

Компонент ОПОП 25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования  
наименование ОПОП

Б1.О.28  
шифр дисциплины

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплины  
(модуля)

Электродинамика и распространение радиоволн

Разработчик (и):

Волков М.А.  
ФИО

доцент  
должность

канд. физ.-мат. наук  
ученая степень,

доцент  
звание

Утверждено на заседании кафедры

РЭС и ТРО  
наименование кафедры

протокол № 2 от 13.09.2021 года

И.о. заведующего кафедрой РЭС и ТРО

  
подпись

Милкин В.И.  
ФИО

Мурманск  
2021

## Пояснительная записка

Объем дисциплины   6   з. е.

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

Компетенции	Индикаторы достижения компетенций <sup>1</sup>	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Соответствие Кодексу ПДНВ <sup>2</sup>
<p><b>ОПК-1</b> Способен использовать основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики</p>	<p><b>ИД-1 ОПК-1</b> применяет основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики <b>ИД-2 ОПК-1</b> исполняет основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики <b>ИД-3 ОПК-1</b> обладает навыками применения основных законов математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики</p>	<p><b>Знать:</b> - современные тенденции развития научных и прикладных достижений в области математической теории радиотехнических систем; - подходы использования современных методов для решения научных и практических задач; - принципы выбора методов и средств построения математической модели радиотехнических систем; - перечень программного обеспечения, которое может быть использовано в процессе моделирования реальных задач. <b>Уметь:</b> - применять методы математики к исследованию математической модели радиотехнической системы и оценки ее адекватности; - осуществлять концептуальный анализ при решении прикладных задач;</p>	<p>Таблица А-IV/2 Кодекса ПДНВ Передача и прием информации, используя подсистемы и оборудование ГМССБ, а также выполнение функциональных требований ГМССБ</p>
<p><b>ОПК-7</b> Способен применять фундаментальные основы теории моделирования как основного метода исследования и научно-обоснованного метода оценок характеристик сложных систем, используемого для принятия решений в различных сферах профессиональной деятельности</p>	<p><b>ИД-1 ОПК-7</b> использует основные принципы и основы теории моделирования как основного метода исследования и научно-обоснованного метода оценок характеристик сложных систем <b>ИД-2 ОПК-7</b> осуществляет концептуальный анализ при решении прикладных задач с применением фундаментальных основ теории моделирования как основного метода исследования и научно-обоснованного метода оценок характеристик сложных систем <b>ИД-3 ОПК-7</b> применяет навыки фундаментальных основ теории моделирования как</p>	<p>- использовать современные теории математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач в области разработки радиотехнических систем; - применять знания, полученные на лекционных и практических занятиях, к составлению математических моделей радиосистем и в процессе моделирования различных характеристик этих систем - пользоваться накопленными математическими знаниями и практическими навыками при анализе радиосистем, используемых в различных отраслях народного хозяйства;</p>	<p>Таблица А-IV/2 Кодекса ПДНВ Передача и прием информации, используя подсистемы и оборудование ГМССБ, а также выполнение функциональных требований ГМССБ</p>

<sup>1</sup> Указываются индикаторы достижения компетенций, закрепленные за данной дисциплиной (модулем)

<sup>2</sup> Только для конвенционных специальностей (для остальных направлений подготовки/специальностей столбец удалить)

	основного метода исследования и научно-обоснованного метода оценок характеристик сложных систем	- решать задачи производственного характера с использованием математических методов <b>Владеть:</b>	
<b>ПК-3</b> Способен осуществлять обнаружение, анализ и диагностику неисправностей	<b>ИД-1 ПК-3</b> использует основные методы обнаружения, анализ и диагностику неисправностей <b>ИД-2 ПК-3</b> осуществляет обнаружение, анализ и диагностику неисправностей <b>ИД-3 ПК-3</b> применяет навыки обнаружения, анализа и диагностики неисправностей	- основами методологии научного и системного подхода при изучении предметной области, составлении математической модели и ее оценки; - методами исследования предметной области и составление модели на языке предметной области; - приемами оценки адекватности математической модели и всего процесса моделирования; - навыками использования пакетов прикладных программ в обеспечении процесса моделирования.	Таблица А-IV/2 Кодекса ПДНВ Передача и прием информации, используя подсистемы и оборудование ГМССБ, а также выполнение функциональных требований ГМССБ
<b>ПК-12</b> Способен осуществлять поддержание в рабочем состоянии судовой радиоаппаратуры, исправности антенн и аккумуляторных батарей, аварийных установок и автоматических передатчиков сигналов бедствия, наличия установленных документов	<b>ИД-1 ПК-12</b> использует основные правила поддержания в рабочем состоянии судовой радиоаппаратуры, исправности антенн и аккумуляторных батарей, аварийных установок и автоматических передатчиков сигналов бедствия, наличия установленных документов <b>ИД-2 ПК-12</b> осуществляет поддержание в рабочем состоянии судовой радиоаппаратуры, исправности антенн и аккумуляторных батарей, аварийных установок и автоматических передатчиков сигналов бедствия, наличия установленных документов <b>ИД-2 ПК-12</b> применяет навыки поддержания в рабочем состоянии судовой радиоаппаратуры, исправности антенн и аккумуляторных батарей, аварийных установок и автоматических передатчиков сигналов бедствия, наличия установленных документов		Таблица А-IV/2 Кодекса ПДНВ Передача и прием информации, используя подсистемы и оборудование ГМССБ, а также выполнение функциональных требований ГМССБ

## 2. Содержание дисциплины (модуля)

**Тема 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.

**Тема 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.

**Тема 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.

**Тема 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.

**Тема 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.

**Тема 6.** Распространение волн в неоднородных средах. Уравнение эйконала. Геометрическая оптика слоисто-неоднородной среды. Распространение волн у поверхности Земли. Траектории радиоволн в ионосфере.

**Тема 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 E и магнитные H типы волн в направляющих системах. Концепция парциальных волн Бриллюэна. Групповая и фазовая скорости волн в направляющих системах. Мощность, переносимая электромагнитной волной по линии передачи.

**Тема 8.** Прямоугольный волновод. Структура электромагнитного поля волны  $H_{10}$  в прямоугольном волноводе. Вырожденные волны. Круглый волновод. Структура волны  $E_{01}$  в круглом волноводе. Основные типы волн в прямоугольном и круглом волноводах. Токи на стенках волноводов. Волны в коаксиальной линии.

**Тема 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.

**Тема 10.** Прямоугольный резонатор. Коаксиальный резонатор. Добротность коаксиального резонатора. Цилиндрический резонатор. Элементы линий передач. Диафрагмы. Отверстия связи. Направленные ответвители. Атенюаторы. Возбуждение электромагнитных колебаний в направляемых системах. Возбуждение штырем и рамкой с током.

**Тема 11.** Поверхностные волны и замедляющие системы. Ферритовые устройства СВЧ. Распространение волн в ферритах. Эффекты Фарадея и Коттон-Мутона. Вентили. Циркуляторы, использующие эффект Фарадея.

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

- мультимедийные презентационные материалы по дисциплине (модулю) представлены в электронном курсе в ЭИОС МГТУ;
- методические указания к выполнению лабораторных/практических/контрольных работ (выбрать) представлены в электронном курсе в ЭИОС МГТУ;
- методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) представлены на официальном сайте МГТУ в разделе «Информация по образовательным

программам, в том числе адаптированным».

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

Является отдельным компонентом образовательной программы, разработан в форме отдельного документа, представлен на официальном сайте МГТУ 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/ Л.А. Боков, В.А Замотринский, А.Е Мандель. — 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) Электронно-библиотечная система «Издательство Лань»

Доступ к базе данных осуществляется с любого ПК посредством сети Интернет, после регистрации в системе <http://e.lanbook.com/> с компьютеров МГТУ, подключенных к сети.

2) Электронно-библиотечная система «IPRbooks».

Условия доступа: из локальной сети МГТУ, а так же удаленный доступ посредством сети Интернет (после регистрации на сайте ЭБС с ПК университета).

<http://iprbookshop.ru>

3) Электронно-библиотечная система «Рыбохозяйственное образование»

Доступ осуществляется по логину и паролю, логин и пароль доступа находятся на общем абонементе (207 "В"). <http://lib.klgtu.ru/jirbis2/>

4) Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека онлайн"

Условия доступа: из локальной сети МГТУ, а так же удаленный доступ посредством сети Интернет (после регистрации на сайте ЭБС с ПК университета) <http://biblioclub.ru/>

5) Электронная библиотечная система «Консультант студента»

Доступ с ПК университета (по внешнему IP-адресу МГТУ); с любого ПК (удаленный доступ) посредством сети Интернет (при регистрации на сайте с ПК вуза).

<http://www.studentlibrary.ru/>

б) Электронно-библиотечная система ЭБС «Троицкий мост»

Доступ осуществляется с ПК университета (по внешнему IP-адресу МГТУ); с любого ПК (удаленный доступ) посредством сети Интернет (при регистрации на сайте с ПК вуза).

<http://www.trmost.com/tm-main.shtml?lib>

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

1) Операционная система WindowsXP ProfessionalRussianAcademicOPEN, лицензия № 44335756 от 29.07. 08;

2) Офисный пакет Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN, лицензия № 45676388 от 08.07.09;

3) Программный пакет MathWorks MATLAB 2009 /2010 (сетевая версия) License Number 619865 от 11.12.2009 (договор 32/356 от 10 декабря 2009г.)

## **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)** представлено в приложении к ОПОП «Материально-технические условия реализации образовательной программы» и включает:

учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой специалитета, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;

- Учебный корпус по адресу 183010, Мурманская область, г. Мурманск, просп. Кирова, д. 2, 512 В;

- Лаборатория электродинамики и распространения радиоволн;

- Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации.

Количество столов – 12;

Количество стульев – 24;

Посадочных мест – 24;

Доска аудиторная – 1;

Комплект для проведения лабораторных работ по электродинамике: «Поляризация плоских волн» - 1 шт.,

Комплект для проведения лабораторных работ по электродинамике «Отражение плоских волн», - 1 шт.,

Комплект для проведения лабораторных работ по электродинамике «Электромагнитные поля в волноводах», - 1 шт.,

Комплект для проведения лабораторных работ по электродинамике «Излучение элементарных источников» - 1 шт.,

Комплект для проведения лабораторных работ по электродинамике «Электромагнитные волны в анизотропных средах» - 1 шт.,

Учебные макеты антенн - 4 шт.,

Учебный макет генератора Г4-76А, - 1 шт.,

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
	3	4							/2	5	6	
Лекции	20	20						6	6			
Практические занятия												
Лабораторные работы	16	16						6		6		
Самостоятельная работа	36	36						96	30	57		
Подготовка к промежуточной аттестации		72								9		
<b>Всего часов по дисциплине</b>	<b>72</b>	<b>144</b>						<b>108</b>	<b>36</b>	<b>72</b>		
/ 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									1	
Количество контрольных работ												
Количество рефератов												
Количество эссе												

### Перечень лабораторных работ по формам обучения

№ п\п	Темы лабораторных работ
<b>1</b>	<b>2</b>
	<b>Очная форма</b>
1.	Поляризация плоских волн
2.	Отражение и преломление плоских волн
3.	Излучение элементарных источников

4.	Волноводы. Электромагнитные поля в волноводах
5.	Электромагнитные волны в анизотропных средах
	<b>Заочная форма</b>
1.	Поляризация плоских волн
2.	Отражение и преломление плоских волн
3.	Излучение элементарных источников
4.	Волноводы. Электромагнитные поля в волноводах
5.	Электромагнитные волны в анизотропных средах