

**Компонент ОПОП 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**  
**Направленность (профиль) Инфокоммуникационные технологии и радиотехнические**  
**системы**  
наименование ОПОП

**Б1.О.19**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**Дисциплины**  
**(модуля)**

**Электродинамика и распространение радиоволн**

Разработчик (и):

Гомонов А.Д.,  
доцент,  
канд. техн. наук

Утверждено на заседании кафедры  
радиотехники и связи

наименование кафедры

протокол № 7 от 04.03.2025 года

И.о. заведующего кафедрой РТиС

  
\_\_\_\_\_ А.Е. Шульженко

**Мурманск**  
**2025**

## Пояснительная записка

Объем дисциплины 8 з. е.

1. **Результаты обучения по дисциплине (модулю)**, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций, установленными образовательной программой

| Компетенции                                                                                                                                                                                                                        | Индикаторы достижения компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Результаты обучения по дисциплине (модулю)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ОПК-2</b><br>Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения | <b>ИД-1</b> ОПК-2<br>Понимает естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применяет соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения<br><b>ИД-2</b> ОПК-2<br>Обладает навыками применения основных законов математики, единицы измерения, фундаментальных принципов и теоретических основ физики, теоретической механики;<br><b>ИД-3</b> ОПК-2<br>Применяет соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения; | <b>Знать:</b><br>- Основные положения, методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах.<br><b>Уметь:</b><br>- Пользоваться типовыми методиками моделирования объектов и процессов.<br><b>Владеть:</b><br>- Средствами разработки и создания имитационных моделей с помощью стандартных пакетов прикладных программ<br>- Навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач |

## 2. Содержание дисциплины (модуля)

**Тема 1.** Основные положения теории электромагнетизма.

**Тема 2.** Граничные условия для векторов электромагнитного поля.

**Тема 3.** Плоские электромагнитные волны.

**Тема 4.** Поляризация электромагнитных волн. Падение плоских электромагнитных волн на границу раздела двух сред.

**Тема 5.** Элементарные излучатели.

**Тема 6.** Направляемые электромагнитные волны.

**Тема 7.** Металлические волноводы. Объемные резонаторы.

**Тема 8.** Распространение электромагнитных волн в анизотропной среде.

## 3. Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины (модуля)

- мультимедийные презентационные материалы по дисциплине (модулю) представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;
- методические указания к выполнению лабораторных/практических/контрольных работ представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;
- методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) представлены на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным».

1. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн».
2. Методические указания к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн».
3. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн».

#### **4. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Является отдельным компонентом образовательной программы, разработан в форме отдельного документа, представлен на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным». ФОС включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины (модуля);
- задания текущего контроля;
- задания промежуточной аттестации;
- задания внутренней оценки качества образования.

**5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы** (печатные издания, электронные учебные издания и (или) ресурсы электронно-библиотечных систем)

#### ***Основная литература***

1. Мандель, А. Е. Распространение радиоволн [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А. Е. Мандель, В. А. Замотринский. — Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 163 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13969.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Д. Ю. Муромцев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012.— 200 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63924.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Яковлев, О. И. Распространение радиоволн / О. И. Яковлев, В.П. Якубов. - Учебник. М.: ЛЕНИЗДАТ. 2009.

#### ***Дополнительная литература***

1. Фальковский, О. И. Техническая электродинамика : учебник для вузов / О. И. Фальковский. - Изд. 2-е, стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2009. - 429, [1] с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 423-424. - ISBN 978-5-8114-0980-8 : 389-40; 405-79.
2. Боков, Л. А. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Боков Л. А., Замотринский В. А., Мандель А. Е.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2013.— 410 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72050.html>.— ЭБС «IPRbooks»

#### **6. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. <http://lib.mstu.edu>
2. <https://e.lanbook.com>
3. <http://www.iprbookshop.ru>

**7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

- 1) *Офисный пакет Microsoft Office 2007*
- 2) *Система оптического распознавания текста ABBYY FineReader*
- 3) *MatLab 2020*

**8. Обеспечение освоения дисциплины лиц с инвалидностью и ОВЗ**

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

| № п./п. | Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий                                                                                                                                                                                                | Перечень оборудования и технических средств обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.      | 512 В «Лаборатория электродинамики и распространения радиоволн»<br>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации. | Количество столов - 12<br>Количество стульев - 24<br>Посадочных мест - 24<br>Доска аудиторная - 1<br><br>Комплект для проведения лабораторных работ по электродинамике: «Поляризация плоских волн» - 1 шт.,<br>Комплект для проведения лабораторных работ по электродинамике «Отражение плоских волн», - 1 шт.,<br>Комплект для проведения лабораторных работ по электродинамике «Электромагнитные поля в волноводах», - 1 шт.,<br>Комплект для проведения лабораторных работ по электродинамике «Излучение элементарных источников» - 1 шт.,<br>Комплект для проведения лабораторных работ по электродинамике «Электромагнитные волны в анизотропных средах» - 1 шт., Учебные макеты антенн - 4 шт.,<br>Учебный макет генератора Г4-76А, - 1 шт.,<br>Учебный макет Измерительного приемника RFT SMV 8.5 - 1 шт. |

## 10. Распределение трудоемкости по видам учебной деятельности

Таблица 1 - Распределение трудоемкости

| Вид учебной деятельности                 | Распределение трудоемкости дисциплины (модуля) по формам обучения |     |   |             |              |  |  |             |              |  |  |             |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----|---|-------------|--------------|--|--|-------------|--------------|--|--|-------------|
|                                          | Очная                                                             |     |   |             | Очно-заочная |  |  |             | Заочная      |  |  |             |
|                                          | Семестр                                                           |     |   | Всего часов | Семестр      |  |  | Всего часов | Семестр/Курс |  |  | Всего часов |
|                                          | 5                                                                 | 6   | - |             |              |  |  |             |              |  |  |             |
| Лекции                                   | 26                                                                | 26  | - | 52          |              |  |  |             |              |  |  |             |
| Практические занятия                     | -                                                                 | -   | - | -           |              |  |  |             |              |  |  |             |
| Лабораторные работы                      | 16                                                                | 16  | - | 32          |              |  |  |             |              |  |  |             |
| Самостоятельная работа                   | 72                                                                | 36  | - | 108         |              |  |  |             |              |  |  |             |
| Подготовка к промежуточной аттестации    | -                                                                 | 36  | - | 36          |              |  |  |             |              |  |  |             |
| Всего часов по дисциплине                | 126                                                               | 126 | - | 252         |              |  |  |             |              |  |  |             |
| / из них в форме практической подготовки |                                                                   |     |   |             |              |  |  |             |              |  |  |             |

Формы промежуточной аттестации и текущего контроля

|                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Экзамен                               | - | + | - | + | - | - | - | - | - | + | - | + |
| Зачет/зачет с оценкой                 | + | - | - | + | - | - | - | - | + | - | - | + |
| Курсовая работа (проект)              | - | + | - | + | - | - | - | - | - | + | - | + |
| Количество расчетно-графических работ | 1 | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Количество контрольных работ          | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | 1 |
| Количество рефератов                  | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Количество эссе                       | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Перечень лабораторных работ по формам обучения

| № п/п | Темы лабораторных работ                                                                                   |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 2                                                                                                         |
|       | Очная форма                                                                                               |
| 1.    | Электромагнитное поле. Электромагнитные свойства сред. Электромагнитное поле на границе раздела двух сред |

|     |                                                                            |
|-----|----------------------------------------------------------------------------|
| 2.  | Поляризация плоских волн                                                   |
| 3.  | Отражение и преломление плоских волн                                       |
| 4.  | Излучение элементарных источников                                          |
| 5.  | Элементарный щелевой излучатель                                            |
| 6.  | Распространение волн у поверхности Земли. Траектория радиоволн в ионосфере |
| 7.  | Направляемые волны                                                         |
| 8.  | Волноводы. Электромагнитные поля в волноводах                              |
| 9.  | Возбуждение электромагнитных колебаний в направляемых системах             |
| 10. | Электромагнитные волны в анизотропных средах                               |

### Перечень практических занятий по формам обучения

| №<br>п/п | Темы практических занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|          | <b>Очная форма</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 1.       | Элементы векторного анализа. Понятие электромагнитного поля. Виды сред. Электромагнитные свойства сред. Система уравнений электродинамики в дифференциальной и интегральной формах. Закон сохранения заряда. Теорема Гаусса. Закон электромагнитной индукции.                                                                                                                                                                      |
| 2.       | Граничные условия для векторов электромагнитного поля на границе раздела двух сред. Граничные условия для идеального проводника. Энергия электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга. Уравнения Максвелла для монохроматического поля сторонние токи и сторонние заряды. Волновые уравнения.                                                                                                                                          |
| 3.       | Электродинамические потенциалы. Вектор Герца. Плоские волны. Распространение плоских волн в средах с потерями. Фазовая и групповая скорости, волновое число и постоянная затухания плоских волн. Волны в проводнике. Скин слой.                                                                                                                                                                                                    |
| 4.       | Поляризация электромагнитных волн. Стоячие волны. Распространение волн в плазме. Волновые явления на границе раздела двух сред. Формула Френеля для плоских электромагнитных волн с вертикальной и горизонтальной поляризацией. Явление полного преломления и полного отражения.                                                                                                                                                   |
| 5.       | Излучение элементарных источников. Элементарный электрический. Вибратор (диполь) Герца. Поле излучения элементарного электрического вибратора. Мощность и сопротивление излучения. Принцип перестановочной двойственности. Элементарный магнитный вибратор. Диаграмма направленности излучателя. Мощность излучения. Элементарный щелевой излучатель. Принцип эквивалентности. Элемент Гюйгенса. Лемма Лоренца.                    |
| 6.       | Распространение волн в неоднородных средах. Уравнение эйконала. Геометрическая оптика слоисто-неоднородной среды. Распространение волн у поверхности Земли. Траектории радиоволн в ионосфере.                                                                                                                                                                                                                                      |
| 7.       | Направляемые волны. Связь между продольными и поперечными составляющими полей в однородной направляемой системе. Критическая частота. Длина волны в направляющей системе. Поперечные ТЕМ волны. Электрические Е и магнитные Н типы волн в направляющих системах. Концепция парциальных волн Бриллюэна. Групповая и фазовая скорости волн в направляющих системах. Мощность, переносимая электромагнитной волной по линии передачи. |
| 8.       | Прямоугольный волновод. Структура электромагнитного поля волны Н <sub>10</sub> в прямоугольном волноводе. Вырожденные волны. Круглый волновод. Структура волны Е <sub>01</sub> в круглом волноводе. Основные типы волн в прямоугольном и круглом волноводах. Токи на стенках волноводов. Волны в коаксиальной линии.                                                                                                               |
| 9.       | Передача электромагнитной энергии по направляемым системам. Предельная и допустимая мощности. Коэффициент затухания. Передача энергии по прямоугольному волноводу. Затухание электрических и магнитных волн. Передача энергии по круглому волноводу. Передача энергии по коаксиальной линии. Объёмные резонаторы. Добротность резонаторов. Классификация колебаний в объёмных резонаторах.                                         |
| 10.      | Прямоугольный резонатор. Коаксиальный резонатор. Добротность коаксиального резонатора. Цилиндрический резонатор. Элементы линий передач. Диафрагмы. Отверстия связи. Направленные ответвители. Атенуаторы. Возбуждение электромагнитных                                                                                                                                                                                            |

|     |                                                                                                                                                                                            |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | колебаний в направляемых системах. Возбуждение штырем и рамкой с током.                                                                                                                    |
| 11. | Поверхностные волны и замедляющие системы. Ферритовые устройства СВЧ. Распространение волн в ферритах. Эффекты Фарадея и Коттон-Мутона. Вентили. Циркуляторы, использующие эффект Фарадея. |

### Перечень примерных тем курсовой работы /курсового проекта

| <b>№<br/>п\п</b> | <b>Темы курсовой работы /проекта</b>         |
|------------------|----------------------------------------------|
| <b>1</b>         | <b>2</b>                                     |
| 1.               | Расчет одномодового прямоугольного волновода |
| 2.               | Расчет одномодового круглого волновода       |
| 3.               | Расчет одномодового коаксиального волновода  |
| 4.               | Расчет одномодового оптического волновода    |
| 5.               | Расчет сферического резонатора               |