

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы специалитета  
по специальности  
23.05.05 Системы обеспечения движения поездов,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Антенны и распространение радиоволн**

Специальность: 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

Специализация: Радиотехнические системы на железнодорожном транспорте

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде электронного документа выгружена из единой корпоративной информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 2017  
Подписал: заместитель руководителя Ефимова Ольга Владимировна  
Дата: 27.06.2024

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью преподавания дисциплины является подготовка специалистов в области создания и обеспечения функционирования антенно-фидерных устройств в системах радиосвязи с учётом особенностей распространения радиоволн различных диапазонов и с учётом влияния подстилающей поверхности, тропосферы и ионосферы.

Задачами дисциплины является изучение:

- основных типов фидерных линий и элементов фидерного тракта;
- основных конструкций и параметров передающих и приёмных антенн,
- распространения радиоволн в свободном пр

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ПК-10** - Способен разрабатывать, проектировать и эффективно применять на железнодорожном транспорте устройства аналоговой и цифровой радиосвязи;

**ПК-15** - Способен применять в практической деятельности пакеты прикладных программ для моделирования радиотехнических систем и беспроводных сетей связи.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

### **Знать:**

- основные положения распространения радиоволн для решения профессиональных задач;
- особенности распространения радиоволн в свободном пространстве и в атмосфере, результаты их взаимодействия с различными видами земной поверхности, основные типы антенных приёмо-передающих систем.

### **Уметь:**

- формулировать задачи, планировать и проводить исследования, в том числе эксперименты и математическое моделирование, объектов, явлений и процессов телекоммуникационных систем, включая обработку и оценку достоверности их результатов;
- оценивать влияние среды распространения и используемых антенн.

### **Владеть:**

- основными методами расчёта и математического моделирования, параметров и характеристик антенно-фидерных устройств систем радиосвязи;

- понятийным и математическим аппаратом описания физики излучения и распространения радиоволн с учётом использования конкретных антенных систем.

### 3. Объем дисциплины (модуля).

#### 3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №8
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	56	56
В том числе:		
Занятия лекционного типа	28	28
Занятия семинарского типа	28	28

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 88 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

### 4. Содержание дисциплины (модуля).

#### 4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Распространение радиоволн в нейтральной атмосфере и в свободном пространстве/ Особенности распространение радиоволн в нейтральной атмосфере и в свободном пространстве. Уравнения Максвелла. Решение для распространяющейся электромагнитной волны.
2	Распространение радиоволн в ионосфере и иных проводящих средах. Решение системы дифференциальных уравнений Максвелла для проводящей среды. Особенности распространения радиоволн в ионосфере.
3	Область пространства, существенная для распространении радиоволн. Принципы Гюйгенса-Френеля, позволяющие оценить форму и размеры области пространства, существенной для распространении радиоволн.
4	Основные характеристики антенн. Способы создания направленного радиоизлучения. Основные характеристики приёмных и передающих антенн. Вибратор Герца. Способы создания направленного радиоизлучения с помощью антенных систем.
5	Коэффициент отражения радиоволн от земной поверхности. Изменчивость коэффициента отражения радиоволн от земной поверхности в зависимости от поляризации падающего радиоизлучения и от угла падения. Влияние шероховатости поверхности на отражение радиоволн - критерий Релея.
6	Распространение радиоволн в случае антенн, приподнятых над земной поверхностью. Формула Введенского. Исследование радиотрассы, приподнятой над плоской поверхностью (Землей), с точки зрения оценки влияния вида используемой поляризации и свойств отражающей поверхности. Формула Введенского и особенности ее использования для оценки величины принимаемого радиосигнала.
7	Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. Исследуемая радиотрасса проходит на высоте менее длины волны; условия Леонтовича; формула Шулейкина-Ван-дер-Поля; распространение радиоволн вдоль неоднородной поверхности.
8	Особенности распространения радиоволн в тропосфере. Коэффициент диэлектрической проницаемости для нейтральной земной атмосферы. Влияние параметров тропосферы на рефракцию радиоволн. Виды тропосферной рефракции.
9	Дальнее распространение радиоволн, обусловленное рассеянием на турбулентных неоднородностях. Структура турбулентных неоднородностей коэффициента преломления в земной тропосферы. Трассы наклонного тропосферного распространения: основные требования к параметрам радиоканала.
10	Диэлектрическая проницаемость ионосферы без учета геомагнитного поля. Ионосферная рефракция радиоволн. Вывод и оценка изменчивости коэффициента диэлектрической проницаемости в ионосферы без учета геомагнитного поля. Особенности ионосферной рефракции радиоволн в зависимости от используемой частоты и угла наклона излучения.
11	Коэффициент преломления ионосферы с учетом геомагнитного поля. Эффект Фарадея. Исследование изменчивости коэффициента преломления ионосферы с учетом геомагнитного поля. Обыкновенная и необыкновенная волны. Квазипродольное и квазипоперечное распространение. Влияние ионосферы на поляризацию распространяющейся радиоволны - эффект Фарадея.
12	Зондирование ионосферы. ВЧХ. Теоремы эквивалентности. Методы и аппаратура для радиозондирования ионосферы. Получение и исследование высотно-

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	частотных характеристик (ВЧХ) сигнала, отраженного от различных ионосферных слоёв. Первая и вторая теоремы эквивалентности.
13	Особенности распространения радиоволн различных диапазонов в различных условиях. Особенности антенн, используемых в различных радиодиапазонах. Изучение особенностей распространения радиоволн различных диапазонов (ДВ, СВ, КВ, УКВ) в различных условиях для земных радиотрасс.

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Пассивные устройства Пассивные устройства на основе линий передачи. Исследование ферритовых вентилях и циркуляторов.
2	Пассивные устройства Пассивные устройства на основе линий передачи. Исследование объемного резонатора.
3	Линейные антенны. Исследование диэлектрических антенн.
4	Апертурные антенны. Исследование диаграммы направленности параболической антенны по измерениям поля в дальней и ближней зонах.

### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Регулярные линии передачи. Основные теоретические сведения и расчетные соотношения. Двухпроводные линии передачи. Коаксиальные линии передачи. Полосковые линии передачи. Волноводы прямоугольного сечения. Волноводы круглого сечения.
2	Линии передачи конечной длины. Согласование. Основные теоретические сведения и расчетные соотношения/ Нагруженные отрезки фидеров. Узкополосное и широкополосное согласование.
3	Параметры передающих и приемных антенн. Основные теоретические сведения и расчетные соотношения. Передающая антенна. Приемная антенна. Электрически малые (элементарные) излучатели.
4	Линейные антенны. Основные теоретические сведения и расчетные соотношения. Симметричный электрический вибратор. Линейная щелевая антенна. Вертикальный заземленный вибратор. Рамочные антенны. Линейные непрерывные системы. Цилиндрическая и коническая спиральные антенны. Диэлектрические стержневые антенны.
5	Апертурные антенны. Основные теоретические сведения и расчетные соотношения. Плоские излучающие раскрыты. Волноводные излучатели и рупорные антенны. Зеркальные антенны. Линзовые антенны.
6	Антенные решетки. Основные теоретические сведения и расчетные соотношения. Теорема о перемножении диаграмм

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	направленности. Система из двух вибраторов. Линейные эквидистантные решетки. Директорные и логопериодические антенны. Волноводные щелевые антенные решетки. Плоские решетки.

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Работа со справочной и специальной литературой.
2	Работа с лекционным материалом.
3	Подготовка к практическим занятиям.
4	Подготовка к лабораторным работам.
5	Выполнение курсовой работы.
6	Подготовка к промежуточной аттестации.
7	Подготовка к текущему контролю.

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

Задание на курсовую работу.

Спутник находится на геостационарной орбите и используется как ретранслятор для телевизионного вещания.

Спроектировать приемную наземную антенну в сантиметровом диапазоне радиоволн.

Исходные данные для проектирования:

несущая частота передаваемого сигнала ?  $f_0 = 11727$  МГц (в зависимости от варианта);

мощность передатчика –  $P_1 = 85$  Вт (в зависимости от варианта);

коэффициент усиления бортовой передающей антенны –  $G_1 = 37$  дБ = 5012раз (в зависимости от варианта);

мощность на входе малошумящего приемного устройства –  $P_2 = -110$  дБВт (в зависимости от варианта);

Коэффициенты полезного действия фидеров на приеме и передаче положить равными 1.

Протяженность радиолинии Земля – ИСЗ составляют 41700 км (в зависимости от варианта).

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1637-0.	Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/50680">https://e.lanbook.com/book/50680</a> (дата обращения: 27.06.2024).
2	Антенны : учебное пособие / Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов, А. В. Рябов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-1968-5.	Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/72576">https://e.lanbook.com/book/72576</a> (дата обращения: 27.06.2024)
3	Устройства СВЧ и антенны / Филонов А.А., Фомин А.Н., Дмитриев Д.Д. - Краснояр.:СФУ, 2014. - 492 с.: ISBN 978-5-7638-3107-8.	Текст : электронный. - URL: <a href="https://znanium.ru/catalog/product/505864">https://znanium.ru/catalog/product/505864</a> (дата обращения: 27.06.2024).

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Информационный портал Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru));

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.ru>);

Поисковые системы «Яндекс», «Google» для доступа к тематическим информационным ресурсам;

Электронно-библиотечная система издательства «Лань» (<http://e.lanbook.com/>);

Электронно-библиотечная система «Intermedia» (<http://www.intermediapublishing.ru/>);

Электронно-библиотечная система «BOOK.ru» (<http://www.book.ru/>);

Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM»— <http://www.znanium.com/>

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

1. Программное обеспечение для выполнения практических заданий включает в себя специализированное прикладное программное обеспечение MathCad, а также программные продукты общего применения

2. Программное обеспечение для проведения лекций, демонстрации презентаций и ведения интерактивных занятий: Microsoft Office 2003 и выше.

3. Программное обеспечение, необходимое для оформления отчетов и иной документации: Microsoft Office 2003 и выше.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Для проведения аудиторных занятий и самостоятельной работы требуется:

1. Рабочее место преподавателя с персональным компьютером, подключённым к сети INTERNET.

2. Специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой и интерактивной доской.

3. Компьютерный класс. Рабочие места студентов в компьютерном классе, подключённые к сети INTERNET

4. Для проведения практических занятий: компьютерный класс; компьютеры.

Технические требования к оборудованию для осуществления учебного процесса с использованием дистанционных образовательных технологий:

колонки, наушники или встроенный динамик (для участия в аудиоконференции);

микрофон или гарнитура (для участия в аудиоконференции);

веб-камеры (для участия в видеоконференции);

для ведущего: компьютер с процессором Intel Core 2 Duo от 2 ГГц (или аналог) и выше, от 2 Гб свободной оперативной памяти.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 8 семестре.

Курсовая работа в 8 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).



Авторы:

А.В. Косенко

Согласовано:

Директор

О.Н. Покусаев

Заместитель руководителя

О.В. Ефимова

Председатель учебно-методической  
комиссии

Д.В. Паринов