС 2.** На границе двух сред векторы  $\vec{D}_1$  и  $\vec{D}_{11}$  будут  $\vec{D}_1 = 2\vec{x}_0 + 5\vec{y}_0 + 4\vec{z}_0$

$$\vec{D}_{11} = 4\vec{x}_0 + 5\vec{y}_0 + 8\vec{z}_0$$

Какое из приведенных ниже утверждений истинно?

ОТВЕТЫ: 1) На границе этих сред есть поверхностный заряд 2) Среды 1 и 2 могут быть изотропными 3) По крайней мере одна из сред анизотропна 4) Обе среды обязательно анизотропны 5) Ни одно из этих утверждений не может быть истинным

#### 3.2. ТЕМА: Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах

**ВОПРОС 1:** На какой угол повернётся вектор напряжённости электрического поля с круговой поляризацией, если частота колебаний  $f = 1\text{ГГц}$ , а скорость  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/сек.}$ , при прохождении расстояния  $10\text{см}$ ?

ОТВЕТЫ: 1.  $90^\circ$ ; 2.  $360^\circ$ ; 3.  $120^\circ$ ; 4.  $60^\circ$ ; 5.  $10^\circ$ ;

**ВОПРОС 2:** Как изменится глубина проникновения электромагнитного поля в проводящую среду, если её проводимость увеличится в четыре раза?

ОТВЕТЫ: 1. Увеличится в 4 раза; 2. Увеличится в 2 раза; 3. Уменьшится в 4 раза; 3. Уменьшится в 16 раз; 5. Уменьшится в 2 раза.

#### 3.3. ТЕМА: Падение плоских волн на границу раздела сред

**ВОПРОС 1:** При каком отношении

$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$  будет наблюдаться полное внутреннее отражение, если угол падения волны из первой среды равен  $45^\circ$ , а магнитные проницаемости обеих сред одинаковы?

ОТВЕТЫ: 1.  $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \geq \frac{1}{2}$ ; 2.  $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \geq \frac{1}{4}$ ; 3.  $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \geq \frac{3}{2}$ ; 4.  $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \leq \frac{1}{2}$ ; 5.  $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \geq 4$ ;

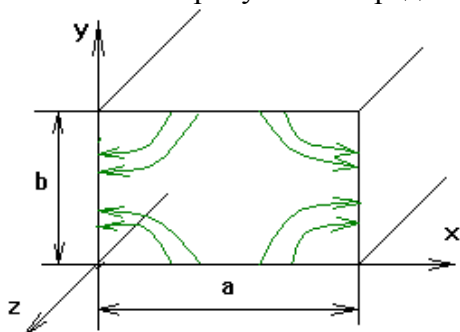
**ВОПРОС 2:** При каких соотношения между проницаемостями двух сред коэффициент отражения их границы раздела будет равен 0?

ОТВЕТЫ: 1.  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$ ,  $\mu_1$  и  $\mu_2$  - любые; 2.  $\mu_1 = \mu_2$ ,  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  - любые; 3.  $\varepsilon_1 \cdot \mu_1 = \varepsilon_2 \cdot \mu_2$ ;

4.  $\frac{\mu_1}{\varepsilon_1} = \frac{\mu_2}{\varepsilon_2}$ ; 5.  $\frac{\mu_1}{\varepsilon_1} = 2 \cdot \frac{\mu_2}{\varepsilon_2}$ ;

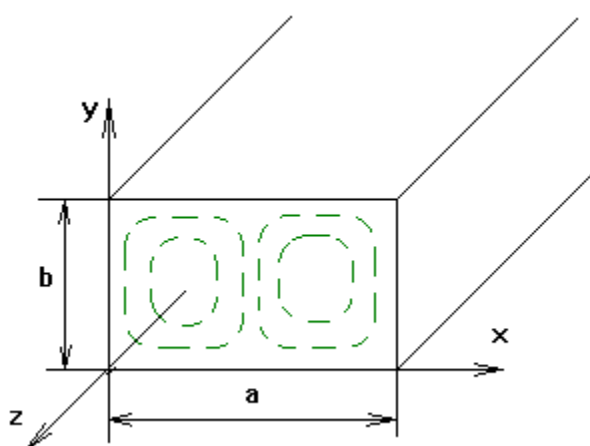
### 3.4. ТЕМА : Электромагнитные волны в направляющих системах

**ВОПРОС 1.** Какому типу волны принадлежит картина электрического поля, изображенного на рисунке? Определить зависимость  $E_y$  от координат  $X$  и  $Y$



ОТВЕТЫ: 1.  $\{E_y^{H11} \sim \sin^{\pi x/a} \cos^{\pi y/b}$ . 2.  $\{E_y^{E11} \sim \cos^{\pi x/a} \sin^{\pi x/a}$ . 3.  $\{E_y^{H11} \sim \cos^{\pi x/a} \sin^{\pi x/a}$ . 4.  $\{E_y^{E11} \sim \sin^{\pi x/a} \sin^{\pi x/a}$ . 5.  $\{E_y^{H02} \sim \cos^{\pi x/a} \cos^{2\pi y/b}$ .

**ВОПРОС 2.** На рисунке изображено распределение силовых линий магнитного поля. Какому типу волны оно принадлежит? Определить зависимость  $H_y$  от координат  $X$  и  $Y$  ?



ОТВЕТЫ: 1.  $\{H_y^{E21} \sim \cos^{2\pi x/a} \sin^{\pi y/b}$ . 2.  $\{H_y^{E12} \sim \cos^{2\pi x/a} \sin^{\pi y/b}$ . 3.  $\{H_y^{H12} \sim \cos^{2\pi x/a} \sin^{\pi y/b}$ . 4.  $\{H_y^{H21} \sim \cos^{2\pi x/a} \sin^{\pi y/b}$ . 5.  $\{H_y^{E21} \sim \cos^{2\pi x/a} \cos^{\pi y/b}$ .

### 3.5. ТЕМА: Электромагнитные колебания в объемных резонаторах

**ВОПРОС 1.** В коаксиальном резонаторе из меди ( $\sigma = 5,7 \cdot 10^7 \text{ См/м}$ ), имеющем размеры  $R_2 = 16 \text{ мм}$ ,  $R_1 = 7 \text{ мм}$  и  $L = 50 \text{ мм}$  возбуждается колебание  $T_1$ . Определить резонансную длину волны, резонансную частоту и собственную добротность.

Ответ:  $\lambda_0 = 10 \text{ см}$ ,  $f_0 = 3 \text{ ГГц}$ ,  $Q = 2,3 \cdot 10^2$ .

**ВОПРОС 2.** В прямоугольном резонаторе из меди ( $\sigma = 5,7 \cdot 10^7 \text{ См/м}$ ), имеющем размеры:  $a = 58 \text{ мм}$ ,  $b = 25 \text{ мм}$ ,  $l = 40 \text{ мм}$  возбуждается колебание типа  $H_{101}$ . Определить резонансную частоту и собственную добротность.

Ответ:  $\lambda_0 = 4,53 \text{ см}$ ,  $f_0 = 4,53 \text{ ГГц}$ ,  $Q_0 = 1,1 \cdot 10^4$

### 3.6. ТЕМА: Излучение электромагнитных волн

**ВОПРОС 1.** Найти магнитную составляющую поля излучения диполя Герца для  $l = 5 \text{ см}$  в экваториальной плоскости на расстоянии  $r = 2 \cdot 10^4 \text{ м}$  от диполя и при частоте  $f = 400 \text{ МГц}$ .

Амплитуда тока в диполе  $I_m = 20 \text{ А}$ , параметры среды  $\varepsilon' = 2$  и  $\mu' = 4$ .

ОТВЕТЫ: 1.  $0,19 \cdot 10^{-3} \text{ А/м}$  2.  $0,03 \cdot 10^{-3} \text{ А/м}$  3.  $0,1 \cdot 10^{-3} \text{ А/м}$  4.  $0,19 \cdot 10^{-3} \text{ А/м}$  5.

$0,2 \cdot 10^{-3} \text{ А/м}$

**ВОПРОС 2:** Как изменится мощность излучения диполя Герца, если его переместить из открытого пространства в дистиллированную воду ( $\varepsilon' = 81$ )? В открытом пространстве кабель питания согласован.

ОТВЕТЫ: 1.  $P_\Sigma = P_0$ ; 2.  $P_\Sigma = 0,75 \cdot P_0$ ; 3.  $P_\Sigma = 0,5 \cdot P_0$ ; 4.  $P_\Sigma = 0,36 \cdot P_0$ ; 5.  $P_\Sigma = 0,25 \cdot P_0$ ;

Методические материалы, определяющие процедуру оценки знаний (Сборник тестовых задач по изучаемым темам, содержащий от 80 до 100 тестов на каждую тему) приведен в п.12 рабочей программы и находится в электронной библиотеке ТУСУРа.

Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/3714>

### 4. Темы самостоятельной работы студентов

|  |
|--|
| 4.1. Интегральные и дифференциальные уравнения электромагнетизма |
| 4.2. Основные теоремы и принципы в теории гармонических полей    |
| 4.3. Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах      |
| 4.4. Граничные задачи электродинамики                            |
| 4.5. Электромагнитные волны в направляющих системах              |
| 4.6. Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели    |
| 4.7. Электромагнитные колебания в объемных резонаторах           |

## 5. Темы лабораторных работ

1. Исследование линий передачи СВЧ диапазона.
2. Исследование параметров объёмного резонатора прямоугольного сечения .
3. Исследование влияния Земли на излучение антенн .
4. Исследование отражения электромагнитных от границы раздела двух сред.

## 6. Экзаменационные вопросы

### Тема: Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла

- 1.1. Определение электромагнитного поля
- 1.2. Векторы электрического поля
- 1.3. Векторы магнитного поля
- 1.4. Закон Ома в дифференциальной форме.
- 1.5. Полный ток
- 1.6. Классификация сред, материальные уравнения
- 1.7. Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной формах
- 1.8. Первое уравнение Максвелла: полный ток и магнитное поле
- 1.9. Второе уравнение Максвелла: Обобщенный закон электромагнитной индукции
- 1.10. Третье уравнение Максвелла: Электрическое поле и заряды
- 1.11. Четвертое уравнение Максвелла: Непрерывность линий вектора В
- 1.12. Граничные условия для электромагнитного поля. Нормальные и тангенциальные составляющие векторов поля.
- 1.13. Граничные условия для нормальных составляющих электрического поля
- 1.14. Граничные условия для нормальных составляющих магнитного поля
- 1.15. Граничные условия для тангенциальных составляющих магнитного поля
- 1.16. Граничные условия для тангенциальных составляющих электрического поля
- 1.17. Монохроматические поля, метод комплексных амплитуд .
- 1.18. Уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Комплексные проницаемости.
- 1.19. Лемма Лоренца.
- 1.20. Принцип перестановочной двойственности.
- 1.21. Энергия электромагнитного поля
- 1.22. Закон Джоуля-Ленца и превращение энергии
- 1.23. Уравнение баланса энергии для электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга.
- 1.24. Движение энергии в электромагнитном поле
- 1.25. Средний баланс энергии в случае гармонических колебаний.

### 3. Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах

- 4.1. Уравнение Гельмгольца для среды без потерь. Его решения. Волновое число и волновой вектор. Фронт волны.
- 4.2. Уравнения Максвелла для плоской однородной волны. Взаимная ориентация векторов поля и волнового вектора в среде без потерь. Волновое сопротивление.
- 4.3. Поляризация плоской электромагнитной волны.
- 4.4. Электромагнитные волны в средах с потерями. Коэффициент затухания.
- 4.5. Волновое число в поглощающих средах. Волны в диэлектрике. Волны в проводнике. Поверхностный эффект.
- 4.6. Распространение электромагнитных волн в гиротропных средах. Тензоры диэлектрической и магнитной проницаемости анизотропной среды.

### 5. Падение плоских волн на границу раздела сред

- 5.1. Нормальное падение плоской волны на границу двух сред. Формулы Френеля.
- 5.2. Наклонное падение плоской волны на границу двух сред. Законы Снеллиуса Формулы Френеля. Угол Брюстера.

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

5.4. Падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство с потерями. Приближенные граничные условия Леонтовича.

#### **6. Электромагнитные волны в направляющих системах**

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

6.2. Связь между продольными и поперечными составляющими поля в однородной направляющей системе

6.3. Классификация направляемых волн.

6.4. Прямоугольный металлический волновод. Волны типа E, их характеристики и структура поля.

6.5. Прямоугольный металлический волновод. Волны типа H, их характеристики и структура поля.

6.6. Основная волна прямоугольного волновода, ее характеристики, структура поля и токов. Мощность, переносимая основной волной через поперечное сечение волновода.

6.7. Круглые волноводы. Волна основного типа и ее характеристики.

6.8. Волноводы с волнами типа T. Коаксиальный и полосковый волноводы.

#### **7. Электромагнитные колебания в объемных резонаторах**

7.1. Накопление энергии в объеме. Резонатор и направляющая структура

7.2. Резонансная частота и добротность объемных резонаторов

#### **8. Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели**

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

8.2. Электродинамические потенциалы. Решение уравнений для электродинамических потенциалов.

8.3. Элементарный электрический излучатель

8.4. Исследование поля электрического диполя. Поле в ближней зоне

8.5. Исследование поля электрического диполя. Поле в дальней зоне

## **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, в составе:

### **4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:**

#### **4.1. Основная литература**

1. Б.М. Петров Электродинамика и распространение радиоволн: Учебник для вузов. - М.: Горячая линия- Телеком, 2007.-558 с. **(100)**

2. Л.А.Боков, В.А. Замотринский, А.Е. Мандель Электродинамика и распространение радиоволн: Уч. пособие.. - Томск: ТУСУР, 2013. - 410с. – Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/3289>

#### **4.2. Дополнительная литература**

3. В.В. Никольский, Т.И. Никольская Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие для вузов - М., Наука, 1989.-543 с. **(35)**

4. С.И.Баскаков Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие для



вузов - М.:высшая школа, 1992.-416 с. (44)

5. Л.А.Боков Электромагнитные поля и волны: Уч.пособие. –Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2003-214 с. (46)

### 4.3 Учебно-методические пособия

#### 4.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Замотринский В.А., Падусова Е.В., Соколова Ж.М., Шангина Л.И. Электромагнитные поля и волны: Уч.-метод. пособие. –Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2007.-187с. (80) (УМП по практическим занятиям)
2. Измерение коэффициентов отражения от различных типов поверхностей[Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Замотринский В. А., Никифоров А. Н. Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники. - Электрон. текстовые дан. - Томск: ТУСУР, 2011. - 15 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/133>
6. Исследование влияния Земли на излучение антенн [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Замотринский В. А. Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники. - Электрон. текстовые дан. - Томск : ТУСУР, 2011. - 14 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/134>
7. Исследование линий передачи СВЧ диапазона[Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Соколова Ж. М., Падусова Е. В. Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники. - Электрон. текстовые дан. - Томск : ТУСУР, 2011. - 25 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/135>
8. Исследование объёмного резонатора [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Соколова Ж. М., Падусова Е. В. – 2011. – 18 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/131>
9. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов специальности 210302 «Радиотехника» / разработ. А. Е. Мандель, разработ. Л. А. Боков, разработ. Соколова ; Министерство образования и науки Российской Федерации (М.), Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники. - Электрон. текстовые дан. - Томск : ТУСУР, 2010. - 37 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/15>