

**РП СФОРМИРОВАНА,
СОГЛАСОВАНА
И УТВЕРЖДЕНА В ЭИОС**

УТВЕРЖДАЮ /А.Н. Дедов/
(Ф.И.О. декана (директора института))

Б.1.2.5 Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Бакалавр

Интеллектуальные телекоммуникационные системы и сети

Распределение учебного времени

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Программу составили:

доцент с ученой степенью кандидата наук	РТиС	СОГЛАСОВАНО	В.В. Павлов
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина
Кафедра радиотехники и связи

08.02.2021	протокол №	21	(наименование кафедры)
(дата)			
Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.В. Рябова	
		(И.О. Фамилия)	

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)
кафедрой(ами).
СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.В. Рябова
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит
выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.Н. Дедов
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Пашукова Светлана Геннадьевна, Директор филиала в РМЭ ПАО "Ростелеком"

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 01.07.2021 г.
Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ПК-3 Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств инфокоммуникаций, использованию и внедрению результатов исследований	ИД ПК-3.1 Знает основы сетевых технологий, нормативно-техническую документацию, требования технических регламентов, международные и национальные стандарты в области качественных показателей работы инфокоммуникационно	знания: Знает основы сетевых технологий, нормативно-техническую документацию, требования технических регламентов, международные и национальные стандарты в области качественных показателей работы инфокоммуникационного оборудования умения: навыки:
	ИД ПК-3.2 Умеет работать с программным обеспечением, используемым при обработке информации инфокоммуникационных систем и их составляющих	знания: умения: Умеет работать с программным обеспечением, используемым при обработке информации инфокоммуникационных систем и их составляющих навыки:
	ИД ПК-3.3 Владеет навыками анализа оперативной информации о запланированных и аварийных работах, связанных с прерыванием предоставления услуг, контроля качества предоставляемых услуг	знания: умения: навыки: Владеет навыками анализа оперативной информации о запланированных и аварийных работах, связанных с прерыванием предоставления услуг, контроля качества предоставляемых услуг

Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Электропитание устройств и систем телекоммуникаций (ПК-3), Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы (ПК-3), Аналоговая схемотехника (ПК-

3)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Радиопередающие устройства (ПК-3), Радиоприемные устройства (ПК-3), Оптические технологии связи (ПК-3); практиках: Производственная практика. Технологическая (проектно-технологическая) практика (ПК-3); государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ПК-3)

Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: имитационное моделирование, исследовательские, лекционные занятия, практические и лабораторные занятия

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, информационные, классическая лекция

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Распространение радиоволн	36	ПК-3
Лекция. Распространение радиоволн: механизмы распространения радиоволн. Траектория радиоволн в ионосфере	6	
Лабораторная работа. Лабораторная работа, экспериментальное измерение, обработка экспериментальных данных, оформление отчета.	6	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Проработка теоретического материала (самостоятельная работа). 1). Распространение УКВ на наземных радиоперелиниях. 2). Распространение УКВ на космических радиоперелиниях. 3). Распространение коротких волн. 4). Особенности распространения средних волн.	24	
Иная контактная работа:	0	

7 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Антенно-фидерные устройства	74	ПК-3
Лабораторная работа. Лабораторная работа, экспериментальное измерение, обработка экспериментальных данных, оформление отчета.	6	

Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение курсового проекта/работы	
1.Проработка теоретического материала (самостоятельная работа).	
1). Антенно-фидерные устройства: параметры, характеризующие направленные и поляризационные свойства передающих антенн. Векторная комплексная диаграмма направленности антенны.	
2). Теория симметричных вибраторов.	
3). Основы теории приемных антенн, основные электрические характеристики приемных антенн.	
4). Методы получения узких диаграмм направленности, зеркальные параболические антенны.	
5). Типы антенных устройств УКВ диапазона. Особенности антенн УКВ диапазона.	
6). Антенны для телевидения, радиорелейных линий и космической радиосвязи.	
7). Антенны базовых станций и абонентских терминалов систем подвижной радиосвязи.	
8). Антенные решетки с управляемой диаграммой направленности. SMART-антенны. Цифровые антенные решетки (ЦАР).	
9). Антенны коротких волн, фидерные тракты. Простые КВ антенны. Синфазные горизонтальные диапазонные антенны.	
10). Антенны средних и длинных волн, фидерные тракты.	
11). Вопросы миниатюризации антенн. Активная передающая антенна. Активная приемно-передающая антенна.	
12). Проблемы электромагнитной совместимости. Параметры антенн, определяющие электромагнитную совместимость.	
2. Выполнение курсовой работы. Моделирование, оптимизация, обработка полученных результатов, расчет и оформление отчета (самостоятельная работа).	68
выполнение курсового проекта/работы	34
Иная контактная работа: дифференцированный зачет (БРК), защита курсового проекта/работы	0
Подготовка к экзамену	30
Проведение экзамена	6

Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины "Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства" рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

Занятия лекционного типа дают систематизированные знания по дисциплине "Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства", концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации.

Подготовка к **занятиям семинарского типа** включает ознакомление с планом

лабораторного занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины "Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства".

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины "Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства", оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа осуществляется в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины "Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства", к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Изучение дисциплины "Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства" включает выполнение курсовой работы.

Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине "Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства" является дифференцированный зачет по курсовой работе и экзамен.

Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ		
1.	Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн [Текст] : [учеб. для студентов вузов по специальности 2011 "Радиосвязь, радиовещание, телевидение"] / Г. А. Ерохин, О. В. Чернышев, Н. Д. Козырев, В. Г. Кочержевский ; под ред. Г. А. Ерохина. 2-е изд. М.: Горячая линия - Телеком, 2004. - 491 с. ISBN 5-93517-092-2. Экземпляры: всего 24.	24
2.	Антенно-фидерные устройства систем сухопутной подвижной радиосвязи [Текст] / [А.Л.Бузов,Л.С.Казанский,В.А.Романов,Ю.М.Сподобаев]; Под ред.А.Л.Бузова. М.: Радио и связь, 1997. - 150 с. ISBN 5-256-01375-0. Экземпляры: всего 5.	5
3.	Гончаренко, Игорь Викторович. Антенны КВ и УКВ [Текст] . Ч. 1 : Компьютерное моделирование MMANA, 2004. - 125 с. ISBN 5-93037-119-9. Экземпляры: всего 5.	5
4.	Гончаренко, Игорь Викторович. Антенны КВ и УКВ	5

	[Текст] . Ч. 3 : Простые КВ антенны, 2006. - 285 с. ISBN 5-93037-149-0. Экземпляры: всего 5.	
5.	Широкополосные беспроводные сети передачи информации [Текст] / В. М. Вишневский, А. И. Ляхов, С. Л. Портной, И. В. Шахнович ; РАН, Ин-т проблем передачи информ. М.: Техносфера, 2005. - 591 с. ISBN 5-94836-049-0. Экземпляры: всего 5.	5
6.	Зырянов, Ю. Т. Антенны [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Зырянов Ю. Т., Федюнин П. А., Белоусов О. А., Рябов А. В., Головченко Е. В.; Зырянов Ю. Т., Федюнин П. А., Рябов А. В., Головченко Е. В. 6-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 412 с. ISBN 978-5-507-48175-0.	https://e.lanbook.com/book/343235
7.	Муромцев, Д. Ю. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс] / Муромцев Д. Ю., Зырянов Ю. Т., Федюнин П. А., Белоусов О. А. 2-е изд., доп. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 448 с. ISBN 978-5-8114-1637-0.	https://e.lanbook.com/book/211646

6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	408 (III)	ИЗМЕРИТ.КСВ РК247 (1), Измеритель комплексных коэффициентов P4-37 (1), Комплект пробников с опцией HZ -16 (1), Лабораторная установка"Исслед. рупорных (1), Лабораторная установка"Исслед. линейной (1), Лабораторная установка"Исслед.зеркальной (1), Лабораторная установка"Исслед.характерис (2), Лабораторная установка"Исследование вход (1), Мобильный антенный комплекс Diamond WD330 (1), Мультиметр APPA (1), Ноутбук Samsung NP -RF 511-S02RU 15,6" (1), Осциллограф DS-1150 С 2 кан. 150 МГц цвет. цифр. с прогр. обеспеч. и доп. порт (1), Осциллограф двухканальный PCSU100 (1), ПК S404,2 400W/Intel Core i3 540/клав.,мышь,монит. 21,5" VA2248-LED (1), Портативный анализатор спектра с опциями FSH-K1, FSH-K3 (1), ПРИБОР P2-86 (1), Широкополосная рамочная приёмная антенна (1), Комплект учебной	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач

Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ	отлично

7.1. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

1. Волна, распространяющаяся вдоль границы раздела воздух – земная поверхность, называется
 - а. поверхностной
 - б. пространственной
 - в. рассеянной

г. прямой

2. Чем выше частота волны,

а. тем большая электронная плотность нужна для ее отражения от ионосферы

б. тем меньшая электронная плотность нужна для ее отражения от ионосферы

в. тем меньше отражение волны от ионосферы зависит от электронной плотности

г. нет верного ответа

3. Критической частотой ионосферного слоя называется

а. максимальная частота волны, отражающейся при вертикальном падении на этот слой

б. минимальная частота волны, отражающейся при вертикальном падении на этот слой

в. максимальная частота волны, отражающейся при наклонном падении на этот слой

г. минимальная частота волны, отражающейся при наклонном падении на этот слой

4. Поглощение вызываемое затратой энергии воздействующего поля на преодоление или трения между молекулами, возникающими при вынужденном колебательном движении молекул под действием поля:

а. нерезонансное

б. отклоняющее

в. резонансное

г. неотклоняющее

5. К внешним помехам не относятся:

а. тепловые шумы полупроводниковых приборов

б. шумы космического происхождения

в. помехи станций

г. промышленные помехи

6. Помехи, обусловленные излучением промышленных, транспортных, бытовых и других электрических установок:

а. индустриальные

б. помехи станций

в. атмосферные помехи

г. взаимные помехи

7. Характерной особенностью каких волн является прием в дневное время только земной волны, а в ночное — и земной, и пространственной

а. средние волны

б. длинные волны

в. короткие волны

г. ультракороткие волны

8. Область расстояний, где в течение суток доминирует поле земной волны

а. зона уверенного приема

б. зона дальних замираний

в. зона ближних замираний

г. такой зоны нет

9. Изменение поглощения под действием поля мощной станции проявляется в

а. амплитудной модуляции

б. частотной модуляции

в. фазовой модуляции

г. импульсная модуляция

10. Современные теории распространения длинных волн базируются на распространении этих волн:

а. в сферическом волноводе

б. в прямоугольном волноводе

в. в эллиптическом волноводе

г. в цилиндрическом волноводе

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Распространение радиоволн: механизмы распространения радиоволн.

2. Распространение радиоволн над поверхностью земли с учетом влияния реальной неоднородной атмосферы. Траектория радиоволн в ионосфере.

3. Распространение радиоволн над поверхностью Земли. Ослабление радиоволн в атмосфере: ослабление в газах, в осадках, в ионосфере.

4. Помехи радиоприему: классификация источников внешних помех, характеристики источников внешних помех (шумов).

5. Распространение *УКВ* на наземных радиоперелиниях. Области применения. Расчет поля в освещенной зоне с учетом рефракции радиоволн в тропосфере.

6. Распространение *УКВ* на наземных радиоперелиниях. Расчет поля с учетом рельефа местности.

7. Особенности распространения *УКВ* радиоволн в городе.

8. Распространение *УКВ* на космических радиоперелиниях. Особенности спутниковой связи. Потери в тракте распространения: основные потери передачи.

9. Распространение *УКВ* на космических радиоперелиниях. Особенности спутниковой связи. Ослабление и деполяризация волн в тропосфере.

10. Распространение *УКВ* на космических радиоперелиниях. Тепловые и поляризационные потери, связанные с прохождением радиоволн через ионосферу, влияние рефракции.

11. Распространение коротких волн. Основной механизм распространения и области применения *КВ*. Рабочие частоты.

12. Распространение коротких волн. Замирания и разнесенный прием. Время запаздывания и ограничение скорости передачи информации.

13. Особенности распространения средних волн: основные механизмы распространения и области применения, случайные флуктуации напряженности поля, перекрестная модуляция в ионосфере, расчет напряженности поля.

14. Распространение длинных волн: механизм распространения и области применения, расчет напряженности поля.
15. Антенно-фидерные устройства: параметры, характеризующие направленные и поляризационные свойства передающих антенн. Векторная комплексная диаграмма направленности антенны.
16. Антенно-фидерные устройства. Вторичные параметры, характеризующие направленность антенн: коэффициент направленного действия, ширина луча и уровень боковых лепестков.
17. Антенно-фидерные устройства. Зависимость *КНД* от ширины луча и уровня боковых лепестков.
18. Теория симметричных вибраторов. Общие положения. Приближенный закон распределения тока в симметричном электрическом вибраторе. Диаграмма направленности *СЭВ*. Коэффициент направленного действия и действующая длина.
19. Теория симметричных вибраторов. Входное сопротивление и сопротивление излучения. Строгое решение задачи о симметричном электрическом вибраторе. Симметричный щелевой вибратор.
20. Основы теории приемных антенн, основные электрические характеристики приемных антенн. Физические основы процесса приема. Применение принципа взаимности для анализа приемных антенн.
21. Методы получения узких диаграмм направленности, зеркальные параболические антенны: виды параболических антенн, профиль зеркала.
22. Методы получения узких диаграмм направленности, зеркальные параболические антенны: выбор параметров, точность выполнения зеркала.
23. Методы получения узких диаграмм направленности. Способы сканирования и задачи, решаемые с помощью антенных решеток.
24. Методы получения узких диаграмм направленности. Фазированные антенные решетки: распределители в виде закрытого тракта, последовательная и параллельная схемы питания, распределители оптического типа.
25. Типы антенных устройств *УКВ* диапазона. Особенности антенн *УКВ* диапазона. Возбуждение вибраторов симметричной линией передачи. Разновидности простых вибраторных антенн.
26. Типы антенных устройств *УКВ* диапазона. Разновидности простых вибраторных антенн. Возбуждение вибраторов коаксиальной линией. Симметрирующие устройства.
27. Антенны для телевидения, радиорелейных линий и космической радиосвязи. Передающие телевизионные антенны.
28. Антенны для телевидения, радиорелейных линий и космической радиосвязи. Приемные телевизионные антенны.
29. Антенны для телевидения, радиорелейных линий и космической радиосвязи. Антенны радиорелейных линий прямой видимости.
30. Антенны для телевидения, радиорелейных линий и космической радиосвязи. Пассивные ретрансляторы *РРЛ*, антенны тропосферных *РРЛ*.
31. Антенны для телевидения, радиорелейных линий и космической радиосвязи. Антенны для спутниковой и космической радиосвязи.
32. Антенны базовых станций и абонентских терминалов систем подвижной радиосвязи. Одновходовые приемно-передающие антенны для базовых станций.

33. Антенны базовых станций и абонентских терминалов систем подвижной радиосвязи. Антенны подвижных объектов. Одночастотные антенны, многочастотные антенны.
34. Антенны базовых станций и абонентских терминалов систем подвижной радиосвязи. Малогабаритные антенны для ручных телефонов, антенна в виде шлейфового симметричного вибратора.
35. Антенны базовых станций и абонентских терминалов систем подвижной радиосвязи. Малогабаритные антенны для ручных телефонов, спиральные антенны, низкопрофильные антенны.
36. Антенные решетки с управляемой диаграммой направленности. *SMART*-антенны. Цифровые антенные решетки (*ЦАР*).
37. Антенны коротких волн, фидерные тракты. Особенности коротковолновых антенн. Учет влияния Земли на диаграмму направленности.
38. Антенны коротких волн, фидерные тракты. Простые *КВ* антенны.
39. Антенны коротких волн, фидерные тракты. Синфазные горизонтальные диапазонные антенны.
40. Антенны коротких волн, фидерные тракты. Ромбические антенны.
41. Антенны коротких волн, фидерные тракты. Антенны бегущей волны.
42. Антенны коротких волн, фидерные тракты. Логопериодические антенны. Вопросы питания коротковолновых антенн.
43. Антенны средних и длинных волн, фидерные тракты. Особенности антенн. Передающие средневолновые антенны.
44. Антенны средних и длинных волн, фидерные тракты. Передающие антенны *ДВ* и *СДВ* диапазонов.
45. Антенны средних и длинных волн, фидерные тракты. Питание передающих антенн *СВ*, *ДВ* и *СДВ* диапазонов. Приемные *СВ*, *ДВ* и *СДВ* диапазонов.
46. Вопросы миниатюризации антенн. Активная передающая антенна.
47. Вопросы миниатюризации антенн. Активная приемо-передающая антенна.
48. Вопросы миниатюризации антенн. Фрактальные антенны, излучатель на основе фрактала Коха.
49. Проблемы электромагнитной совместимости. Параметры антенн, определяющие электромагнитную совместимость.
50. Проблемы электромагнитной совместимости. Методы снижения бокового излучения апертурных антенн.

