

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ  
КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования

**«Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ)**  
**Волго-Вятский филиал**

УТВЕРЖДЕНА  
(с учетом изменений и дополнений)  
на заседании кафедры  
инфокоммуникационных  
и профессиональных дисциплин  
Протокол заседания № 1  
от «30» августа 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

**«Основы теории электромагнитных полей и волн»**

Направление подготовки

**11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»**

Направленность (профиль) программы

**«Инфокоммуникационные системы и сети»**

Квалификация (степень) выпускника

**Бакалавр**

Форма обучения


**Очная, Заочная**

Москва 2020 г.

Заведующий кафедрой ИКиПД

 В.В. Мазниченко

Авторы:

  
Доцент кафедры ИКиПД, к.т.н.  
Сафронов Д.В.

Разработано на основе Федерального  
государственного образовательного стандарта  
высшего образования по направлению  
подготовки

**11.03.02**

**Инфокоммуникационные технологии и  
системы связи,**

утверждённого приказом Министерства  
образования и науки РФ от 19 сентября 2017 г. №  
930.

## **1. Цели освоения дисциплины**

*Целями освоения дисциплины являются:*

- освоение методов анализа, описания, а также основных законов электродинамики;
- формирование навыков решения задач и проведения расчетов, связанных с анализом основных свойств электромагнитных волн в свободном пространстве и направляющих системах;
- особенностей структуры электромагнитного поля плоских и сферических волн, распространяющихся в однородных средах и понимание процессов происходящих на границе раздела двух сред;
- формирование у обучающихся навыков алгоритмизации решения краевых задач электромагнитного поля.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Основы теории электромагнитных полей и волн» включена в обязательную часть блока дисциплин учебного плана (Б1.О.17). Дисциплина «Основы теории электромагнитных полей и волн» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению подготовки 11.03.02 *«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»*, (направленность (профиль) программы *Инфокоммуникационные системы и сети*).

Для успешного освоения данной дисциплины необходимо, чтобы обучающийся владел знаниями, умениями и компетенциями, сформированными в процессе изучения дисциплин: «Физика», «Высшая математика», «Информатика», «Теоретические основы электротехники», «Общая теория связи».

Дисциплина «Основы теории электромагнитных полей и волн» является предшествующей для изучения следующих дисциплин учебного плана: «Численные методы», «Сети и системы мобильной связи», «Направляющие телекоммуникационные среды» и др. Знания и умения обучающихся, сформированные в результате освоения этой дисциплины, используются обучающимися при разработке курсовых и выпускных квалификационных работ.

Рабочая программа дисциплины «Основы теории электромагнитных полей и волн» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

#### Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Таблица 1

| № п/п | Код компетенции | Содержание компетенции (или её части)   | Индекс индикатора достижения компетенции | Содержание индикатора достижения компетенции  |
|-------|-----------------|---|--|---|
| 1.    | ОПК-1           | Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности | ОПК-1.1                                  | Знает фундаментальные законы природы и основные физические математические законы и методы накопления, передачи и обработки информации |
| 2.    | ОПК-1           | Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности | ОПК-1.2                                  | Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера                    |
| 3.    | ОПК-1           | Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности | ОПК-1.3                                  | Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач  |

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов). Процесс изучения дисциплины реализуется при очной и заочной форме обучения в 4 семестре. Промежуточная аттестация предусматривает, *зачет* в 4 семестре.

##### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часов), их распределение по видам работ семестрам представлено в таблице 2а и 2б.

##### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 2а

| Вид учебной работы   | Трудоёмкость |                     |  |  |
|--|--------------|---------------------|--|--|
|  | час.         | В т.ч. по семестрам |  | Из них прак-<br>тическая под-<br>готовка |
|  |              | 4                   |  |  |
| <b>Общая трудоёмкость дисциплины по учеб-<br/>ному плану</b>   | <b>108</b>   | <b>108</b>          |  |  |
| <b>1. Контактная работа:</b>   |              |                     |  |  |
| <b>Аудиторная работа</b>   | <b>48</b>    | <b>48</b>           |  |  |
| <i>лекции (Л)</i>  | 30           | 30                  |  |  |
| <i>практические занятия (ПЗ)</i>   | -            | -                   |  |  |
| <i>лабораторные работы (ЛР)</i>  | 18           | 18                  |  |  |
| <b>2. Общая самостоятельная работа и кон-<br/>троль</b>  | <b>60</b>    | <b>60</b>           |  |  |
| <i>курсовая работа/проект (КР/КП) (подго-<br/>товка)</i>   | -            | -                   |  |  |
| <i>самостоятельное изучение разделов, само-<br/>подготовка (проработка и повторение лек-<br/>ционного материала и материала учебников<br/>и учебных пособий, подготовка к лабора-<br/>торным и практическим занятиям, колло-<br/>квиумам и т.д.) (СР), иная контактная ра-<br/>бота (ИКР) и подготовка к зачету (при его<br/>наличии):</i> | 51           | 51                  |  |  |
| <i>Подготовка к зачету</i>   | <b>9</b>     | <b>9</b>            |  |  |
| Вид промежуточного контроля:   | <i>зачет</i> |                     |  |  |

##### ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 2б

| Вид учебной работы   | Трудоёмкость |                     |  |  |
|--|--------------|---------------------|--|--|
|  | час.         | В т.ч. по семестрам |  | Из них прак-<br>тическая под-<br>готовка |
|  |              | 4                   |  |  |
| <b>Общая трудоёмкость дисциплины по учеб-<br/>ному плану</b> | <b>108</b>   | <b>108</b>          |  |  |
| <b>1. Контактная работа:</b>                                 |              |                     |  |  |

| Вид учебной работы   | Трудоёмкость |                     |  |  |
|--|--------------|---------------------|--|--|
|  | час.         | В т.ч. по семестрам |  | Из них прак-<br>тическая под-<br>готовка |
|  |              | 4                   |  |  |
| <b>Аудиторная работа</b>   | <b>12</b>    | <b>12</b>           |  |  |
| лекции (Л)   | 6            | 6                   |  |  |
| практические занятия (ПЗ)  | -            | -                   |  |  |
| лабораторные работы (ЛР)   | 6            | 6                   |  |  |
| <b>2. Общая самостоятельная работа и кон-<br/>троль</b>  | <b>96</b>    | <b>96</b>           |  |  |
| курсовая работа/проект (КР/КП) (подго-<br>товка)   | -            | -                   |  |  |
| самостоятельное изучение разделов, само-<br>подготовка (проработка и повторение лек-<br>ционного материала и материала учебников<br>и учебных пособий, подготовка к лабора-<br>торным и практическим занятиям, колло-<br>квиумам и т.д.) (СР), иная контактная ра-<br>бота (ИКР) и подготовка к зачету (при его<br>наличии): | 87           | 87                  |  |  |
| Подготовка к зачету  | 9            | 9                   |  |  |
| Вид промежуточного контроля:   | зачет        |                     |  |  |

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тематический план дисциплины ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 3а

| Наименование разделов и тем дисциплины<br>(укрупнённо)  | Всего      | Аудиторная<br>работа |          |           | Внеаудиторная<br>работа СР |
|---|------------|----------------------|----------|-----------|----------------------------|
|   |            | Л                    | ПЗ       | ЛР        |                            |
| Раздел 1. Система уравнений Максвелла. описа-<br>ние электромагнитных полей, меняющихся во<br>времени по гармоническому закону. | 20         | 8                    | -        | -         | 12                         |
| Раздел 2 Энергия и мощность электромагнитно-<br>го поля.  | 10         | 4                    | -        | -         | 6                          |
| Раздел 3 Векторные и скалярные потенциалы.<br>Плоские и сферические волны. Излучение элек-<br>тромагнитных волн.                | 26         | 8                    | -        | 6         | 12                         |
| Раздел 4. Отражение и преломление плоских<br>волн на границе раздела двух сред. Поверх-<br>ностный эффект.                      | 19         | 4                    | -        | 6         | 9                          |
| Раздел 5. Электромагнитные волны в прямо-<br>угольных и круглых волноводах.   | 24         | 6                    | -        | 6         | 12                         |
| <b>Всего за 4 семестр</b>   | <b>99</b>  | <b>30</b>            | <b>-</b> | <b>18</b> | <b>51</b>                  |
| Зачет   | 9          | -                    | -        | -         | 9                          |
| <b>Итого по дисциплине</b>  | <b>108</b> | <b>30</b>            | <b>-</b> | <b>18</b> | <b>60</b>                  |

## ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 3б

| Наименование разделов и тем дисциплины<br>(укрупнённо)  | Всего      | Аудиторная работа |          |          | Внеаудиторная работа СР |
|---|------------|-------------------|----------|----------|-------------------------|
|   |            | Л                 | ПЗ       | ЛР       |                         |
| Раздел 1. Система уравнений Максвелла. Описание электромагнитных полей, меняющихся во времени по гармоническому закону. | 18         | 2                 | -        | -        | 16                      |
| Раздел 2 Энергия и мощность электромагнитного поля.   | 19         | 1                 | -        | -        | 18                      |
| Раздел 3 Векторные и скалярные потенциалы. Плоские и сферические волны. Излучение электромагнитных волн.                | 21         | 1                 | -        | 2        | 18                      |
| Раздел 4. Отражение и преломление плоских волн на границе раздела двух сред. Поверхностный эффект.                      | 21         | 1                 | -        | 2        | 18                      |
| Раздел 5. Электромагнитные волны в прямоугольных и круглых волноводах.  | 20         | 1                 | -        | 2        | 17                      |
| <b>Всего за 4 семестр</b>   | <b>99</b>  | <b>6</b>          | <b>-</b> | <b>6</b> | <b>87</b>               |
| <i>Зачет</i>  | 9          | -                 | -        | -        | 9                       |
| <b>Итого по дисциплине</b>  | <b>108</b> | <b>6</b>          | <b>-</b> | <b>6</b> | <b>96</b>               |

### 4.3 Лекции, лабораторные занятия

#### ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

#### Содержание лекций/лабораторного практикума/практических занятий

Таблица 4а

| № п/п | Название раздела, темы   | № и название лекций/ лабораторных/ практических занятий   | Формируемые компетенции | Кол-во часов |
|-------|--|---|-------------------------|--------------|
| 1.    | <b>Раздел 1. Система уравнений Максвелла. Описание электромагнитных полей, меняющихся во времени по гармоническому закону.</b> |   |                         |              |
|       | Тема 1. Уравнения Максвелла  | Лекция №1 Предмет и содержание курса. Краткий исторический обзор развития учения об электромагнетизме. Основные уравнения электромагнитного поля – уравнения Максвелла.                                   | ОПК-1.1                 | 2            |
|       | Тема 2 Классификация сред. Полная система уравнений  | Лекция №2... Классификация и виды сред. Материальные уравнения. Уравнение непрерывности и закон сохранения заряда. Сторонние источники. Полная система уравнений Максвелла с учетом сторонних источников. | ОПК-1.1                 | 2            |
|       | Тема 3 Граничные условия   | Лекция №3 Граничные условия. Поведение векторов на границе раздела двух сред. Граничные условия на поверхности идеального проводника.   | ОПК-1.1                 | 2            |
|       | Тема 4 Уравнения Максвелла для монохроматиче-  | Лекция №4 Классификация электромагнитных явлений по их зависимости от времени.  | ОПК-1.1                 | 2            |

| № п/п | Название раздела, темы   | № и название лекций/ лабораторных/ практических занятий  | Формируемые компетенции | Кол-во часов |
|-------|--|--|-------------------------|--------------|
|       | ского поля в комплексной форме   | Гармонические колебания. Система уравнений Максвелла для монохроматического поля в комплексной форме. Комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости среды.   |                         |              |
| 2.    | <b>Раздел 2. Энергия и мощность электромагнитного поля.</b>  |  |                         |              |
|       | Тема 5<br>Уравнение баланса для мгновенных и комплексных мощностей.  | Лекция № 5 Уравнение баланса для мгновенных значений мощности (теорема Пойнтинга). Физическая трактовка. Вектор Пойнтинга. Средние за период значения энергетических характеристик гармонического электромагнитного поля   | ОПК-1.1                 | 2            |
|       | Тема 6 Теорема Пойнтинга   | Лекция №6 Теорема Пойнтинга для комплексных мощностей. Комплексный вектор Пойнтинга. Уравнения баланса для активных и реактивных мощностей. Физическая трактовка. Скорость переноса энергии электромагнитных полей.  | ОПК-1.1                 | 2            |
| 3.    | <b>Раздел 3. Векторные и скалярные потенциалы. Плоские и сферические волны. Излучение электромагнитных волн.</b> |  |                         |              |
|       | Тема 7 Волновые уравнения. Электродинамические потенциалы  | Лекция № 7 Постановка задач в электродинамике. Однородные и неоднородные уравнения Даламбера (волновые уравнения) для векторов электромагнитного поля. Скалярный и векторный электродинамические потенциалы. Уравнения Даламбера для электродинамических потенциалов.  | ОПК-1.1                 | 2            |
|       | Тема 8 Уравнения Гельмгольца.  | Лекция 8 Однородные и неоднородные волновые уравнения Гельмгольца для векторов гармонических электромагнитных полей.   | ОПК-1.1                 | 2            |
|       | Тема 9 Плоские волны   | Лекция 9 Плоские волны в идеальных средах и в средах с потерями. Сферическая волна.  | ОПК-1.1                 | 2            |
|       | Тема 10 Излучение электромагнитных волн  | Лекция 10 Элементарный электрический излучатель. Определение векторов электромагнитного поля, создаваемого элементарным электрическим излучателем в безграничной однородной изотропной среде. Анализ структуры поля. Особенности поля в ближней зоне. Поле излучателя в дальней зоне: ориентация векторов электромагнитного поля, фронт волны, | ОПК-1.1                 | 2            |



| №<br>п/п | Название раздела,<br>темы   | № и название лекций/ лабораторных/<br>практических занятий  | Формируемые<br>компетенции | Кол-во<br>часов |
|----------|---|---|----------------------------|-----------------|
|          |   | фазовая скорость, характеристическое сопротивление. Диаграмма направленности элементарного электрического излучателя. Излучаемая мощность и сопротивление излучения. Элементарный магнитный излучатель. Принцип перестановочной двойственности.   |                            |                 |
|          | .   | Лабораторная раб. Исследование электромагнитного поля элементарных излучателей.   | ОПК-1.3                    | 6               |
| 4.       | <b>Раздел 4. Отражение и преломление плоских волн на границе раздела двух сред. Поверхностный эффект.</b> |   |                            |                 |
|          | Тема 11<br>Волновые явления на границе раздела двух сред  | Лекция №11... Плоские однородные волны в однородной изотропной среде. Падение волн на границу раздела двух диэлектрических сред. Законы отражения и преломления. Коэффициенты отражения и прохождения (формулы Френеля). Явление полного прохождения, угол Брюстера.  | ОПК-1.1                    | 2               |
|          |   | Лабораторная раб. Исследование поляризационной структуры электромагнитного поля.  | ОПК-1.3                    | 2               |
|          | Тема 12 Явление полного отражения.  | Лекция №12 Явление полного отражения от границы раздела двух диэлектрических сред. Условия возникновения полного отражения, структура поля над и под границей раздела, поверхности равных фаз и равных амплитуд, фазовая скорость, длина волны, скорость переноса энергии.  | ОПК-1.1                    | 2               |
|          |   | Лабораторная раб. Исследование волновых явлений на границе раздела двух диэлектриков. *   | ОПК-1.2                    | 2               |
|          | Тема 13 Поверхностный эффект  | Лекция №13 Понятие поверхностной волны. Отражение от идеально проводящей поверхности; структура поля. Падение плоской волны на границу раздела диэлектрика и поглощающей среды. Неоднородная плоская волна в поглощающей среде. Определение действительного угла преломления. Проникновение поля в проводник, поверхностный эффект, глубина проникновения. Понятие поверхностного импеданса. Приближённые граничные условия Леонтовича - Щукина, условия их применимости. | ОПК-1.1                    | 2               |

| № п/п | Название раздела, темы   | № и название лекций/ лабораторных/ практических занятий  | Формируемые компетенции | Кол-во часов |
|-------|--|--|-------------------------|--------------|
|       |  | Лабораторная раб. Исследование волновых явлений на границе раздела диэлектрик-металл*.   | ОПК-1.3                 | 2            |
| 5.    | <b>Раздел 5. Электромагнитные волны в прямоугольных и круглых волноводах</b> |  |                         |              |
|       | Тема 14 Направляемые электромагнитные волны                                  | Лекция №14 Направляемые электромагнитные волны. Понятие о линиях передачи. Типы регулярных линий передачи. Классификация направляемых волн: волны Т, Е, Н. Гибридные волны. Решение уравнений Гельмгольца для направляемых волн. | ОПК-1.1                 | 2            |
|       | .  | Лабораторная раб. Исследование электромагнитного поля в прямоугольном волноводе.   | ОПК-1.3                 | 2            |
|       | Тема 15 Классификация волн   | Лекция №15 Общие свойства волн типа Т, Е, и Н. Скорость распространения энергии. Фазовая скорость. Дисперсия. Понятие об одноволновом и многоволновом режимах работы.  | ОПК-1.1                 | 2            |
|       |  | Лабораторная раб. Исследование электромагнитного поля в круглом волноводе. *   | ОПК-1.3                 | 2            |
|       | Тема 16 Электромагнитные волны в прямоугольных и круглых волноводах          | Лекция №16 Электромагнитные волны в прямоугольных и круглых волноводах   | ОПК-1.1                 | 2            |

\* Возможна замена натурального эксперимента компьютерным моделированием

### Содержание лекций/лабораторного практикума/практических занятий ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 4

| № п/п | Название раздела, темы   | № и название лекций/ лабораторных/ практических занятий   | Формируемые компетенции | Кол-во часов |
|-------|--|---|-------------------------|--------------|
| 1.    | <b>Раздел 1. Система уравнений Максвелла. Описание электромагнитных полей, меняющихся во времени по гармоническому закону.</b> |   |                         |              |
|       | Тема 1. Уравнения Максвелла  | Лекция №1 Предмет и содержание курса. Краткий исторический обзор развития учения об электромагнетизме. Основные уравнения электромагнитного поля – уравнения Максвелла.                                   | ОПК-1.1                 | 0,5          |
|       | Тема 2 Классификация сред. Полная система уравнений  | Лекция №2... Классификация и виды сред. Материальные уравнения. Уравнение непрерывности и закон сохранения заряда. Сторонние источники. Полная система уравнений Максвелла с учетом сторонних источников. | ОПК-1.1                 | 0,5          |
|       | Тема 3 Граничные усло-   | Лекция №3 Граничные условия. Поведение векторов на границе  | ОПК-1.1                 | 0,5          |

| № п/п | Название раздела, темы   | № и название лекций/ лабораторных/ практических занятий   | Формируемые компетенции | Кол-во часов |
|-------|--|---|-------------------------|--------------|
|       | вия  | раздела двух сред. Граничные условия на поверхности идеального проводника.  |                         |              |
|       | Тема 4 Уравнения Максвелла для монохроматического поля в комплексной форме                                       | Лекция №4 Классификация электромагнитных явлений по их зависимости от времени. Гармонические колебания. Система уравнений Максвелла для монохроматического поля в комплексной форме. Комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости среды.                     | ОПК-1.1                 | 0,5          |
| 2.    | <b>Раздел 2. Энергия и мощность электромагнитного поля.</b>  |   |                         |              |
|       | Тема 5 Уравнение баланса для мгновенных и комплексных мощностей.   | Лекция № 5 Уравнение баланса для мгновенных значений мощности (теорема Пойнтинга). Физическая трактовка. Вектор Пойнтинга. Средние за период значения энергетических характеристик гармонического электромагнитного поля  | ОПК-1.1                 | 0,5          |
|       | Тема 6 Теорема Пойнтинга   | Лекция №6 Теорема Пойнтинга для комплексных мощностей. Комплексный вектор Пойнтинга. Уравнения баланса для активных и реактивных мощностей. Физическая трактовка. Скорость переноса энергии электромагнитных полей.   | ОПК-1.1                 | 0,5          |
| 3.    | <b>Раздел 3. Векторные и скалярные потенциалы. Плоские и сферические волны. Излучение электромагнитных волн.</b> |   |                         |              |
|       | Тема 7 Волновые уравнения. Электродинамические потенциалы  | Лекция № 7 Постановка задач в электродинамике. Однородные и неоднородные уравнения Даламбера (волновые уравнения) для векторов электромагнитного поля. Скалярный и векторный электродинамические потенциалы. Уравнения Даламбера для электродинамических потенциалов. | ОПК-1.1                 | 0,25         |
|       | Тема 8 Уравнения Гельмгольца.  | Лекция 8 Однородные и неоднородные волновые уравнения Гельмгольца для векторов гармонических электромагнитных полей.  | ОПК-1.1                 | 0,25         |
|       | Тема 9 Плоские волны   | Лекция 9 Плоские волны в идеальных средах и в средах с потерями. Сферическая волна.   | ОПК-1.1                 | 0,25         |
|       | Тема 10 Излучение электромагнитных волн  | Лекция 10 Элементарный электрический излучатель. Определение векторов электромагнитного поля, создаваемого элементарным электрическим   | ОПК-1.1                 | 0,25         |

| № п/п | Название раздела, темы  | № и название лекций/ лабораторных/ практических занятий  | Формируемые компетенции | Кол-во часов |
|-------|---|--|-------------------------|--------------|
|       |   | излучателем в безграничной однородной изотропной среде. Анализ структуры поля. Особенности поля в ближней зоне. Поле излучателя в дальней зоне: ориентация векторов электромагнитного поля, фронт волны, фазовая скорость, характеристическое сопротивление. Диаграмма направленности элементарного электрического излучателя. Излучаемая мощность и сопротивление излучения. Элементарный магнитный излучатель. Принцип перестановочной двойственности. |                         |              |
|       | .   | Лабораторная раб. Исследование электромагнитного поля элементарных излучателей.  | ОПК-1.3                 | 2            |
| 4.    | <b>Раздел 4. Отражение и преломление плоских волн на границе раздела двух сред. Поверхностный эффект.</b> |  |                         |              |
|       | Тема 11 Волновые явления на границе раздела двух сред   | Лекция №11 Плоские однородные волны в однородной изотропной среде. Падение волн на границу раздела двух диэлектрических сред. Законы отражения и преломления. Коэффициенты отражения и прохождения (формулы Френеля). Явление полного прохождения, угол Брюстера.  | ОПК-1.1                 | 0,5          |
|       |   | Лабораторная раб. Исследование поляризационной структуры электромагнитного поля.   | ОПК-1.3                 | 1            |
|       | Тема 12 Явление полного отражения.  | Лекция №12 Явление полного отражения от границы раздела двух диэлектрических сред. Условия возникновения полного отражения, структура поля над и под границей раздела, поверхности равных фаз и равных амплитуд, фазовая скорость, длина волны, скорость переноса энергии.   | ОПК-1.1                 | 0,25         |
|       |   | Лабораторная раб. Исследование волновых явлений на границе раздела двух диэлектриков. *  | ОПК-1.2                 | 0,5          |
|       | Тема 13 Поверхностный эффект  | Лекция №13 Понятие поверхностной волны. Отражение от идеально проводящей поверхности; структура поля. Падение плоской волны на границу раздела диэлектрика и поглощающей среды. Неоднородная плоская волна в поглощающей среде. Определение действительного угла преломления.  | ОПК-1.1                 | 0,25         |

| № п/п | Название раздела, темы   | № и название лекций/ лабораторных/ практических занятий  | Формируемые компетенции | Кол-во часов |
|-------|--|--|-------------------------|--------------|
|       |  | Проникновение поля в проводник, поверхностный эффект, глубина проникновения. Понятие поверхностного импеданса. Приближённые граничные условия Леонтовича - Щукина, условия их применимости.                                      |                         |              |
|       |  | Лабораторная раб. Исследование волновых явлений на границе раздела диэлектрик-металл*.   | ОПК-1.3                 | 0,5          |
| 5.    | <b>Раздел 5. Электромагнитные волны в прямоугольных и круглых волноводах</b> |  |                         |              |
|       | Тема 14<br>Направляемые электромагнитные волны                               | Лекция №14 Направляемые электромагнитные волны. Понятие о линиях передачи. Типы регулярных линий передачи. Классификация направляемых волн: волны Т, Е, Н. Гибридные волны. Решение уравнений Гельмгольца для направляемых волн. | ОПК-1.1                 | 0,5          |
|       | .  | Лабораторная раб. Исследование электромагнитного поля в прямоугольном волноводе.   | ОПК-1.3                 | 1            |
|       | Тема 15 Классификация волн   | Лекция №15 Общие свойства волн типа Т, Е, и Н. Скорость распространения энергии. Фазовая скорость. Дисперсия. Понятие об одноволновом и многоволновом режимах работы.  | ОПК-1.1                 | 0,25         |
|       |  | Лабораторная раб. Исследование электромагнитного поля в круглом волноводе. *   | ОПК-1.3                 | 1            |
|       | Тема 16<br>Электромагнитные волны в прямоугольных и круглых волноводах       | Лекция №16 Электромагнитные волны в прямоугольных и круглых волноводах   | ОПК-1.1                 | 0,25         |

\* Возможна замена натурального эксперимента компьютерным моделированием

## 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 5.1. Контрольные вопросы и задания (для самостоятельного изучения)

#### Вопросы к зачету

1. Векторные характеристики магнитного поля (определения, физический смысл, способы измерения, размерность). Силовые и количественные характеристики поля.

2. Материальные уравнения. Классификация сред. Примеры изотропных и анизотропных сред.
3. Понятия диэлектрической и магнитной проницаемостей.
4. Закон Ома в дифференциальной форме
5. Первое уравнение Максвелла как обобщение закона Ампера. Причина введения понятия тока смещения. Интегральная и дифференциальная формы записи первого уравнения Максвелла. Понятие плотности тока. Размерности плотностей токов проводимости и смещения.
6. Второе уравнение Максвелла как обобщение закона электромагнитной индукции Фарадея. Интегральная и дифференциальная форма уравнения.
7. Третье уравнение Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Физический смысл уравнения.
8. Четвертое уравнение Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Физический смысл уравнения
9. Комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости. Тангенс угла диэлектрических потерь. Деление сред на проводники и диэлектрики. Условность такого деления
10. Смысл понятий сторонние токи и сторонние заряды. Система уравнений Максвелла с учетом сторонних токов и зарядов.
11. Закон сохранения зарядов. Уравнение непрерывности полного тока
12. Классификация электромагнитных явлений. Статические, стационарные и квазистационарные поля и системы уравнений для них. Монохроматические поля.
13. Метод комплексных амплитуд. Условия его применимости. Уравнения Максвелла в комплексной форме для монохроматического поля.
14. Граничные условия для касательных составляющих векторов электрического поля. (Вывод соотношений)
15. Граничные условия для нормальных составляющих векторов электрического поля (вывод соотношений).
16. Граничные условия для касательных составляющих векторов магнитного поля. (Вывод соотношений)
17. Граничные условия для нормальных составляющих векторов магнитного поля (вывод соотношений).
18. Понятие идеального проводника. Граничные условия на поверхности идеального проводника. Понятие поверхностных токов, поверхностных зарядов и их плотностей. Размерности поверхностных плотностей.
19. Полная система уравнений Максвелла: физический смысл, границы применимости.
20. Излучение электромагнитных волн. Элементарные электрический и магнитный излучатели. Понятие ближней и дальней зоны. Теорема Пойнтинга. Плотность энергии электромагнитного поля. Вектор плотности потока переносимой мощности
21. Скорость переноса энергии электромагнитным полем.

22. Понятия активной и реактивной мощности для гармонических во времени процессов. Активный и реактивный потоки энергии. Понятие комплексной мощности и комплексного потока мощности. Их физический смысл.

23. Плоские электромагнитные волны в безграничной изотропной среде. Вывод выражений для компонент поля. Свойства плоских волн. Понятие характеристического сопротивления

24. Поляризация волн. Виды поляризации. Определение понятий правая и левая круговая поляризации. Условие возникновения круговой поляризации. Связь между различными типами поляризаций. Коэффициент эллиптичности.

25. Волновое число и коэффициент фазы плоской волны. Фазовая скорость

26. Реальные диэлектрики. Основные свойства плоской волны в реальном диэлектрике. Частотная зависимость коэффициента затухания.

27. Свойства поля плоской волны в среде с потерями. Вывод выражений для характеристического сопротивления, коэффициента затухания и коэффициента фазы.

28. Свойства поля плоской волны в среде с потерями. Вывод выражений для фазовой скорости и скорости распространения энергии. Понятие дисперсии.

29. Сравнение свойств плоских волн в средах с потерями и без потерь

30. Свойства поля плоской волны в среде с большой проводимостью. Понятие глубины проникновения

31. Наклонное падение плоской волны на плоскую границу раздела двух диэлектриков. Плоскость падения. Нормально поляризованные и параллельно поляризованные волны

32. Первый и второй законы Снеллиуса

33. Возможность и условие полного отражения от границы раздела двух диэлектриков. Свойства поля в первой и во второй среде в этом случае.

34. Свойства неоднородных плоских волн, образовавшихся в первой и во второй средах при полном отражении.

35. Фазовая скорость, скорость переноса энергии и связь между ними в неоднородной плоской волне, образовавшейся при полном отражении. Характер комплексного вектора Пойнтинга и его физический смысл.

36. Полное отражение плоской волны от плоской границы раздела. Объяснение возможности существования плоского диэлектрического волновода

37. Возможность полного прохождения волны во вторую среду /угол Брюстера/. Физический смысл этого явления на примере параллельной поляризации.

38. Падение плоской волны на идеально проводящую плоскость. Значения коэффициентов Френеля. Свойства поля.

39. Направляемые волны и их классификация. Дифференциальное уравнение для полей направляемых волн. Продольное и поперечное волновые числа. Понятие критического режима работы и критической длины волны

40. Характеристические сопротивления волн типа Е, Н и ТЕМ.
41. Волны типа Е в прямоугольном волноводе. Поперечные волновые числа. Низшая среди волн типа Е. Её критическая длина волны и характеристическое сопротивление. Картина силовых линий. Эпюры поверхностных токов.
42. Волны типа Н в прямоугольном волноводе. Поперечные волновые числа. Волна низшего типа и её критическая длина волны. Картина силовых линий. Эпюры поверхностных токов.
43. Волна Н<sub>10</sub> в прямоугольном волноводе. Свойства поля волны Н<sub>10</sub>. Структура поля. Токи на стенках волновода
44. Особенность поверхностных токов волн типа Е.
45. Выбор размеров поперечного сечения прямоугольного волновода исходя из условий одноволновости распространения. Понятие коэффициента широкополосности волновода. Коэффициент широкополосности прямоугольного волновода
46. Волны типа Н в круглом волноводе. Уравнение для определения поперечных волновых чисел. Выражение для критических длин волн. Волна основного типа. Её критическая длина волны. Картина силовых линий. Поверхностные токи
47. Волны типа Е в круглом волноводе. Уравнение для определения поперечных волновых чисел. Выражение для критических длин волн. Волна низшего (среди волн Е) типа. Её критическая длина волны. Картины силовых линий и поверхностных токов.
48. Выбор радиуса круглого волновода исходя из условий одноволновости распространения. Понятие коэффициента широкополосности волновода. Коэффициент широкополосности круглого волновода и его сравнение с аналогичным коэффициентом прямоугольного волновода.

## **5.2. Темы письменных работ**

### **Примерная тематика контрольных работ (для заочного обучения)**

- Задание 1. Исследование свойств однородной плоской волны
- Задание 2. Исследование свойств направляемой волны, возникающей при явлении полного отражения от границы раздела диэлектрик – металл.
- Задание 3. Исследование свойств направляемой и поверхностной волны, возникающих при явлении полного отражения от границы раздела двух диэлектриков.

## **5.3. Оценочные средства**

Оценочные материалы (оценочные средства) для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Основы теории электромагнитных полей и волн» прилагаются

## **5.4. Перечень видов оценочных средств**

1. Вопросы к зачету



## 2. Задания к расчетной части лабораторных работ

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### 6.1 Основная литература

1. Седов В.М. Электромагнитные поля и волны Часть 1: Учебно-методическое пособие [Электронный ресурс].-М.:ЭБС МТУСИ, 2018.-20 с.  
Режим доступа: [http://elib.mtuci.ru/catalogue/download.php?book\\_id=2018](http://elib.mtuci.ru/catalogue/download.php?book_id=2018)
2. Седов В.М. Электромагнитные поля и волны Часть 2: Учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] .-М.:ЭБС МТУСИ, 2019.-24 с.  
Режим доступа: [http://elib.mtuci.ru/catalogue/download.php?book\\_id=2130](http://elib.mtuci.ru/catalogue/download.php?book_id=2130)

#### 6.2 Дополнительная литература

1. Панасюк Ю.Н. Электромагнитные поля [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям 211000, 210400/ Панасюк Ю.Н., Пудовкин А.П. — Электрон. текстовые данные.— Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 96 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63926.html> .— ЭБС «IPRbooks»
2. Электромагнитные поля и волны [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.А. Замотринский [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 181 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72228.html> .— ЭБС «IPRbooks»

### 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. ЭБС издательства «Лань»: <http://www.e.lanbook.com/>
2. ЭБС IPRbooks: <http://iprbookshop.ru>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <https://elibrary.ru/>
4. ЭБС POLPRED.COM: <https://polpred.com/>
5. Российская государственная библиотека (РГБ): <https://www.rsl.ru/>
6. Российская национальная библиотека (РНБ): <http://nlr.ru/>
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека (ГПНТБ): <http://www.gpntb.ru/>
8. Президентская библиотека: <https://www.prlib.ru/>
9. Российский фонд фундаментальных исследований: <https://podpiska.rfbr.ru/>
10. Информационная система «Регламент»: <https://www.reglament.pro/>
11. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»: <http://window.edu.ru/>
12. Росстандарт: <http://www.gost.ru/>
13. Сайт Европейской организации по стандартизации (ETSI): <http://www.etsi.org>
14. Сайт Международного союза электросвязи: <http://www.itu.int>

## **8. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

1. ОС Astra Linux Common Edition релиз «Орел» (свободно распространяемое ПО);
2. 7-Zip (свободно распространяемое ПО);
3. Mozilla Firefox (свободно распространяемое ПО);
4. Foxit Reader (свободно распространяемое ПО);
5. Yandex Browser (свободно распространяемое ПО);
6. VSCodium (свободно распространяемое ПО);
7. Pinta (свободно распространяемое ПО);
8. Adobe Reader (свободно распространяемое ПО);
9. LibreOffice (свободно распространяемое ПО).
10. Компьютерные программы расчета характеристик и параметров различных линий передачи электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона.
11. Оригинальные программы сотрудников кафедры ТЭДиА МТУСИ

## **9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: наборами демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины.

2. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения:

Вольтметр В7-26.

Выпрямительный блок 24/6-3

Источник питания постоянного тока. Тока Б5-49.

Источник питания постоянного тока Б-5-21

Макет ЭПУ 60 В. С применением АКАБ60\800

Макет группы потребителей 1-2 категории

Стенд 3х лучевая система электропитания

Щит переменный трехфазный

Учебная лабораторная установка «Электронные приборы»

Учебная установка «Электропитание устройств и систем связи»

Стенд «Исследование выходного каскада УНЧ»

Измерительные приборы общепромышленного назначения.

3. Учебная аудитория для проведения консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная компьютерной техникой.

4. Помещение для самостоятельной работы студентов, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и

обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МТУСИ и в электронно-библиотечную систему МТУСИ.

#### **10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины**

Основными видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Основы теории электромагнитных полей и волн» являются: подготовка к лекциям и лабораторным занятиям, проработка ключевых вопросов, подготовка к зачету. Для того чтобы обеспечить глубокое усвоение студентами основ теории электромагнитного поля, творческий подход при изучении ими соответствующих материалов, необходимо провести методическую работу, которая должна быть направлена не только на эффективное использование аудиторных часов, но и на осуществление контроля за самостоятельной работой студентов в объеме, выделяемом настоящей рабочей программой. Целью является обеспечение равномерной активной работы студентов над материалами курса в течение всего семестра. В рамках самостоятельной работы студенты должны прорабатывать курс прослушанных лекций, готовиться к лабораторным занятиям, выполнять и защищать лабораторные работы, решая задачи, поставленные преподавателем на лабораторных занятиях.

УТВЕРЖДАЮ

Зам. Директора ВВФ МТУСИ по УМО

  
С.А. Маринин

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

**«Основы теории электромагнитных полей и волн»**

Направление: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность (профиль): Инфокоммуникационные системы и сети

Форма обучения: Очная, заочная. Рабочая программа действует без изменений.

Разработчик (и): к.т.н. Сафронов Д.В.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ИКиПД,  
протокол № 7 от 28 августа 2022 года

И.о. заведующий кафедрой



Мазниченко В.В.