

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1151250	Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Инфокоммуникационные технологии и системы связи	<b>Код ОП</b> 1. 11.03.02/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Инфокоммуникационные технологии и системы связи	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 11.03.02

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Абдуллин Ренат Рашидович	кандидат технических наук, без ученого звания	Старший преподаватель	Департамент радиоэлектроники и связи
2	Саблина Наталья Григорьевна	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	Департамент радиоэлектроники и связи

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Дисциплина-модуль посвящен изучению основных принципов работы антенно-фидерных устройств систем подвижной связи, методов расчета трасс распространения радиоволн, проектированию антенных систем подвижных объектов, базовых станций, спутниковых систем. Целью освоения дисциплины-модуля является изучение основных методов расчета и принципов конструирования современных антенн и трактов СВЧ систем подвижной радиосвязи, а также способов определения напряженности электромагнитного поля с учетом особенностей распространения радиоволн. В результате изучения дисциплины-модуля студенты должны: знать особенности распространения радиоволн различных частотных диапазонов и рассчитывать напряженность поля в месте приема, параметры, характеризующие свойства антенн, и требования к антеннам различного назначения; уметь для заданного диапазона частот определять наиболее целесообразный тип радиолинии и проводить расчет ее энергетического баланса, выбирать необходимый тип антенны и схему ее питания; владеть методиками расчета и измерения основных характеристик антенн и элементов тракта СВЧ. Перед началом изучения дисциплины-модуля необходимо освоить курсы «Электромагнитные поля и волны», «Теория электрических цепей», соответствующие разделы математики и физики.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства	3
ИТОГО по модулю:		3

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Теория связи
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
---------------------------	--------------------------------	--

1	2	3
<p>Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства</p>	<p>ОПК-2 - Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p>	<p>З-1 - Привести примеры использования методов моделирования и математического анализа в решении задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Обоснованно выбрать возможные методы моделирования и математического анализа для предложенных задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Выбирать пакеты прикладных программ для использования их в моделировании при решении поставленных задач в области профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Решать поставленные задачи, относящиеся к области профессиональной деятельности, используя освоенные за время обучения пакеты прикладных программ для моделирования и математического анализа</p> <p>Д-1 - Способность к самообразованию, к самостоятельному освоению новых методов математического анализа и моделирования</p>
	<p>ПК-4 - Способен осуществлять проектирование сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ</p>	<p>З-3 - Изложить принципы системного подхода в проектировании систем связи (телекоммуникаций)</p> <p>З-5 - Сделать обзор современных технических решений создания объектов и систем связи (телекоммуникационных систем) и ее компонентов, новейшее оборудование и программное обеспечение</p> <p>З-9 - Характеризовать методы анализа качественных показателей работы сетей связи на основе данных статистики и радиоизмерений</p> <p>У-2 - Использовать современные информационно-коммуникационные технологии, в том числе специализированное программное обеспечение для решения задач проектирования и проведения расчетов</p> <p>У-5 - Обосновать выбор информационных технологий, предварительных технических решений по объекту, системе связи (телекоммуникационной системе) и ее</p>

		<p>компонентам, оборудования и программного обеспечения</p> <p>У-9 - Анализировать показатели текущего состояния сети</p> <p>У-10 - Оценивать потребности в изменении емкости и конфигурации антенно-фидерных устройств базовых станций связи</p> <p>П-6 - Разрабатывать технические решения по объекту, системе связи (телекоммуникационной системе) и ее компонентам</p>
--	--	--

### **1.5. Форма обучения**

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной и заочной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Распространение радиоволн и антенно-  
фидерные устройства**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Абдуллин Ренат Рашидович	кандидат технических наук	Доцент	Департамент радиоэлектроники и связи

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Радиоэлектроники и информационных технологий - РТФ**

Протокол № 7 от 11.10.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- С применением электронного обучения на основе электронных учебных курсов, размещенных на LMS-платформах УрФУ
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Электрические параметры передающих антенн	Диаграмма направленности. Поляризация диаграмма. Главная и паразитная составляющие. Фазовая диаграмма. Фазовый центр антенны. Коэффициент направленного действия, коэффициент усиления, коэффициент полезного действия. Входное сопротивление антенны. Предельная мощность. Полоса рабочих частот.
2	Основные типы слабонаправленных антенн	Симметричный электрический вибратор. Диаграмма направленности и КНД. Сопротивление излучения и входное сопротивление. Диапазонные свойства. Подходы к строгому решению задачи об электрическом вибраторе. Способы подведения питания к симметричному вибратору. Симметрирующие устройства. Несимметричный электрический вибратор Модификации электрических вибраторов. Вибратор Пистолькорса. Рамочные антенны. Компьютерное проектирование проволочных антенн. Щелевые вибраторы. Поле излучения и способы питания и согласования.
3	Связанные вибраторы	Поле излучения двух параллельных вибраторов. Влияние на диаграмму направленности соотношения амплитуд и фаз токов. Расчет взаимных сопротивлений. Пассивный вибратор. Настройка в режимы директора и рефлектора.
4	Методы получения узких диаграмм направленности	Линейная антенная решетка. Множитель системы. Влияние амплитудно-фазового распределения на диаграмму направленности. Входное сопротивление элемента антенной решетки. Коэффициент направленного действия линейной

		антенны. Понятие непрерывного линейного излучателя. Кольцевые антенные решетки. Плоские антенные решетки. Фазированные антенные решетки. Неэквидистантные решетки. Излучение возбужденных поверхностей. Диаграммы направленности прямоугольных и круглых раскрытов с синфазным равноамплитудным возбуждением. Влияние амплитудно-фазового распределения на диаграмму направленности. Коэффициент использования поверхности. Коэффициент направленного действия.
5	Основные типы направленных антенн	Директорные антенны. Спиральные антенны. Диэлектрические антенны. Рупорные антенны. Конструкция, принцип работы, расчет основных характеристик.
6	Антенны с высокой направленностью	Зеркальные антенны. Многоэлементные антенны.
7	Распространение радиоволн в свободном пространстве	Модель распространения радиоволн в свободном пространстве. Мощность на входе приемника (формула идеальной радиосвязи). Факторы, влияющие на распространение радиоволн в реальных условиях. Область пространства, существенная для процесса передачи электромагнитной энергии от передающей антенны к приемной.
8	Распространение радиоволн с учетом земной поверхности	Учет влияния земной поверхности. Интерференционные формулы в приближении плоской Земли и пределы их применимости. Учет влияния неровностей местности. Критерий Рэлея. Учет влияния сферичности Земли в случае антенн, расположенных в пределах прямой видимости. Дифракционные формулы для случая расположения приемной антенны в зоне тени или полутени.
9	Влияние атмосферы Земли на распространение радиоволн	Строение атмосферы и ее электродинамические характеристики. Метод учета влияния рефракции радиоволн в атмосфере. Затухание радиоволн в атмосфере и гидрометеорах. Строение ионосферы и ее электродинамические характеристики. Методы учета влияния ионосферы на распространение радиоволн.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская профориентационная	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ОПК-2 - Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического	Д-1 - Способность к самообразованию, к самостоятельному освоению новых методов математического анализа и



	деятельность целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология самостоятельной работы	анализа	моделирования
		Технология анализа образовательных задач	ПК-4 - Способен осуществлять проектирование сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ	У-2 - Использовать современные информационно-коммуникационные технологии, в том числе специализированное программное обеспечение для решения задач проектирования и проведения расчетов

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Замотринский, В. А.; Устройства СВЧ и антенны : учебное пособие. 1. Устройства СВЧ; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208566> (Электронное издание)
2. Гошин, Г. Г.; Устройства СВЧ и антенны : учебное пособие. 2. Антенны; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208588> (Электронное издание)
3. Боков, Л. А.; Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2013; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208611> (Электронное издание)
4. Жуков, В. М.; Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства систем радиосвязи : учебное пособие.; Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), Тамбов; 2013; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277944> (Электронное издание)
5. Буянов, Ю. И.; Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства : учебное пособие.; ТУСУР, Томск; 2013; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480512> (Электронное издание)
6. Андрусевич, Л. К.; Антенны и распространение радиоволн : учебное пособие для спо.; Профобразование, Саратов; 2021; <http://www.iprbookshop.ru/106609.html> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. , Воскресенский, Д. И., Гостюхин, В. Л., Грановская, Р. А., Степаненко, В. И., Филиппов, В. С.; Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Радиотехника".; Радиотехника, Москва; 2003 (52 экз.)
2. Воскресенский, Д. И., Бакулев, П. А.; Антенны с обработкой сигнала : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов 654200 "Радиотехника".; САЙНС-ПРЕСС, Москва; 2002 (16 экз.)
3. , Ерохин, Г. А., Чернов, О. В., Козырев, Н. Д., Кочержевский, В. Д.; Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности 2011 (Радиовещание, радиосвязь, телевидение.; Горячая линия - Телеком, Москва; 2007 (21 экз.)
4. Сазонов, Д. М.; Антенны и устройства СВЧ : Учебник для вузов по спец. "Радиотехника".; Высш. шк., Москва; 1988 (64 экз.)
5. Шабунин, С. Н., Лесная, Л. Л.; Распространение радиоволн в мобильной связи : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 210300 - Радиотехника.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2009 (41 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

Антенные системы телекоммуникационных систем <https://elearn.urfu.ru/enrol/index.php?id=5498>

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

Проектирование высокочастотных устройств и антенных систем  
<https://elearn.urfu.ru/enrol/index.php?id=1007>

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Подключение к сети Интернет	
2	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acadmс</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>