

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
1151248	Основы теории систем мобильной связи

Екатеринбург

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

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Саблина Наталья Григорьевна	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	Департамент радиоэлектроники и связи
2	Соколов Ростислав Игоревич	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	Департамент радиоэлектроники и связи

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Основы теории систем мобильной связи

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль посвящен изучению теоретических основ, принципов построения и проектирования инфокоммуникационных систем, как в схемотехническом, так и в конструкторском планах. Изучение модуля предполагает кроме теоретической подготовки, практическую реализацию навыков анализа, расчетов и проектирования инфокоммуникационных систем. Дисциплина модуля: Основы теории систем мобильной связи.

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	Основы теории систем мобильной связи	6
ИТОГО по модулю:		6

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Теория связи
Постреквизиты и кореквизиты модуля	1. Телекоммуникационные системы различного назначения

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
Основы теории систем мобильной связи	ОПК-2 - Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа	З-1 - Привести примеры использования методов моделирования и математического анализа в решении задач, относящихся к профессиональной деятельности У-1 - Обоснованно выбрать возможные методы моделирования и математического анализа для предложенных задач профессиональной деятельности

		<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>ОПК-3 - Способен проводить исследования и изыскания для решения прикладных инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p>	<p>З-1 - Изложить основные приемы и методы проведения исследований и изысканий, которые могут быть использованы для решения поставленных прикладных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Обосновать выбор приемов, методов и соответствующей аппаратуры для проведения исследований и изысканий, которые позволят решить поставленные прикладные задачи, относящиеся к профессиональной деятельности</p> <p>У-3 - Анализировать и объяснить полученные результаты исследований и изысканий</p> <p>П-1 - Подготовить и провести экспериментальные измерения, исследования и изыскания для решения поставленных прикладных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>П-2 - Представить интерпретацию полученных результатов в форме научного доклада (сообщения)</p>
	<p>ПК-2 - Способен эксплуатировать и развивать сети радиодоступа</p>	<p>З-1 - Изложить особенности технологий работы сетей радиодоступа</p> <p>З-2 - Описать методы анализа качественных показателей работы сетей радиодоступа как на основе данных статистики, так и на основе радиоизмерений</p>

		<p>3-4 - Различать стандарты систем сотовой связи</p> <p>3-5 - Описать структуру, состав и назначение основных подсистем системы сотовой связи</p> <p>3-9 - Сделать обзор методов анализа качественных показателей работы радиоподсистемы как на основе данных статистики, так и на основе радиоизмерений</p> <p>3-10 - Перечислить и охарактеризовать основные алгоритмы и методы обработки статистических данных</p> <p>3-11 - Описать принципы работы и архитектуру различных геоинформационных систем</p> <p>У-6 - Выполнять расчет пропускной способности сети радиодоступа</p> <p>У-7 - Применять методы алгоритмического и математического моделирования при выполнении расчетов параметров и режимов функционирования сетей и систем</p> <p>П-2 - Актуализировать схемы организации сети радиодоступа</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>3-2 - Изложить принципы построения систем связи, телекоммуникационных систем различных типов</p> <p>3-5 - Сделать обзор современных технических решений создания объектов и систем связи (телекоммуникационных систем) и ее компонентов, новейшее оборудование и программное обеспечение</p> <p>3-7 - Сформулировать принципы и процедуры частотно-территориального и кодового планирования</p> <p>3-8 - Изложить основные правила выделения полос радиочастот и назначения радиочастот для радиоэлектронных средств сухопутной подвижной и фиксированной радиослужб на территории Российской Федерации</p> <p>3-9 - Характеризовать методы анализа качественных показателей работы сетей</p>

		<p>связи на основе данных статистики и радиоизмерений</p> <p>З-10 - Описать принципы работы и архитектуру различных геоинформационных систем</p> <p>З-11 - Описать технологии, используемые на транспортной сети, принципы планирования емкости сетей радиодоступа</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-3 - Определять задачи, решаемые с помощью объекта, системы связи (телекоммуникационной системы) и ожидаемых результатов его использования</p> <p>У-6 - Осуществить сравнительный анализ вариантов концепций объекта, системы связи (телекоммуникационной системы), определение рисков, связанных с реализацией различных вариантов</p> <p>П-5 - Определить функциональную структуру объекта, системы связи (телекоммуникационной системы)</p> <p>П-13 - Разрабатывать рекомендации по повышению эффективности сетей связи</p>
--	--	--

1.5. Форма обучения

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Основы теории систем мобильной связи

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Саблина Наталья Григорьевна	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	Департамент радиоэлектроники и связи
2	Соколов Ростислав Игоревич	кандидат технических наук, без ученого звания	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
- 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
P1	Введение	Предмет и задачи дисциплины. Общая структурная схема системы связи с подвижными объектами. Статистические критерии качества обнаружения и распознавания информации в мобильных системах связи. Характеристика систем подвижной радиосвязи: особенности помеховой обстановки, многолучевость, замирования сигналов. Математические модели сигналов мобильной связи и помех
P2	Теория потенциальной помехоустойчивости Котельникова	Постановка задачи оптимального обнаружения и различения сигналов. Основные понятия теории статистических решений. Когерентный прием сигналов, алгоритм оптимального приема при двоичной передаче, при M-ичном различении. Потенциальная помехоустойчивость. Некогерентный прием сигналов. Структура идеального некогерентного приемника, помехоустойчивость некогерентного приема
P3	Оптимальный прием сигналов при действии стационарных гауссовских помех	Оптимальная оценка параметров сигнала. Критерии оптимальности оценки и функция правдоподобия. Апостериорная функция плотности вероятности и функция правдоподобия. Неравенство Крамера-Рао. Структура оптимального приемника. Помехоустойчивость оптимального приема сигналов с амплитудной и фазовой модуляцией. Уравнение для оптимальной оценки при гауссовской помехе с равномерным спектром. Помехоустойчивость оптимального приема сигналов с частотной модуляцией. Уравнение оптимальной оценки, структурная схема

P4	Повышение помехоустойчивости систем связи при действии нестационарных помех методом расширения спектра в широкополосных системах связи	Методы широкополосной передачи. Шумоподобные сигналы и псевдослучайные последовательности, коды Баркера, M-последовательности. Системы связи, использующие для расширения спектра метод прямой последовательности. Системы связи, использующие методы перестройки рабочей частоты. Основы теории оптимальных оценок и фильтрации случайных параметров сигналов. Винеровская фильтрация, нелинейная марковская фильтрация
P5	Системы радиосвязи с многолучевым распространением. Системы с нестационарными параметрами сигналов и помех.	Искажения сигналов в каналах с многолучевостью. Математическая модель каналов с многолучевостью. Числовые характеристики многолучевых каналов. Каналы с медленными дружными замираниями. Помехоустойчивость канала с медленными замираниями. Разнесенный прием, методы разнесения. Частотно-селективные каналы. Алгоритмы оптимального приема сигнала в частотно-селективных каналах. RAKE-приемник
P6	Системы связи множественного доступа. Кодовое разделение сигналов	Определение, свойства и классификация систем множественного доступа. Многостанционные и многоканальные системы, основы теории частотного, временного и кодового разделения сигналов, архитектура сети, критерии эффективности системы с множественным доступом. Оптимальное многопользовательское правило синхронного варианта CDMA.
P7	Адаптивная обработка сигналов в каналах связи. Адаптивная фильтрация помех	Элементы адаптивной обработки: линейный сумматор, адаптивный автокомпенсатор, адаптивный следящий фильтр. Применение адаптивных элементов к каналам связи: адаптивный эквалайзер, подавление помех, обработка сигналов в многолучевых системах (адаптивный корректирующий фильтр).
P8	Помехоустойчивое кодирование сигналов в мобильных системах связи	Кодирование источника и кодирование для канала с шумами. Избыточность и относительная скорость кода. Проблема согласования источника сообщений с каналом. Дискретные источники без памяти. Примитивное (безыбыточное) кодирование. Принципы статистического кодирования. Принципы помехоустойчивого кодирования. Блочные корректирующие коды. Обнаружение и исправление ошибок. Кодовое расстояние. Систематические линейные коды, порождающие матрицы. Декодирование линейных кодов. Проверочные матрицы. Коды Хемминга. Циклические коды. Способы кодирования циклических кодов. Декодирование при обнаружении и исправлении ошибок. Пороговое декодирование. Декодирование по методу Витерби. Декодирование с мягким решением. Кодирование в каналах с памятью. Предельные возможности помехоустойчивого кодирования. Системы с информационной и решающей обратной связью.
P9	Помехоустойчивость цифровой передачи в мобильных системах связи с ИКМ и ДИКМ	Источники ошибок при ИКМ. Анализ влияния ошибок в канале связи на среднюю квадратическую погрешность передачи. Принцип дифференциального кодирования. Расчет ошибки квантования.
P10	Теоретико-информационная концепция криптозащиты	Общий вид оператора шифрования для дискретных сообщений. Взаимная информация между криптограммой и

	сообщений в телекоммуникационных системах	ключом (первая криптотеорема Шеннона). Криптограмма как зашумленное сообщение. Общая концепция криптографии с открытыми ключами. Двухключевая теоретико-числовая криптосистема RSA. Принципы криптозащиты непрерывных сообщений
--	---	---

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 деятельность целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	ОПК-2 - Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа	Д-1 - Способность к самообразованию, к самостоятельному освоению новых методов математического анализа и моделирования

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы теории систем мобильной связи

Электронные ресурсы (издания)

1. Удовкин, В. Л.; Системы и сети связи с подвижными объектами : учебное пособие.; Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), Тамбов; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278005> (Электронное издание)
2. Белоусов, О. А.; Основы радиотехнических систем : учебное пособие.; Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), Тамбов; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278041> (Электронное издание)
3. Шайдуров, Г. Я.; Основы теории и проектирования радиотехнических систем : учебное пособие.; Сибирский федеральный университет (СФУ), Красноярск; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229385> (Электронное издание)
4. Манохин, А. Е., Астрецов, Д. В.; Многоканальные и многостанционные радиосистемы передачи информации : учебное пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2013;

<http://www.iprbookshop.ru/69636.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Волков, Л. Н., Немировский, М. С., Шинаков, Ю. С.; Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям 201000 "Многоканал. телекоммуникац. системы" ; 201100 "Радиосвязь, радиовещание и телевидение" ; 201200 "Сети связи с подвижными объектами".; Эко-Трендз, Москва; 2005 (14 экз.)
2. , Листопад, Н. И., Козел, В. М., Горбачев, К. Л., Ковалев, К. А.; Системы и сети цифровой радиосвязи : учеб. пособие для студентов вузов по радиотехн. специальностям.; Издательство Гревцова, Минск; 2009 (15 экз.)
3. Маковеева, М. М., Шинаков, Ю. С.; Системы связи с подвижными объектами : учеб. пособие для студентов вузов связи, обучающихся по специальности 201200 "Средства связи с подвижными объектами".; Радио и связь, Москва; 2009 (16 экз.)
4. Иванов, М. Т., Сергиенко, А. Б., Ушаков, В. Н.; Теоретические основы радиотехники : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. бакалавров и магистров "Радиотехника" и направлению подгот. дипломир. специалистов "Радиотехника".; Высшая школа, Москва; 2008 (27 экз.)
5. Манохин, А. Е.; Многоканальные и многостанционные радиосистемы передачи информации : учебное пособие для студентов, обучающихся по программе магистратуры по направлению подготовки 210400.68 - Радиотехника.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2013 (10 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

<http://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/5858> УМК "Основы теории систем связи с подвижными объектами" Нифонтов Ю.А., Нифонтов И.Ю. . 2007 г.

http://study.urfu.ru/view/Aid_view.aspx?AidId=11784 Манохин А.Е. Радиотехнические системы передачи информации — ЭИ .— 2013 .— Конспект лекций.

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

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы теории систем мобильной связи

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
-------	--------------	---	---

1	Лекции	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Matlab+Simulink</p> <p>Matlab R2008a</p>
3	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Matlab R2008a</p> <p>Matlab R2014a + Simulink</p> <p>Matlab R2015a + Simulink</p>