

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Наименование образовательной программы: Радионавигационные системы и комплексы

Уровень образования: высшее образование - специалитет

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ**

|   |   |
|---|---|
| <b>Блок:</b>  | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>                             |
| <b>Часть образовательной программы:</b>                             | <b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b> |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>                              | <b>Б1.Ч.18.02.02</b>  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>                            | <b>5 семестр - 2;</b>   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>                             | <b>72 часа</b>  |
| <b>Лекции</b>   | <b>5 семестр - 32 часа;</b>                                     |
| <b>Практические занятия</b>   | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Лабораторные работы</b>  | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Консультации</b>   | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>             |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                       | <b>5 семестр - 39,7 часа;</b>                                   |
| <b>в том числе на КП/КР</b>   | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Иная контактная работа</b>                                       | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>             |
| <b>включая:</b><br><b>Тестирование</b><br><b>Контрольная работа</b> |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>                                    |   |
| <b>Зачет с оценкой</b>  | <b>5 семестр - 0,3 часа;</b>                                    |

**Москва 2016**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

|  |  |                                |
|--|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|  | Владелец   | Михайлов М.С.                  |
|  | Идентификатор                                      | R88495daf-MikhailovMS-74da3f0e |

(подпись)

М.С. Михайлов

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

|  |  |                                |
|--|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|  | Владелец   | Сизякова А.Ю.                  |
|  | Идентификатор                                      | R4eb30863-SiziakovaAY-83831ea7 |

(подпись)

А.Ю. Сизякова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

|  |  |                              |
|--|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|  | Владелец   | Куликов Р.С.                 |
|  | Идентификатор                                      | R7ef0b374-KulikovRS-e851162c |

(подпись)

Р.С. Куликов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** состоит в изучении условий распространения и дифракции электромагнитных волн в однородных и неоднородных изотропных средах и при наличии объектов дифракции.

### Задачи дисциплины

- изучение основных методов высокочастотной электродинамики: геометрической и физической оптики, геометрической теории дифракции, метода параболического уравнения;
- освоение методов расчета типичных практических ситуаций распространения, дифракции и возбуждения электромагнитных волн с помощью высокочастотной электродинамики.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Запланированные результаты обучения  |
|---|---|--|
| ПК-1 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, в том числе с использованием математического моделирования алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов | ИД-1ПК-1 Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов                                | знать:<br>- основные методы высокочастотной электродинамики: геометрическую и физическую оптику, геометрическую теорию дифракции.  |
| ПК-1 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, в том числе с использованием математического моделирования алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов | ИД-2ПК-1 Умеет использовать методы математических расчетов характеристик радиотехнических устройств, систем и процессов для анализа и оптимизации их параметров | уметь:<br>- применять метод геометрической оптики при расчетах распространения электромагнитных волн в однородных и плавно неоднородных средах, метод физической оптики и метод геометрической теории дифракции при расчетах дифракции электромагнитных волн на эталонных объектах;<br>- реализовать математическое моделирование процессов распространения, излучения и дифракции электромагнитных волн в плавно неоднородных средах и при наличии модельных объектов дифракции с использованием высокочастотных методов электродинамики. |

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радионавигационные системы и комплексы (далее – ОПОП), направления подготовки 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, уровень образования: высшее образование - специалитет.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации   | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   | Содержание самостоятельной работы/ методические указания                      |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|---|
|       |  |                       |         | Контактная работа  |     |    |              |   |     |    | СР |                   |                                   |   |
|       |  |                       |         | Лек  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль |   |
| КПР   | ГК   | ИККП                  | ТК      |  |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   |   |
| 1     | 2  | 3                     | 4       | 5  | 6   | 7  | 8            | 9 | 10  | 11 | 12 | 13                | 14                                | 15  |
| 1     | Аналитические, асимптотические и численные методы электродинамики: сравнение подходов и области применимости | 13.7                  | 5       | 6  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 7.7               | -                                 | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 4-10  |
| 1.1   | Аналитические, асимптотические и численные методы электродинамики: сравнение подходов и области применимости | 13.7                  |         | 6  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 7.7                               |   |
| 2     | Геометрическая оптика однородных и неоднородных сред   | 14                    |         | 6  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 8                 | -                                 | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 12-25 |
| 2.1   | Геометрическая оптика однородных и неоднородных сред   | 14                    |         | 6  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 8                 | -                                 |   |
| 3     | Геометрическая теория дифракции  | 16                    |         | 8  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 8                 | -                                 | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[3], стр. 11-30 |
| 3.1   | Геометрическая теория дифракции  | 16                    |         | 8  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 8                 | -                                 |   |
| 4     | Физическая оптика  | 16                    |         | 8  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 8                 | -                                 | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[4], стр. 23-49 |
| 4.1   | Физическая оптика  | 16                    |         | 8  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 8                 | -                                 |   |
| 5     | Метод  | 12                    |         | 4  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 8                                 |   |

|     |                                 |             |           |   |   |   |   |   |            |             |   |   |  |
|-----|---------------------------------|-------------|-----------|---|---|---|---|---|------------|-------------|---|---|--|
|     | параболического уравнения       |             |           |   |   |   |   |   |            |             |   |   | <b>источников:</b><br>[2], стр. 58-75, 85-92 |
| 5.1 | Метод параболического уравнения | 12          | 4         | - | - | - | - | - | -          | -           | 8 | - |  |
|     | Зачет с оценкой                 | 0.3         | -         | - | - | - | - | - | 0.3        | -           | - | - |  |
|     | <b>Всего за семестр</b>         | <b>72.0</b> | <b>32</b> | - | - | - | - | - | <b>0.3</b> | <b>39.7</b> | - | - |  |
|     | <b>Итого за семестр</b>         | <b>72.0</b> | <b>32</b> | - | - | - | - | - | <b>0.3</b> | <b>39.7</b> | - | - |  |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## **3.2 Краткое содержание разделов**

### 1. Аналитические, асимптотические и численные методы электродинамики: сравнение подходов и области применимости

1.1. Аналитические, асимптотические и численные методы электродинамики: сравнение подходов и области применимости

Сравнительный анализ эволюции и возможностей аналитических, численных и асимптотических методов прикладной электродинамики во взаимосвязи с развитием научных исследований..

### 2. Геометрическая оптика однородных и неоднородных сред

2.1. Геометрическая оптика однородных и неоднородных сред

Скалярная геометрическая оптика (ГО) однородных и неоднородных сред. Необходимые условия применимости ГО. Определение понятий фазового фронта и луча. Ряд Дебая. Вывод уравнений эйконала и переноса. Метод характеристик. Вывод уравнений лучей. Фазовое пространство. Лучевые координаты. Постановка начальной и краевой задач ГО. Интегрирование уравнений эйконала и переноса вдоль лучей. Понятие каустики. Правило изменения фазы лучевого поля при касании каустики. Определение полного лучевого поля. Учет малых потерь в среде. Метод разделения переменных в уравнении эйконала. Обзор обобщений метода ГО: векторная ГО, комплексные лучи, учет анизотропии среды, нестационарных процессов..

### 3. Геометрическая теория дифракции

3.1. Геометрическая теория дифракции

Области неприменимости ГО на примере дифракции ЭМ волн на объектах в однородной среде. Идея метода ГТД. Законы ГО и ГТД для объектов в однородной среде. Понятие эталонной задачи. ГТД для идеально проводящих объектов. Эталонная задача дифракции ЭМ волны на идеально проводящем клине. Неравномерная и равномерная ГТД. Дифракция ЭМ волны на импедансном и диэлектрическом клине. Определение дифракционных коэффициентов из аналитического решения Малюжинца для импедансного клина, из численного решения для диэлектрического клина. Эвристические формулы для дифракционных коэффициентов диэлектрического клина. Применение методов ГО и ГТД к практическим задачам распространения ЭМ волн в городе и зданиях.

### 4. Физическая оптика

4.1. Физическая оптика

Метод физической оптики (ФО). Применение интеграла Кирхгофа и теоремы эквивалентности для решения задач дифракции методом ФО. Ограничения метода ФО. Основная идея метода физической теории дифракции (ФТД). Работы П.Я.Уфимцева. Дифракция на черном теле..

### 5. Метод параболического уравнения

5.1. Метод параболического уравнения

Вывод параболического уравнения из уравнения Гельмгольца. Физическая интерпретация явления дифракции как поперечной диффузии лучевой амплитуды. Идеи Юнга и их развитие..

**3.3. Темы практических занятий**  
не предусмотрено

**3.4. Темы лабораторных работ**  
не предусмотрено

**3.5 Консультации**

**3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**  
Курсовой проект/ работа не предусмотрены



### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1)   | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   |   | Оценочное средство (тип и наименование)  |
|--|------------------|---|---|---|---|---|--|
|  |                  | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 |  |
| <b>Знать:</b>  |                  |   |   |   |   |   |  |
| основные методы высокочастотной электродинамики: геометрическую и физическую оптику, геометрическую теорию дифракции   | ИД-1ПК-1         | +   | + |   |   |   | Тестирование/Геометрическая оптика<br>Тестирование/Геометрическая оптика в неоднородных средах   |
| <b>Уметь:</b>  |                  |   |   |   |   |   |  |
| реализовать математическое моделирование процессов распространения, излучения и дифракции электромагнитных волн в плавно неоднородных средах и при наличии модельных объектов дифракции с использованием высокочастотных методов электродинамики                       | ИД-2ПК-1         |   |   |   | + | + | Контрольная работа/Метод параболического уравнения<br>Контрольная работа/Метод физической оптики |
| применять метод геометрической оптики при расчетах распространения электромагнитных волн в однородных и плавно неоднородных средах, метод физической оптики и метод геометрической теории дифракции при расчетах дифракции электромагнитных волн на эталонных объектах | ИД-2ПК-1         |   |   | + |   |   | Контрольная работа/Геометрическая теория дифракции   |

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **5 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Геометрическая оптика (Тестирование)
2. Геометрическая оптика в неоднородных средах (Тестирование)
3. Геометрическая теория дифракции (Контрольная работа)
4. Метод параболического уравнения (Контрольная работа)
5. Метод физической оптики (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №5)*

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Пермяков, В. А. Лекции по геометрической оптике неоднородных сред : учебное пособие по курсу "Электродинамика и распространение радиоволн" по направлению "Радиотехника" / В. А. Пермяков ; ред. В. В. Бодров ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 80 с. - ISBN 978-5-7046-1414-2 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5691](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5691);

2. Григорьев А. Д.- "Методы вычислительной электродинамики", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2013 - (428 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=48301](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=48301);

3. Боровиков, В. А. Геометрическая теория дифракций / В. А. Боровиков, Б. Е. Кинбер . – М. : Связь, 1978 . – 247 с.;

4. Уфимцев, П. Я. Основы физической теории дифракции : пер. с англ. / П. Я. Уфимцев . – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009 . – 350 с. - ISBN 978-5-94774-919-9 ..

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;
4. Matlab;
5. Майнд Видеоконференции;
6. Python.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование  | Оснащение  |
|---|--|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Е-800/1, Учебная лаборатория антенных систем и распространения радиоволн | парта, парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, стенд лабораторный    |
|   | Ж-120, Машинный зал ИВЦ  | сервер, кондиционер  |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | Е-800/1, Учебная лаборатория антенных систем и распространения радиоволн | парта, парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, стенд лабораторный    |
| Помещения для самостоятельной работы                                    | НТБ-303, Компьютерный читальный зал                                      | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для консультирования  | Е-825/3, Кабинет сотрудников каф. "РТП и АС"                             | кресло рабочее, стеллаж для хранения книг, стол, стул, шкаф для одежды, стол письменный, доска маркерная, компьютер персональный                   |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря                | Е-802/4, Склад инвентаря и оборудования                                  | стеллаж, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, сервер   |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Специальные вопросы электродинамики

(название дисциплины)

#### 5 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Геометрическая оптика (Тестирование)
- КМ-2 Геометрическая оптика в неоднородных средах (Тестирование)
- КМ-3 Геометрическая теория дифракции (Контрольная работа)
- КМ-4 Метод физической оптики (Контрольная работа)
- КМ-5 Метод параболического уравнения (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины  | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|------|
|               |  | Неделя КМ: | 4    | 8    | 10   | 12   | 14   |
| 1             | Аналитические, асимптотические и численные методы электродинамики: сравнение подходов и области применимости |            |      |      |      |      |      |
| 1.1           | Аналитические, асимптотические и численные методы электродинамики: сравнение подходов и области применимости |            | +    | +    |      |      |      |
| 2             | Геометрическая оптика однородных и неоднородных сред   |            |      |      |      |      |      |
| 2.1           | Геометрическая оптика однородных и неоднородных сред   |            | +    | +    |      |      |      |
| 3             | Геометрическая теория дифракции  |            |      |      |      |      |      |
| 3.1           | Геометрическая теория дифракции  |            |      |      | +    |      |      |
| 4             | Физическая оптика  |            |      |      |      |      |      |
| 4.1           | Физическая оптика  |            |      |      |      | +    | +    |
| 5             | Метод параболического уравнения  |            |      |      |      |      |      |
| 5.1           | Метод параболического уравнения  |            |      |      |      | +    | +    |
| Вес КМ, %:    |  |            | 30   | 25   | 20   | 20   | 5    |