

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»  
Институт электронных и информационных систем  
Кафедра радиосистем

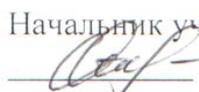


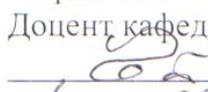
## ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

Учебный модуль по направлению подготовки 11.03.01 - Радиотехника  
ПРОФ Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО

Начальник учебного отдела  
 О.Б. Широколова  
« 04 » 03 2017 г.

Разработал  
Доцент кафедры РС  
 Е.В. Петров  
« 1 » 03 2017 г.

Принято на заседании кафедры РС  
Протокол № 110 от 3.04 2017 г.

Заведующий кафедрой РС  
 И.Н. Жукова  
« 1 » 03 2017 г.

## **Цели и задачи учебного модуля**

Настоящий учебно-методический документ определяет требования к подготовке бакалавров направления 11.03.01 – «Радиотехника» (профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов») по дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн».

Цель преподавания дисциплины УМ - углубление фундаментальных знаний о законах, описывающих электромагнитное поле, как вид материи, освоение математического аппарата и методов электродинамического описания явлений и процессов в радиоэлектронных устройствах и радиоприемных линиях различного назначения. Изучение дисциплин УМ «Электродинамика и распространение радиоволн» способствует формированию умений и навыков решения прикладных задач электродинамики, связанных с распространением электромагнитных волн в направляющих системах и радиоволн в природных условиях и обеспечивает студентов базовыми знаниями для успешного изучения ими последующих предметов радиотехнического и технико-кибернетического циклов.

Задачи УМ – усвоение основных положений электродинамики и особенностей распространения радиоволн. В результате изучения УМ студент должен:

Знать:

- основные уравнения электромагнитного поля, принципы и теоремы электродинамики; классы электродинамических задач и подходы к их решению;
- основные математические модели электромагнитных волновых процессов, а также модели сред, условия распространения и возбуждения волн;
- методы решения задач возбуждения и излучения радиоволн, а также особенности распространения волн различных частотных диапазонов в различных средах.

Уметь:

- использовать основные уравнения и теоремы электродинамики применительно к базовым электродинамическим задачам;
- анализировать структуру электромагнитного поля волн, распространяющихся в различных средах и линиях передачи;
- пользоваться методами расчета энергетических параметров радиоприемных линий;
- работать с измерительной аппаратурой СВЧ.

Иметь представление:

- о проблемах и перспективах развития теории электромагнетизма;
- о разработках программ электромагнитного моделирования;
- иметь представление о параметрах, характеристиках, областях применения и перспективах развития различных типов радиоприемных линий.

## **2 Место учебного модуля в структуре ОП направления подготовки**

Модуль входит в базовую часть БП.Б.5 дисциплин профессионального цикла ОП подготовки бакалавров направления 11.03.01 «Радиотехника».

УМ «Электродинамика и распространение радиоволн» состоит из двух взаимосвязанных учебных элементов модуля (УЭМ):

- УЭМ1: «Электродинамика»;
- УЭМ2: «Распространение радиоволн».

Формируемые компетенции определены Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по указанному направлению подготовки бакалавров.

Входные знания, умения и компетенции студентов должны соответствовать требованиям, предусмотренным стандартом к знаниям, умениям по следующим компетенциям бакалавров направления подготовки 11.03.01 «Радиотехника»:

развиваемых в ходе изучения модулей базовой части естественнонаучного цикла: Математики, Физики.

- Способность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей узлов и устройств радиотехнических систем (ПК-5).

Модуль формирует входные знания, умения и компетенции для таких дисциплин профессионального цикла, как «Устройства СВЧ и антенны», «Радиотехнические системы», «Приём и обработка радиосигналов», разделов ряда курсов, касающихся высокочастотных узлов приёмных и передающих устройств, радиолокационных систем, высокоскоростных систем связи.

### 3 Требования к результатам освоения учебного модуля

Процесс изучения УМ направлен на формирование у студентов общекультурных (ОК) и профессиональных компетенций (ПК), обладание которыми может быть выявлено на основе проявления студентами способностей:

В результате освоения УМ студент должен знать, уметь и владеть:

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ПК-5	повышенный	<ul style="list-style-type: none"> <li>- этапов проектирования деталей, узлов, устройств;</li> <li>- перечня исходных данных, требуемых для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств на каждом этапе проектирования;</li> <li>- методики расчета и методы проектирования деталей, узлов, устройств;</li> <li>- особенностей функционирования и специфику эксплуатации проектируемых деталей, узлов и устройств.</li> </ul>	определять перечень и диапазон значения параметров деталей, узлов и устройств, требуемых для их расчета и проектирования с учетом специфики их функционирования и эксплуатации	методами анализа исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов, устройств

## 4 Структура и содержание учебного модуля

### 4.1 Трудоемкость учебного модуля

В структуре УМ выделены учебные элементы модуля (УЭМ) в качестве самостоятельных разделов:

- УЭМ1: «Электродинамика»;
- УЭМ2: «Распространение радиоволн».

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
		4	
<b>Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕТ)</b>	6	6	
<b>Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):</b>	216	216	ПК-5
<b>1) УЭМ1: Электродинамика:</b>			
- лекции	18	18	
- практические занятия (семинары)	11	11	
- лабораторные работы	16	16	
- аудиторная СРС	9*	9*	
- внеаудиторная СРС	45	45	
<b>2) УЭМ2: Распространение радиоволн:</b>			
- лекции	18	18	
- практические занятия (семинары)	15	15	
- лабораторные работы	12	12	
- аудиторная СРС	9*	9*	
- внеаудиторная СРС	45	45	
<b>Аттестация:</b>			
- экзамены			

\* ) включено в число часов лекционных, практических и лабораторных занятий.

### 4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

УЭМ1:

- 1.1 Основные характеристики электромагнитного поля.
- 1.2 Система уравнений электромагнитного поля.
- 1.3 Общие свойства электромагнитного поля.
- 1.4 Основные методы решения задач электродинамики.
- 1.5 Электромагнитные волны в материальных средах.
- 1.6 Электромагнитные волны в неоднородных средах.
- 1.7 Поля и волны в направляющих и колебательных системах.
- 1.8 Направляющие системы.
- 1.9 Колебательные системы.

УЭМ2:

- 2.1 Расчет электромагнитного поля по заданным источникам.

- 2.2 Распространение радиоволн в свободном пространстве.
- 2.3 Дифракция электромагнитных волн.
- 2.4 Радиотрассы и их модели.
- 2.5 Распространение земных волн.
- 2.6 Распространение тропосферных волн.
- 2.7 Распространение ионосферных волн.
- 2.8 Особенности распространения волн различных частотных диапазонов.
- 2.9 Особенности энергетического расчета радиолиний различных типов.

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

### 4.3 Лабораторный практикум

№ раздела УМ	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ак. час
1.5	Определение электрических параметров диэлектриков волноводным методом	4
1.8	Исследование высокочастотного фидера	4
1.7	Исследование волн в прямоугольном волноводе и полей в объемных резонаторах СВЧ	4
1.8, 1.9	Исследование периодических замедляющих систем	4
2.3, 2.5	Дифракция электромагнитных волн на круговом цилиндре	4
2.3, 2.5	Дифракция электромагнитных волн на клине	4
2.2, 2.4	Определение области пространства существенной при распространении и отражении радиоволн	4

### 4.5 Организация изучения учебного модуля

Изучение УМ организовано в форме следующих занятий:

**Лекционные занятия** проводятся в традиционной форме и в форме информационных лекций-презентаций.

**Практические занятия** проводятся в форме занятий по ознакомлению с методиками решения типовых задач, занятий по демонстрации знаний по методам решения задач электродинамики, добытых в ходе самостоятельного изучения и занятий по проведению проверочных самостоятельных и контрольных задач, основанных на знании теоретического материала.

**Лабораторные занятия** проводятся на лабораторных макетах лаборатории технической электродинамики кафедры РС и в компьютерном классе с использованием специализированных программных продуктов. Выполнение и защита лабораторных работ осуществляется в подгруппах. Защита лабораторных работ производится индивидуально как в устной, так и в письменной форме. Приветствуется оформление отчетов в электронном виде.

**Самостоятельная работа студентов** (аудиторная и внеаудиторная) включает подготовку самостоятельное изучение отдельных подразделов дисциплины, решение домашних задач, создание отчетов и подготовка к защите лабораторных работ.

*Методы активизации образовательной деятельности, применяемые в ходе преподавания дисциплин УМ «Электродинамика и распространение радиоволн»:*

<i>Название метода</i>	<i>Характеристика способа</i>
<i>методы ИТ</i>	- Internet-тестирование на сайте УМ «Электродинамика и распространение радиоволн» кафедры РС - Возможность сохранения в файле результатов выполнения практических занятий и лабораторного практикума - Возможность предоставления отчетов и решений задач для предварительной проверки по электронной почте
<i>работа в команде</i>	- реализуется в ходе выполнения и защиты лабораторных работ группами по 2-3 человека - реализуется при решении задач по отдельным разделам дисциплины с применением поисковой деятельности
<i>case-study</i>	- реализуется при решении задач по отдельным разделам дисциплины, когда теоретический материал пройден или изучался самостоятельно, а пример решения типовой задачи не рассматривался
<i>проблемное обучение</i>	Реализуется путем постановки задач, для решения которых теоретический материал должен быть изучен самостоятельно
<i>контекстное обучение</i>	Реализуется путем выстраивания логических связей между законами, явлениями в ходе их анализа
<i>междисциплинарное обучение</i>	Реализуется применением знаний, умений и навыков, приобретенных в ходе изучения Математики, Физики, Информатика, Пакеты математического моделирования
<i>опережающая самостоятельная работа</i>	Реализуется на лабораторных работах, график выполнения которых опережает график изложения теоретического материала

Методические рекомендации по организации изучения УМ с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий даются в Приложении А.

## **5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля**

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля:

**текущий** – регулярно в течение всего семестра;

**рубежный** – на девятой неделе семестра;

**семестровый** – по окончании изучения УМ.

Оценка качества освоения модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с положением от 25.3.2014Протокол УС № 18 «Об организации учебного процесса по образовательным программам высшего образования».

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (Приложение Б).

**6 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля** представлено картой учебно-методического обеспечения (Приложение В)

### **7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля**

#### **Программное обеспечение дисциплины**

1. Предустановленная операционная система Windows.
2. Интегрированный пакет OpenOffice (MicrosoftOffice).
3. Программное обеспечение поддержки лабораторного практикума и практических занятий.

#### **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для проведения лекционных занятий и аудиторной самостоятельной работы студентов (выступления с докладами, решение задач, проверочное тестирование) по дисциплине необходима аудитория, оборудованная проектором, экраном и компьютеры с операционной системой Windows, установленным на них интегрированным пакетом OpenOffice (MicrosoftOffice), выходом в сеть Internet.

Для проведения практических занятий требуется компьютерный класс с установленным пакетом Mathcadi выходом в сеть Internet.

Для проведения лабораторных занятий требуется лаборатория, оборудованная лабораторными макетами и компьютерный класс с выходом в сеть Internet.

Требуемые для проведения занятий по дисциплине инструментальные средства имеются в полном объеме в распоряжении кафедры РС.

Приложение А  
(обязательное)

**Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля  
«Электродинамика и распространение радиоволн»**

***Цели и задачи занятий:***

- дать представление о теоретическом содержании (лекции),
- познакомить с типовыми методиками анализа электродинамических систем (практические и лабораторные занятия),
- познакомить с методикой экспериментального исследования характеристик электродинамических систем (лабораторные занятия),
- развить навыки самостоятельной работы с теоретическим материалом (самостоятельная работа студента).

***Структура и содержание основных разделов:***

*УЭМ1 «Электродинамика»:*

1.1 Основные характеристики электромагнитного поля.

Векторы электромагнитного поля. Графическое изображение векторных полей. Закон Ома. Сторонние силы. Электромагнитные параметры среды. Намагниченность и поляризованность материальных сред. Виды сред.

1.2 Система уравнений электромагнитного поля.

Основные законы электромагнетизма. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме, их физический смысл. Граничные условия для векторов электромагнитного поля. Классификация электромагнитных явлений.

1.3 Общие свойства электромагнитного поля.

Закон сохранения заряда и уравнения непрерывности постоянного тока. Применение метода комплексных амплитуд. Комплексные проницаемости. Система уравнений монохроматического поля. Энергия электромагнитного поля. Уравнение баланса энергии электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга. Сторонние токи. Лемма Лоренца. Теорема взаимности.

1.4 Основные методы решения задач электродинамики.

Внутренние и внешние задачи электродинамики. Единственность решения задач электродинамики. Строгие и приближенные методы решения задач электродинамики.

1.5 Электромагнитные волны в материальных средах.

Волновой характер электромагнитного поля. Основные типы электромагнитных волн. Плоская электромагнитная волна. Поляризация электромагнитных волн. Распространение электромагнитного сигнала. Фазовая и групповая скорости.

Электромагнитные волны в однородных диспергирующих, анизотропных, нелинейных средах.

1.6 Электромагнитные волны в неоднородных средах.

Электромагнитные волны и лучи. Отражение и преломление электромагнитных волн на границе раздела сред. Законы Снеллиуса и формулы Френеля. Понятия углов Брюстера, полного внутреннего отражения.

1.7 Поля и волны в направляющих и колебательных системах.

Общие сведения о волнах в направляющих системах и полях в колебательных системах. Методы расчёта электромагнитных полей и характеристик направляемых волн и полей в колебательных системах.

1.8 Направляющие системы.

Полые волноводы прямоугольного и круглого сечения, диэлектрические волноводы, коаксиальные и полосковые линии, замедляющие системы: их параметры, характеристики и области применения.

#### 1.9 Колебательные системы.

Общие свойства объемного резонатора. Квазистатический резонатор, резонаторы на отрезках линий передач, диэлектрические резонаторы. Возбуждение резонаторов.

### *УЭМ2 «Распространение радиоволн»:*

#### 2.1 Расчет электромагнитного поля по заданным источникам.

Виды элементарных излучателей. Решение задачи о нахождении поля элементарных излучателей в свободном пространстве. Функция направленности, мощность и сопротивление излучения.

#### 2.2 Распространение радиоволн в свободном пространстве.

Уравнение идеальной радиосвязи для излучателей различного типа. Область пространства, существенная и минимальная при распространении радиоволн. Потери передачи при распространении радиоволн в свободном пространстве.

#### 2.3 Дифракция электромагнитных волн.

Методы решения задач дифракции электромагнитных волн на различных препятствиях простейшей формы.

#### 2.4 Радиотрассы и их модели.

Классификация радиоволн по диапазонам частот и способу распространения. Область границы раздела, существенная при отражении радиоволн. Модели радиотрасс.

#### 2.5 Распространение земных волн.

Влияние Земли на распространение радиоволн. Интерференционная формула Введенского. Учет сферичности земной поверхности при пользовании интерференционными формулами. Распространение радиоволн над неровной и неоднородной поверхностью Земли. Поле в зоне тени.

#### 2.6 Распространение тропосферных волн.

Состав и строение тропосферы. Диэлектрическая проницаемость и показатель преломления тропосферы. Методы измерения диэлектрической проницаемости тропосферы. Рефракция электромагнитных волн в тропосфере. Затухание радиоволн в тропосфере. Дальнее тропосферное распространение радиоволн.

#### 2.7 Распространение ионосферных волн.

Состав и строение ионосферы. Диэлектрическая проницаемость ионосферы без учета потерь. Диэлектрическая проницаемость и проводимость ионосферы с учетом потерь. Условия распространения радиоволн в ионосфере. Поглощение радиоволн и нелинейные явления в ионизированном газе. Распространение радиоволн в направлении постоянного магнитного поля. Распространение радиоволн в направлении, перпендикулярном к направлению постоянного магнитного поля. Методы исследования строения ионосферы.

#### 2.8 Особенности распространения волн различных частотных диапазонов.

Особенности распространения волн ОНЧ (СДВ), НЧ (ДВ), СЧ (СВ) диапазонов. Особенности распространения волн ВЧ (КВ) диапазона. Определение МПЧ и НПЧ. Особенности распространения волн ОВЧ, УВЧ, СВЧ (УКВ) и КВЧ диапазона на трассе Земля-Земля. Особенности распространения волн ОВЧ, УВЧ, СВЧ (УКВ) и КВЧ диапазона на космических радиоперелиниях. Особенности распространения волн оптического и инфракрасного диапазонов

#### 2.9 Особенности энергетического расчета радиоперелиний различных типов.

Энергетический расчет радиоперелиний различных типов. Модели и расчёт радиоперелиний мобильной связи вне зданий.

**Методы и средства проведения занятий:**

*Лекционные занятия* целесообразно проводить следующим образом: краткое повторения предыдущего материала; постановка цели и задач изучаемого раздела; ознакомление с основными понятиями и определениями; изложение нового материала; выводы по разделу и подведения итогов достижения цели занятий.

*Практические занятия* в основном строятся следующим образом:

- 50% аудиторного времени отводится на объяснение решения типовой задачи у доски;
- 40% аудиторного времени – самостоятельное решение индивидуальных задач студентами или коллективное выполнение упражнений;
- 10% аудиторного времени в конце текущего занятия – разбор типовых ошибок при решении ранее решенных и представленных в письменном виде задач.

При проведении учебных *лабораторных занятий* рекомендуется деление группы на подгруппы по 10 человек в каждой и выполнение лабораторных работ по бригадам по два человека в каждой.

Рекомендуется использование информационных технологий при организации коммуникации со студентами для представления информации, выдачи рекомендаций и консультирования по оперативным вопросам (электронная почта), использование средств мультимедиа при проведении занятий.

**Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля**

Для успешного усвоения дисциплины и использования полученных знаний, умений и навыков, развития способностей к дальнейшему самообучению от студентов требуется систематическая работа над теоретическим материалом (изучение изданий 1.2, указанных в карте учебно-методического обеспечения), проявление собственной инициативы по консультированию с преподавателем.

Преподавателю рекомендуется проводить систематический анализ предлагаемого к изучению материала непосредственно после прослушивания лекции и накануне следующего лекционного занятия в виде вопросов, побуждающих к активному общению и обсуждению возможных ответов.

**Методические рекомендации по практическим занятиям**

В ходе занятий следует кратко повторить основные теоретические положения, относящиеся к тематике решаемых задач, рассмотреть алгоритмы решения задач, аналогичных задачам контрольных работ.

На практических занятиях проводится контроль усвоения теоретического материала и контроль выполнения заданий аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы студентов.

**Методические рекомендации по лабораторным занятиям**

На лабораторных занятиях закрепляются знания, полученные на лекциях, и прививаются навыки самостоятельной исследовательской работы в области электродинамики и распространения радиоволн. Для успешного выполнения лабораторной работы студент должен знать: цель и содержание работы, схему лабораторной установки, методику измерений, характер ожидаемых результатов и физическую сущность исследуемых явлений.

*Требования к оформлению отчета по лабораторной работе:*

Содержание отчета:

1. Титульный лист
2. Цель работы.
3. Результаты расчётов и экспериментальных исследований.
4. Анализ и обоснование полученных результатов (выводы).

## Перечень вопросов к защите лабораторных работ

1. Определение электрических параметров диэлектриков волноводным методом.
2. Исследование высокочастотного коаксиального фидера.
3. Исследование волн в прямоугольном волноводе и полей в объемных резонаторах СВЧ.
4. Исследование периодических замедляющих систем.
5. Дифракция плоской электромагнитной волны на круговом цилиндре.
6. Дифракция электромагнитных волн на клине.
7. Определение области пространства существенной при распространении и отражении радиоволн.

### *Рекомендации по самостоятельной работе студента:*

Самостоятельная работа студентов включает решение задач, оформление отчетов и подготовку к защите лабораторных работ. Рекомендуется выполнять этот вид работы систематически, представлять результаты без задержек. Проявлять инициативу по консультированию с преподавателем.

*Требования к технике безопасности, если работа связана с использованием оборудования, энергоносителей, токсичных материалов;*

Требования по технике безопасности регламентируются инструкцией по охране труда для пользователей персональных ЭВМ №1 ИОТ и инструкцией по технике безопасности при выполнении работ в лабораториях кафедры РС.

## Перечень вопросов по проведению экзамена:

### **УЭМ1 «Электродинамика»**

1. Векторы электромагнитного поля, основные характеристики векторных полей. Основные законы электромагнетизма.
2. Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной форме для свободного пространства.
3. Электромагнитные параметры материальных сред, классификация сред в свете уравнений Максвелла.
4. Уравнения Максвелла для материальных сред. Граничные условия для векторов электромагнитного поля на границе раздела 2-х сред.
5. Виды электромагнитных явлений. Уравнения и свойства статических и стационарных полей.
6. Энергетические соотношения в электромагнитном поле. Уравнение баланса мощностей.
7. Основные строгие и приближенные методы решения внешних и внутренних задач электродинамики.
8. Волновые уравнения электромагнитного поля. Общие свойства волновых процессов.
9. Плоская однородная электромагнитная волна в однородной изотропной линейной среде: свойства, характеристики.
10. Электромагнитные волны в однородных анизотропных, нелинейных, диспергирующих средах: свойства, характеристики.
11. Плоские электромагнитные волны в неоднородных средах и на границе раздела сред, формулы Френеля, углы Брюстера и полного внутреннего отражения.
12. Классификация и характеристики направляемых волн. Типы направляющих систем.
13. Полые волноводы и диэлектрические волноводы: параметры, характеристики, области применения.
14. Линии передачи с волнами типа ТЕМ и линии передачи медленных волн: параметры, характеристики, области применения.

15. Колебательные системы СВЧ: виды, характеристики, возбуждение колебательных систем.

### **УЭМ2 Распространение радиоволн .**

1. Поля излучения элементарных излучателей в свободном пространстве, функция направленности, мощность и сопротивление излучения.
2. Уравнение идеальной радиосвязи для излучателей различного типа. Область пространства, существенная и минимальная при распространении радиоволн. Потери передачи при распространении радиоволн в свободном пространстве.
3. Методы решения задач дифракции электромагнитных волн на различных препятствиях простейшей формы, формулы Фока.
4. Классификация радиоволн по диапазонам частот, особенности распространения радиоволн в природных условиях, модели радиотрасс.
5. Влияние Земли на распространение радиоволн. Интерференционная формула, квадратичная формула Введенского, учет сферичности земной поверхности.
6. Распространение радиоволн над неровной и неоднородной поверхностью Земли. Поле в зоне тени.
7. Состав и строение тропосферы. Диэлектрическая проницаемость и показатель преломления тропосферы. Методы измерения диэлектрической проницаемости тропосферы.
8. Рефракция электромагнитных волн в тропосфере. Затухание радиоволн в тропосфере. Дальнее тропосферное распространение радиоволн.
9. Состав и строение ионосферы. Диэлектрическая проницаемость ионосферы без учета потерь. Диэлектрическая проницаемость и проводимость ионосферы с учетом потерь и магнитного поля Земли. Поглощение радиоволн и нелинейные явления в ионосфере.
10. Условия распространения радиоволн в ионосфере. Распространение радиоволн в направлении магнитного поля Земли. Распространение радиоволн в направлении, перпендикулярном к направлению магнитного поля Земли. Методы исследования строения ионосферы.
11. Особенности распространения волн ОНЧ (СДВ), НЧ (ДВ), СЧ (СВ), ВЧ (КВ) диапазона.
12. Особенности распространения волн ОВЧ (УКВ), УВЧ (УКВ), СВЧ (УКВ) и КВЧ диапазона на трассе Земля-Земля.
13. Особенности распространения волн ОВЧ (УКВ), УВЧ (УКВ), СВЧ (УКВ) и КВЧ диапазона на космических радиоперелиниях.
14. Особенности распространения волн оптического (инфракрасного и видимого) диапазонов.
15. Модели радиоперелиний мобильной связи вне зданий. Особенности энергетического расчета различных типов радиоперелиний.

Образец экзаменационного билета

**Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого**  
**Кафедра радиосистем**

**Экзаменационный билет № 1**

Дисциплина «Электродинамика и распространение радиоволн»

Для специальности (направления подготовки) 11.03.01 Радиотехника

ПРОФ Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

**1** Векторы электромагнитного поля, основные характеристики векторных полей.  
Основные законы электромагнетизма.

**2** Модели радиолиний мобильной связи вне зданий. Особенности энергетического расчета различных типов радиолиний.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Приложение Б  
(обязательное)

Технологическая карта

учебного модуля «Электродинамика и распространение радиоволн»

семестр 4 ;ЗЕТ 6; вид аттестации: экзамен; акад. часов 216; баллов рейтинга 300.

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ неде-ли сем.	Трудоемкость, акад. час					СРС	Форма текущего контроля успе-в. (в соотв. с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия							
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС				
<i>УЭМ1: Электродинамика.</i>		18	11	16	9*	45		124	
1.1 Основные характеристики электромагнитного поля.	1	2	3	-	1	5	Лек., лаб. раб.	12	
1.2 Система уравнений электромагнитного поля.	2	2	1	2	1	5	Лек., лаб. раб.	14	
1.3 Общие свойства электромагнитного поля.	3	2	1	2	1	5	Лек., лаб. раб.	14	
1.4 Основные методы решения задач электродинамики.	4	2	1	2	1	5	Лек., лаб. раб.	14	
1.5 Электромагнитные волны в материальных средах.	5	2	1	2	1	5	Лек., лаб. раб.	14	
1.6 Электромагнитные волны в неоднородных средах.	6	2	1	2	1	5	Лек., лаб. раб.	14	
1.7 Поля и волны в направляющих и колебательных системах.	7	2	1	2	1	5	Лек., лаб. раб.	14	
1.8 Направляющие системы.	8	2	1	2	1	5	Лек., лаб. раб.	14	
1.9 Колебательные системы.	9	2	1	2	1	5	Лек., лаб. раб.	14	
Рубежная аттестация (не менее 62 баллов из 124)									
<i>УЭМ2: Распространение радиоволн.</i>		18	15	12	9*	45	Лек., лаб. раб.	126	
2.1 Расчёт электромагнитного поля по заданным источникам.	10	2	1	2	1	5	Лек., лаб. раб.	14	
2.2 Распространение радиоволн в свободном пространстве.	11	2	1	2	1	5	Лек., лаб. раб.	14	
2.3 Дифракция электромагнитных волн.	12	2	1	2	1	5	Лек., лаб. раб.	14	
2.4 Радиотрассы и их модели.	13	2	1	2	1	5	Лек., лаб. раб.	14	
2.5 Распространение земных волн.	14	2	1	2	1	5	Лек., лаб. раб.	14	
2.6 Распространение тропосферных волн.	15	2	1	2	1	5	Лек., лаб. раб.	14	
2.7 Распространение ионосферных волн.	16	2	3	-	1	5	Лек., лаб. раб.	14	
2.8 Особенности распространения волн различных частотных диапазонов.	17	2	3	-	1	5	Лек., лаб. раб.	14	
2.9 Особенности энергетического расчета радиолиний различных типов.	18	2	3	-	1	5	Лек., лаб. раб.	14	
Экзамен	36							50	
Семестровая аттестация (не менее 150 баллов из 300)									
Итого:		36	26	28	18*	126		300	

\*) включено в число часов лекционных, практических и лабораторных занятий.

Критерии оценки качества освоения студентами модуля (в соответствии с Положением «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников» от 25.06.2013 № 32):

- оценка «удовлетворительно» – от 150 до 209 баллов
- оценка «хорошо» – от 210 до 269 баллов
- оценка «отлично» – от 270 до 300 баллов

Аттестация проводится на основании анализа следующих форм текущего контроля успеваемости (в соотв. с паспортом ФОС):

- посещаемости практических занятий,
- представлении отчета и результатов защиты (ответов на контрольные вопросы) лабораторных работ,

«Отлично» выставляется, если:

- студент овладел компетенцией (ПК-5),
- посещал все практические занятия,
- 90% лабораторных работ были сданы во время и защищены с оценкой не менее чем на 10 баллов (max 12 баллов)

«Хорошо» выставляется, если:

- студент овладел компетенцией (ПК-5),
- посещал основную часть практических занятий,
- 70% лабораторных работ были сданы во время и защищены с оценкой не менее чем на 9 балла (max 12 балла)

«Удовлетворительно» выставляется, если:

- если студент овладел компетенцией (ПК-5),
- пропускал практические занятия без уважительной причины
- 50% лабораторных работ были сданы во время и защищены с оценкой не менее чем на 6 балла (max 12 балла)

«Неудовлетворительно» выставляется, если:

- пропускал занятия без уважительной причины
- отчеты лабораторных работ и решения задач представлялись со значительными задержками
- защита лабораторных работ показала отсутствие знаний теоретического материала

Приложение В  
(обязательное)  
Паспорта компетенций

- Способность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей узлов и устройств радиотехнических систем (ПК-5)

Уро вни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
<b>Повышенный</b>	<b>Знание:</b> - этапов проектирования деталей, узлов, устройств; - перечня исходных данных, требуемых для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств на каждом этапе проектирования; - методики расчета и методы проектирования деталей, узлов, устройств; - особенностей функционирования и специфику эксплуатации проектируемых деталей, узлов и устройств.	Знает этапы проектирования и перечень исходных данных, требуемых для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств. Демонстрирует способность к объяснению методов расчета деталей, узлов и устройств. Испытывает трудности при объяснении особенностей функционирования и специфики эксплуатации деталей, узлов и устройств.	Знает этапы проектирования и перечень исходных данных, требуемых для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств. Может объяснить сущность методов расчета деталей, узлов и устройств. Демонстрирует способность объяснения особенностей функционирования и специфики эксплуатации деталей, узлов и устройств.	Знает этапы проектирования и перечень исходных данных, требуемых для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств. Уверенно объясняет сущность методов расчета деталей, узлов и устройств. Способен самостоятельно выбирать методики расчета и проектирования. Четко объясняет особенности функционирования и специфику эксплуатации деталей, узлов и устройств.
	<b>Умение:</b> определять перечень и диапазон значения параметров деталей, узлов и устройств, требуемых для их расчета и проектирования с учетом специфики их функционирования и эксплуатации	Испытывает трудности с определением перечня и диапазона значения параметров деталей, узлов и устройств, требуемых для их расчета и проектирования с учетом специфики их функционирования и эксплуатации	Демонстрирует способность правильно определять диапазон значений параметров проектируемых деталей, узлов и устройств с учетом специфики их функционирования и эксплуатации.	Умеет правильно определять диапазон значений параметров проектируемых деталей, узлов и устройств с учетом специфики их функционирования и эксплуатации.
	<b>Владение:</b> методами анализа исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов, устройств	Испытывает трудности при выборе метода анализа исходных данных средствами вычислительной техники. Способен провести анализ исходных данных, в том числе и статистический.	Демонстрирует способность использовать средства вычислительной техники при проведении анализа исходных данных, в том числе и статистического.	Способен самостоятельно выбирать и использовать программные средства и методы анализа исходных данных.

**Приложение В**  
**(обязательное)**  
**Карта учебно-методического обеспечения**

**Модуля** «Электродинамика и распространение радиоволн»

Направление (специальность) 11.03.01 «Радиотехника»

Формы обучения дневная

Курс 2 Семестр 4

Часов: всего 216, лекций 36, ПЗ26, ЛР28, СРС 18

Обеспечивающая кафедра РС

Таблица 1- Обеспечение модуля учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн : Учеб. для студентов вузов. - 2-е изд., испр. - М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – 558 с.	7	
Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. Горячая линия – Телеком, – 2007. – 558с.-[2003г.]	8	
Электродинамика и распространение радиоволн. Ч. 2 : Распространение радиоволн / сост. Е. В. Петров ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2006. - 35 с.	40	
Электродинамика и распространение радиоволн [электронный ресурс]: Методические указания по лаб. раб. / Сост. Петров Е.В.; НовГУ имени Ярослава Мудрого. – В.- Новгород, 2011. - 36с. Режим доступа: <a href="https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-259">https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-259</a>		
Учебно-методические издания		
1 Электродинамика и распространение радиоволн [электронный ресурс]: рабочая программа учебного модуля для направления 11.03.01 – «Радиотехника» /Сост. Е.В.Петров; НовГУ имени Ярослава Мудрого. – В.Новгород, 2017. – 18 с. Режим доступа: <a href="http://novsu.ru">http://novsu.ru</a> .		
3 Электродинамика и распространение радиоволн. Часть 2- Распространение радиоволн [электронный ресурс]:: Методические указания по лаб. раб. / Петров Е.В.; НовГУ. - Новгород, 2011. - 24с. Режим доступа: <a href="https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-260">https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-260</a>		

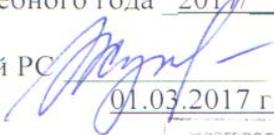
Таблица 2 – Информационное обеспечение модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
<u>Википедия</u> – Internet ресурс, дающий наиболее достоверную информацию по запросам	www.wikipedia.org	
Лекции - Электродинамика и распространение радиоволн <i>DOC</i> Лекции по электродинамике <i>DOC</i>	http://www.twirpx.com/files/equipment/emfw/	
Методика энергетического расчета загоризонтной линии радиосвязи. Программа расчета характеристик линий загоризонтной связи на ЭВМ	http://antsysnet.ru/wp-content/uploads/2011/02/Methodika_energeticheskogo_rascheta.pdf	электронная версия на каф. РС
Электродинамика и распространение радиоволн (распространение радиоволн): Л.Я.Родос, учебное пособие; СЗТУ, 2007	http://www.twirpx.com/	электронная версия на каф. РС
Информационная система «Спектроскопия атмосферных газов»	http://spectra.iao.ru	

Таблица 3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Григорьев А.Д. Электродинамика и микроволновая техника : учеб. для вузов / А. Д. Григорьев. - 2-е изд., доп. - СПб.: Лань, 2007. – 703 с.	5	
Техническая электродинамика [электронный ресурс]: учебное пособие» /Сост. М.И.Бичурин, В.М. Петров, О.Г.Фомин.; НовГУ имени Ярослава Мудрого. - Новгород, 2007. - 160с. Режим доступа: <a href="https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-422">https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-422</a>		

Действительно для учебного года 2017/ 2018

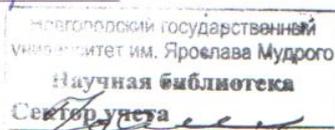
Заведующий кафедрой РС  Жукова И.Н.

01.03.2017 г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ:

мл. Библиотека



Каминина А.А.