

Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ М.В. Давыдов  
22.11.2019 г.

Регистрационный № УД-4-1288 /уч.

**«ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫХ БЕСПРОВОДНЫХ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БЛИЖНЕГО РАДИУСА  
ДЕЙСТВИЯ»**

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине  
для специальности:

1-39 80 01 «Радиосистемы и радиотехнологии»

2019 г.

Учебная программа учреждения высшего образования составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-39 80 01-2019 и учебных планов специальности 1-39 80 01 «Радиосистемы и радиотехнологии».

Составители:

В. Б. Кирильчук, доцент кафедры информационных радиотехнологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент;  
И. Н. Кижлай, ведущий инженер кафедры информационных радиотехнологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат физико-математических наук.

Рецензенты:

Кафедра инфокоммуникационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 22 от 25.06.2019г.);  
М.А. Вилькоцкий, профессор кафедры информатики и методики преподавания информатики учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет им. М.Танка», доктор технических наук, профессор.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению:

Кафедрой информационных радиотехнологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 18 от 03.06.2019г.);  
Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 3 от 15.11.2019г.).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа рассчитана на 198 учебных часов (6,0 з.е.).

### План учебной дисциплины в дневной форме обучения:

Код специальности	Название специальности	Курс	Семестр	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)				Форма текущей аттестации
				Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия, семинары	
1-39 80 01	Радиосистемы и радиотехнологии	1	1	68	32	20	16	Экзамен

### План учебной дисциплины в заочной форме обучения:

Код специальности	Название специальности	Курс	Семестр	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)				Контрольная работа	Форма текущей аттестации
				Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия, семинары		
1-39 81 03	Радиосистемы и радиотехнологии	1	1	18	10	4	4	1	Экзамен

Место учебной дисциплины.

Широкое внедрение беспроводных информационных технологий (БИТ) в различные приложения промышленного, бытового и военного назначений обуславливает необходимость подготовки специалистов второй ступени высшего образования по специальности 1-39 80 01 «Радиосистемы и радиотехнологии», как для обслуживания существующих технологий, так и для разработки инновационных радиосистем с улучшенными потребительскими характеристиками.

Важное место в структуре БИТ занимают беспроводные информационные технологии ближнего радиуса действия (БИТБРД), которые характеризуются рядом специфических особенностей функционирования, и на современном этапе развития включают широкий спектр аналоговых и цифровых радиотехнических систем: передачи данных, радиотелеуправления, радиотелеметрии, а также систем ближней радиолокации, локализации объектов и радиовидения.

Учебная дисциплина «Проектирование помехоустойчивых беспроводных информационных технологий ближнего радиуса действия» (ППБИТБРД) создает предпосылки для активизации учебной и исследовательской деятельности и предназначена для формирования у магистрантов фундаментальных знаний в области теории и практики современных информационных радиосистем ближнего радиуса действия, изучения особенностей функционирования таких систем в условиях ограниченного пространства, а также методов повышения их помехоустойчивости и эффективности.

Успешное освоение программы дисциплины ППБИТБРД предполагает, что магистранты ориентированы, прежде всего, на самостоятельное изучение материалов научно-технического содержания и обладают необходимыми знаниями в областях высшей математики, электродинамики и распространения радиоволн, микроволновых систем и устройств, радиотехнических цепей и сигналов, а также оптимального приема сигналов на фоне помех, полученными при освоении содержания образовательных программ по специальностям I ступени высшего образования.

Магистранты, успешно освоившие дисциплину ППБИТБРД, будут подготовлены к инженерной и научно-практической деятельности, связанной с проектированием и исследованием, как отдельных компонентов радиосистем ближнего радиуса действия, так и систем в целом, включая разработку методов повышения эффективности функционирования БИТБРД в сложной электромагнитной обстановке.

Цель преподавания учебной дисциплины: подготовка специалиста, обладающего фундаментальными знаниями в области принципов построения, методик проектирования и исследования основных параметров компонентов современных беспроводных информационных технологий ближнего радиуса действия.

Задачи изучения учебной дисциплины:

- изучение определения и современной классификации, критериев эффективности и основных параметров беспроводных информационных технологий ближнего радиуса действия;
- изучение перечня и основных положений международных и национальных нормативно-правовых актов, регламентирующих функционирование беспроводных технологий ближнего радиуса действия;
- приобретение знаний о системной структуре, назначении и базовых характеристиках компонентов БИТБРД;
- изучение базовых моделей и современных методов проектирования помехоустойчивых аналоговых и цифровых беспроводных систем ближнего радиуса действия (БСБРД);
- изучение основных методик расчета и анализа энергетических и спектральных характеристик канала связи БСБРД;
- освоение современных методов и технологий повышения эффективности и помехоустойчивости БСБРД;

- освоение прикладных программных средств компьютерного проектирования и оптимизации параметров устройств и компонентов БИТБРД;
- приобретение знаний о методиках измерения и исследования основных характеристик устройств и компонентов БИТБРД.

В результате изучения учебной дисциплины «Проектирование помехоустойчивых беспроводных информационных технологий ближнего радиуса действия» формируются следующие компетенции:

*углубленные профессиональные:*

- владеть методами и современным прикладным программным обеспечением для проектирования и оптимизации параметров устройства ближнего радиуса действия в условиях помех.

В результате изучения учебной дисциплины магистрант должен:

*знать:*

- определение, современную классификацию, критерии эффективности и основные параметры беспроводных информационных технологий ближнего радиуса действия;
- перечень и основные положения международных и национальных нормативно-правовых актов, регламентирующих функционирование беспроводных технологий ближнего радиуса действия;
- системную структуру, назначение и базовые характеристики компонентов БИТБРД;
- базовые модели и методы проектирования помехоустойчивых аналоговых и цифровых беспроводных систем ближнего радиуса действия (БСБРД);
- основные методики расчета и анализа энергетических и спектральных характеристик канала связи БСБРД;
- современные методы и технологии повышения эффективности и помехоустойчивости БСБРД;
- прикладные программные средства компьютерного проектирования и оптимизации параметров устройств и компонентов БИТБРД;
- методики измерения и исследования основных характеристик устройств и компонентов БИТБРД.

*уметь:*

- синтезировать структуру БИТБРД в соответствии с решаемой задачей и существующими ограничениями на ее использование;
- производить расчеты основных системных характеристик БИТБРД в соответствии с решаемой задачей;
- рассчитывать энергетические характеристики сигналов в канале связи БСБРД;
- проектировать пассивные элементы и узлы, входящие в состав БСБРД;
- экспериментально исследовать основные характеристики устройств и компонентов БИТБРД;

*владеть:*

- основными методами расчета энергетических параметров сигналов, применительно к системам ближнего радиуса действия;
- методиками измерения системных и компонентных параметров БИТБРД;
- методиками численного моделирования и оптимизации параметров устройств и компонентов БИТБРД с привлечением современных программных средств.

Перечень учебных дисциплин, усвоение которых необходимо  
для изучения данной учебной дисциплины

№ п.п.	Название учебной дисциплины	Раздел, темы
1	Теория электрических цепей	Резонансные явления и частотные характеристики. Расчет электрических цепей при периодических несинусоидальных напряжениях и токах.
2	Электродинамика и распространение радиоволн	Основы теории ЭМП. Дифракция, отражение и преломление ЭМВ. Направляющие системы. Функциональные устройства СВЧ. Распространение земных радиоволн.
3	Микроволновые системы и устройства	Характеристики и параметры антенны в режиме передачи и приема. Элементы общей теории антенн. Вибраторные антенны. Линии передачи диапазона СВЧ. Режимы работы и согласование в линиях передачи.
4	Информационные радиотехнологии малого радиуса действия (ИРТМРД).	Классификация и основные параметры ИРТ МРД. Особенности распространения радиоволн в канале связи ИРС МРД. Методики проектирования и анализа компонентов ИРС МРД. Особенности функционирования ИИС: систем ближней радиолокации и системы ближней навигации. Структура и функциональное построение ИИС. Информационно-коммуникационная система МРД Bluetooth. Информационно-коммуникационная система МРД Wi-Fi. Информационно-коммуникационная система МРД WHDI. Информационно-коммуникационная система МРД NFC. Системы RFID, взаимодействующие в ближнем поле. Системы RFID, взаимодействующие в дальнем поле.

## 1. Содержание учебной дисциплины

№ тем	Наименование тем	Содержание тем
1	Введение. Разновидности, области применения и современная классификация БИТБРД.	Цель, задачи и структура дисциплины. Требования к знаниям и умениям. Области применения БИТБРД. Основные понятия и определения. Разновидности классификаций БИТБРД: по виду сигналов, по диапазону частот, по функциональному назначению и др. Информационно-коммуникационные системы ближнего радиуса действия (ИКСБРД): Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, UWB, WHDI, NFC, RFID и др.). Информационно-измерительные системы ближнего радиуса действия (ИИСБРД): системы ближней радиолокации, локализации, навигации, радиовидения. Комбинированные информационные системы ближнего радиуса действия (КИСБРД): WISP (Wireless Identification and Sensing Platform).
2	Условные границы зон функционирования РСБРД.	ЭМП поля, формируемые электрически малыми излучателями. Параметры ЭМП в дальней зоне. Составляющие электрического и магнитного полей. Характеристическое сопротивление среды. Условие дальней зоны. Характеристики поля в зоне реактивного ближнего поля. Границы зоны реактивного ближнего поля электрически малых антенн. Характеристический импеданс в ближней реактивной зоне. Условие ближней реактивной зоны. Характеристика зоны Френеля (ближней зоны излучения). Характеристический импеданс в зоне Френеля. Условие зоны Френеля. Определение эффективной зоны функционирования РСБРД.
3	Обобщенная структура, компоненты и основные технические характеристики канала передачи информации БИТБРД.	Базовая структура БИТБРД. Передающая часть БИТБРД: кодирование источника, канальное кодирование, формирователь комплексной огибающей сигнала, формирующий фильтр, квадратурный модулятор. Среда распространения радиоволн: отражение, преломление и поглощение электромагнитных волн (ЭМВ). Дифракция и деполяризация ЭМВ на местных предметах. Структура поля в канале связи БИТБРД. Приемная часть БИТБРД: петля восстановления несущего колебания, петля символьной синхронизации, автоматическая регулировка усиления, решение фазовой неоднозначности, демодуляция и декодирование сигналов. Рабочий диапазон частот. Полоса рабочих частот. Количество каналов связи. Скорость передачи информации. Допустимый уровень эффективной излучаемой мощности. Мощность шума и спектральная мощность шума. Шумовая температура системы. Коэффициент шума. Бюджет канала связи. Базовые уравнение дальности действия для ИКСБРД и ИИСБРД. Определение зоны эффективного взаимодействия в задачах БИТБРД.
4	Количественные характеристики эффективности и помехоустойчивости каналов связи современных и перспективных БИТБРД.	Пропускная способность канала связи радиосистемы ближнего радиуса действия (РСБРД). Критерий эффективности канала связи РСБРД. Коэффициент использования канала по пропускной способности (информационная эффективность). Энергетическая эффективность. Коэффициент использования канала по мощности. Спектральная эффективность (СЭ). Коэффициент использования канала по полосе частот. Передача данных в канале с ограниченной полосой частот. Битовая и

№ тем	Наименование тем	Содержание тем
		<p>символьная (бодовая) скорости передачи данных. Количественные показатели помехоустойчивости аналоговых и цифровых БИТБРД: отношение сигнал/шум на входе и выходе приёмного устройства, среднеквадратическое отклонение, вероятность правильного обнаружения сигнала, вероятность ошибки.</p> <p>Основные задачи обеспечения помехоустойчивости: анализ (расчет показателей помехоустойчивости системы) и синтез (определение оптимальной структурной схемы системы при известном вероятностном описании сигнала и помехи на входе). Организационные и технические мероприятия обеспечения помехоустойчивости.</p> <p>Помехоустойчивость приема объемно-сферических сигналов. Метод определения помехоустойчивости приема многомерных сигналов, основанный на анализе алгоритма их обработки в оптимальном демодуляторе. Сигналы поверхностно-сферического ансамбля.</p>
5	Сравнительная эффективность и помехоустойчивость современных и перспективных видов модуляции для БИТБРД.	<p>Общая характеристика аналоговых и цифровых видов модуляции.</p> <p>Линейные виды модуляций: M-ASK, M-PAM, BPSK, QPSK, M-QAM; преимущества и недостатки. Нелинейные виды модуляций: FSK, MSK, GMSK, GPFSK; преимущества и недостатки.</p> <p>Типы цифро-аналоговой модуляции. Высокоэффективные методы цифро-аналоговой модуляции. Поляризационная модуляция. Виды модуляции в БИТБРД. Разновидности модуляции в NFC и RFID технологиях. Нагрузочная модуляция. Модуляция обратного рассеяния. Средняя вероятность ошибок в БИТБРД при различных видах модуляции сигналов. Спектральная и энергетическая эффективность цифровых и цифро-аналоговых видов модуляции. Перестановочная модуляция. Решетчатая кодовая модуляция. Многоуровневая кодовая модуляция. Кодовая модуляция с битовым перемежением. Эффективность двумерных и многомерных многопозиционных сигналов.</p>
6	Эффективность современных методов помехоустойчивого кодирования и декодирования сигналов в БИТБРД.	<p>Эффективность применения помехоустойчивых кодов. Краткая характеристика и основные параметры кодов Галлагера, блочных циклических кодов, сверточных кодов. Декодеры с «жестким» принятием решения: декодер Меггита; декодеры кодов Боуза-Чоудхури-Хоквингема и Рида-Соломона.</p> <p>Декодеры кодов с принятием как «жестких», так и «мягких» решений. Алгоритм «мягкого» декодирования блочных кодов. Декодирование мажоритарных кодов. Декодирование сверточных кодов. Декодирование кодов Галлагера. Составные коды и методы их декодирования. Каскадные коды. Обобщенные каскадные коды. Турбокоды. Кодовая скорость передачи сообщений и количество ошибок, исправляемых помехоустойчивыми кодами. Вероятность ошибки и ее связь с длиной принятых кодовых комбинаций. Порядок определения параметров помехоустойчивого кода. Помехоустойчивость каскадных кодов.</p>
7	Современные методы и технологии повышения помехо-	<p>Базовые методы повышения информационной эффективности и помехоустойчивости канала связи: множественного доступа, адаптивных антенных систем (AAS) и др.</p>

№ тем	Наименование тем	Содержание тем
	устойчивости и эффективности БИТБРД.	Сравнительная характеристика технологий SISO, SIMO, MISO, MIMO. Применение специальных технологий в БИТБРД: FHSS; DSSS; LBT; AFA и др.
8	Прикладные программные средства компьютерного проектирования и оптимизации пассивных устройств БИТБРД.	Классификация и особенности методик проектирования компонентов для БИТБРД: аналитические и полноволновые. Пакет прикладных программ для расчета и анализа антенн БИТБРД. Особенности проектирования компонентов и устройств антенно-фидерного тракта БИТБРД в САПР CST.
9	Влияние согласования в антенно-фидерном тракте (АФТ) на помехоустойчивость БИТБРД.	Критерии согласования в приемопередающем АФТ. Передающий тракт: коэффициент согласования антенны, полоса согласования и коэффициент полезного действия согласующего устройства. Приемный тракт: АЧХ и ФЧХ несогласованной приемной антенны. Влияние согласования на шумовые характеристики приемного АФТ. Согласующие цепи резонансных согласующих устройств (СУ). Элементная база резонансных СУ. Датчики рассогласования и измерения параметров нагрузки. Система управления согласующих антенных устройств (САУ). Синтез САУ поискового и вычислительного типов при различных видах сопротивлений генератора. Математическое моделирование параметров САУ. Примеры синтеза САУ с алгоритмами настройки поискового и вычислительного типов. Общие вопросы построения широкополосных согласующих устройств (ШСУ). Классификация задач широкополосного согласования (ШС). Методы решения задач ШС. Широкополосное согласование простых и произвольных комплексных нагрузок. Примеры синтеза ШСУ в режиме заданных генераторов напряжений и токов. Алгоритм оптимизации.
10	Общая характеристика нормативно-правовой базы БИТБРД.	Группа стандартов ETSI EN 300-302, применительно к технологиям ближнего радиуса действия. Группа стандартов СТБ, регламентирующих функционирование БИТБРД. Стандарты радиотехнологий для сетей широкополосного радиодоступа: IEEE 802.11 a/ac/ad/af/b/g/n/, IEEE 802.22. («White space») Стандарты радиотехнологий, используемые устройствами малого радиуса действия: Bluetooth, ZigBEE (IEEE 802.15), IEEE 802.11p, Weightless. Группа стандартов IEEE 802.15.3, 802.15.4 и IEEE 802.15.4a. Нормативные требования к параметрам UWB-систем (ETSI TR 103 181-1 V1.1.1 (2015-07) Short Range Devices (SRD) using Ultra Wide Band (UWB) Part 1: UWB signal characteristics and overview CEPT/ECC and EC regulation). Краткая характеристика группы стандартов ISO/IEC 18000-n, EPCglobal Generation 2.
11	Информационно-коммуникационные системы Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee,	Принцип работы технологии Wi-Fi. Перечень стандартов IEEE 802.11. Частотная сетка. Построение сети. Метод доступа к сети. Информационная безопасность данных в системе Wi-Fi. Описание и принцип работы технологии Bluetooth (стандарт

№ тем	Наименование тем	Содержание тем
	WHDI, UWB.	IEEE 802.15.4). Спецификации: Bluetooth 1.0, 1.1, 1.2. Bluetooth 2.0 + EDR: Bluetooth 2.1, 2.2. Bluetooth 3.0 + HS. Bluetooth 4.0: 4.1, 4.2. Bluetooth 5.0. Формат пакета Bluetooth. Пикосеть. Ядро системы Bluetooth. Протокол ZigBee. Программный интерфейс ZigBee. Используемые частоты. Топология сети ZigBee. Назначение, особенности и структура базовых компонентов технологии WHDI. Основные технические параметры системы WHDI.
12	Информационно-коммуникационные системы радиочастотной идентификации НЧ и ВЧ диапазонов.	Классификация, назначение, структура и принцип действия технологии NFC. Протоколы функционирования NFC. Основные технические характеристики устройств NFC. Структура компонентов системы (считывателя и транспондера). Конструктивные элементы считывателей и меток. Информационная безопасность данных в технологии NFC. Особенности функционирования RFID систем, функционирующих в ближнем поле. Эффективная зона активации метки (ЭЗАМ). Пространственные и энергетические характеристики ЭЗАМ. Методика расчета ЭЗАМ.
13	Информационно-коммуникационные системы RFID УВЧ и СВЧ диапазонов	Классификация, назначение, структура и принцип действия технологий RFID УВЧ и СВЧ диапазонов. Диапазоны рабочих частот. Частотный план и полоса канала. Протоколы функционирования EPC Gen2 и ISO 180000-6,4,5. Основные технические характеристики устройств RFID систем УВЧ и СВЧ диапазонов. Структура компонентов системы (считывателя и транспондера). Конструктивные элементы считывателей и меток. Структура электронной памяти метки. Информационная безопасность данных в технологиях RFID УВЧ и СВЧ диапазонов. Особенности функционирования RFID систем в ближней и дальней зонах. Параметры прямого и обратного каналов связи. Структура и характеристики зоны активации метки (ЗАМ). Пространственные и энергетические характеристики ЗАМ. Методика расчета дальности взаимодействия считывателя и метки.
14	Модели и методы оптимизации в БИТБРД.	Цели задачи системного проектирования БИТБРД. Классические модели и этапы проектирования БИТБРД: каскадная, итерационная (позапанная модель) и непрерывная (спиральная) модели проектирования. Лучевые, численные, эвристические и статистические модели. Методы проектирования сетей на базе БИТБРД с учетом требований к пропускной способности. Задача многоцелевой оптимизации в БИТБРД. Эволюционные алгоритмы оптимизации. Оптимальность по Парето. Генетический алгоритм оптимизации и его математическая формулировка. Многоцелевая оптимизация на основе биогеографии.
15	Особенности расчета энергетических характеристик сигналов в канале связи БИТБРД.	Особенности распространения радиоволн в канале связи (КС) БИТБРД. Классификация методов анализа КС БИТБРД: статистические, аналитические, полноволновые. Затухание сигналов в свободном пространстве Существенная область при распространении и отражении радиоволн. Дифракционные потери на полузакрытых трассах с одиночными и множественными препятствиями. Базовые модели распространения радиоволн в условиях ограниченного пространства. Методики расчета базовых

№ тем	Наименование тем	Содержание тем
		вых потерь сигналов для ITU (Международный союз электросвязи (МСЭ)) и log-distance моделей.
16	Измерение основных характеристик устройств и компонентов БИТБРД.	Особенности измерений системных и компонентных параметров БИТМРД. Метрологическое оборудование и особенности проведения измерений частотных, временных, пространственных, поляризационных и импедансных характеристик устройств БИТМРД.

## 2. Информационно-методический раздел

### 2.1 Литература

#### 2.1.1 Основная

1. Быховский М. А. Гиперфазовая модуляция – оптимальный метод передачи сообщений в гауссовских каналах связи / М. А. Быховский. – Москва : Техносфера, 2018. – 310 с.

2. Варгаузин, В. А. Методы повышения энергетической и спектральной эффективности цифровой радиосвязи : учеб. пособие / В. А. Варгаузин, И. А. Цикин. – СПб. : БХВ-Петербург, 2013. – 352 с.

3. Мухин И. Е. Методологические основы синтеза систем обеспечения электромагнитного доступа средствами радиомониторинга современных систем телекоммуникаций : монография / И. Е. Мухин, А. В. Хмелевская, И. Г. Бабанин; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2016. – 316 с.

4. Беспроводные сети Wi-Fi : учебное пособие / А. В. Баскаков [и др.] ; под общ. ред. А. В. Пролетарского. – 2-е изд. - М. : Интуит, 2016. – 284 с.

5. Калачев, А. В. Аппаратные и программные решения для беспроводных сенсорных сетей / А. В. Калачев. - М. : Интуит, 2016. – 240 с.

6. Росляков А. В. Интернет вещей : учебное пособие / А. В. Росляков, С. В. Ваняшин, А. Ю. Гребешков. – Самара : ПГУТИ, 2015. – 200 с.

7. Шубин, В. И. Беспроводные сети передачи данных : учеб. пособие / В. И. Шубин, О. С. Красильникова. – 2-е изд. – Москва : Вузовская книга, 2013. – 104 с.

8. Голдсмит, А. Беспроводные коммуникации / А. Голдсмит ; пер. с англ. Н. Л. Бирюкова, Н. Р. Триски ; под ред. В. А. Березовского. - М. : Техносфера, 2011. - 904 с. - (Мир радиоэлектроники).

9. Wi-Fi компьютерные сети : учебное пособие / А. В. Пролетарский [и др.]. - М. : Рудомино, 2011. - 248 с.

10. Финкенцеллер К. RFID-технологии. Справочное пособие / К. Финкенцеллер ; пер. с нем. Союнханова Н. М. – М. : Додэка-XXI, 2010. – 496 с.

11. Мазурков М. И. Системы широкополосной радиосвязи : учеб. пособие для вузов / М. И. Мазурков. - М. : Наука и техника, 2009. - 344 с.

12. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр ; пер. с англ. - 2-е изд., испр. - М. : Вильямс, 2003.-1104с.

13. Корнеев, С. В. Системы RFID низкой стоимости / С. В. Корнеев. – М., 2006.

14. Бабков В. Ю. Основы построения устройств согласования антенн / В. Ю. Бабков, Ю. К. Муравьев. – СПб. : Военная академия связи, 1980. – 240 с.

### 2.1.2 Дополнительная

1. Бхуптани М. RFID технологии на службе вашего бизнеса / М. Бхуптани. - М. : Альпина Бизнес Букс, 2006. - 102 с.

2. Беспроводные сети Wi-Fi : учебное пособие / А. В. Пролетарский [и др.]. - М. : Интернет-Университет Информационных Технологий : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. - 215 с.

3. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В. М. Вишневский, А. И. Ляхов, С. Л. Портной, И. В. Шахнович. – М. : Техносфера, 2005. – 592 с.

4. Беделл, П. Сети. Беспроводные технологии / П. Беделл ; пер. с англ. – М. : ИТ-Пресс, 2008. – 448 с.

5. Щербаков, А. К. Wi-Fi: все, что Вы хотели знать, но боялись спросить / А. К. Щербаков. - М. : Связь, 2008. - 186 с.

6. Русеев Д. Технологии беспроводного доступа : справочник / Д. Русеев. - СПб. : БХВ-Петербург, 2002. - 352 с.

7. RECOMMENDATION ITU-R P.1411-6. Propagation data and prediction methods for the planning of short-range outdoor radiocommunication systems and radio local area networks in the frequency range 300 MHz to 100 GHz.

8. Рекомендация МСЭ-R SM.1538-2 Технические и эксплуатационные параметры и потребности в спектре для устройств связи малого радиуса действия.

9. Igoe T. Beginning NFC. Near Field Communication with Arduino, Android, and Phone Gap. / Igoe T., Coleman D., Jepson B. / O'REILLY, 2014, 245 p.

10. Finkenzeller K. RFID Handbook Fundamentals and Applications in Contactless SmartCards and Identification. JohnWiley & Sons, 2003, 434 p.

11. Boli'c M. RFID systems reserch trends and challenges. 2010, 577 p.

12. Роман П. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11 / П. Роман, Д. Лиэри ; пер. с англ. – М. : Вильямс, 2004. – 304 с.

13. Dobkin D. M. The RF in RFID Passive UHF RFID in Practice, Newnes, 2008, 505 p.

14. ISO/IEC 18000-6:2004(E) Information technology – Radio frequency identification for item management – Part 6: Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz.

15. ISO/IEC 18000-4:2004(E) Information technology – Radio frequency identification for item management – Part 4: Parameters for air interface communications at 2,45 GHz.

16. Specification for RFID Air Interface. EPC Radio-Frequency Identity Protocols. Class-1 Generation-2 UHF RFID. Protocol for Communications at 860 MHz - 960 MHz. Version 1.2.0.

2.2 Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов, технических средств обучения, оборудования для выполнения лабораторных работ

2.2.1. Персональный компьютер.

2.2.2. Специальное программное обеспечение CAD Microwave Studio.

2.2.3. Пакет прикладных программ для расчета параметров линейных, апертурных антенн и антенных решеток.

2.2.4. Учебно-методическое пособие «Проектирование антенных устройств RFID-системы ВЧ и УВЧ диапазонов» CAD Microwave Studio.

2.2.5. Прикладная программа MathCAD.

2.2.6. Учебно-лабораторный модуль для исследования импедансных характеристик устройств БИТМРД.

2.2.7. Учебно-лабораторный модуль для исследования RFID систем ВЧ диапазона.

2.2.8. Учебно-лабораторный модуль для исследования RFID систем УВЧ диапазона.

2.2.9. Графический интерфейс пользователя для исследования импедансных характеристик устройств БИТМРД.

2.2.10. Графический интерфейс пользователя RFID системы ВЧ диапазона.

2.2.11. Графический интерфейс пользователя RFID системы УВЧ диапазона.

### 2.3. Перечень тем практических занятий, их название

Основная цель проведения практических занятий состоит в закреплении теоретического материала, приобретении практических навыков расчета основных характеристик канала связи, а также численного моделирования и анализа устройств, входящих в состав РСБРД

№ темы по п.1	Наименование практического занятия	Содержание	Обеспеченность по пункту 2.2
15	Расчет параметров существенной области при распространении и отражении радиоволн для беспроводного канала связи	Определение параметров и существенной области при распространении и отражении радиоволн. Освоение методики расчета размеров зон Френеля и существенной области при отражении радиоволн в зависимости от координат установки приемной и передающей антенн относительно отражающих поверхностей, вида поляризации и их электрических свойств. Анализ результатов расчета.	2.2.1.,2.2.5
2,3,12	Определение эффективной зоны активации метки в технологии NFC	Расчет напряженности магнитного поля в окрестности магнитной антенны плоской спиральной антенны малых волновых размеров. Расчет импедансных характеристик печатной антенны в зависимости от ее формы числа витков и материала подложки. Анализ полученных результатов.	2.2.1.,2.2.5
2,3,13	Расчет дальности взаимодействия	Структура и характеристики зоны активации метки. Освоение методики расчета энергетич-	2.2.1.,2.2.5

№ темы по п.1	Наименование практического занятия	Содержание	Обеспеченность по пункту 2.2
	считывателя и метки в системах RFID УВЧ и СВЧ диапазонов	ческие характеристик зоны активации метки. Расчет максимальной дальности взаимодействия считывателя и метки для прямого и обратного каналов связи. Анализ полученных результатов.	
3,15	Расчет средних базовых потерь сигналов БИТБРД, функционирующих в условиях ограниченного пространства.	Изучение базовых моделей распространения радиоволн в условиях ограниченного пространства. Освоение методики расчета дифракционных потерь сигнала на полузакрытых трассах с одиночными и множественными препятствиями. Освоение методики расчета базовых потерь сигналов на основе ITU и log-distance моделей.	2.2.1.,2.2.5
8	Проектирование антенны радиочастотной метки УВЧ диапазона.	Освоение методики и расчет основных параметров антенны радиочастотной метки УВЧ диапазона с помощью прикладных программ «Metka_Babochka» и «Metka_Bicon_Rad». Анализ полученных результатов.	2.2.1,-2.2.4
9	Проектирование согласующей цепи для АФТ БИТБРД УВЧ и СВЧ диапазонов	Освоение методики проектирования узкополосных согласующих цепей для антенно-фидерных трактов БИТБРД УВЧ и СВЧ диапазонов при заданных импедансных характеристиках нагрузки и волнового сопротивления фидера.	2.2.1, 2.2.5
8	Численное моделирование микрополосковой антенны УВЧ диапазона.	Освоение методики численного моделирования и расчета импедансных, пространственных и поляризационных характеристик микрополосковой антенны УВЧ диапазона с помощью САД Microwave Studio. Анализ полученных результатов.	2.2.1, 2.2.2, 2.2.4

#### 2.4. Перечень тем лабораторных занятий, их название

Основная цель проведения лабораторных занятий состоит в закреплении теоретического материала курса, приобретении навыков выполнения эксперимента, обработки экспериментальных данных, анализа результатов, грамотного оформления отчетов.

№ темы по п.1	Наименование лабораторной работы	Содержание	Обеспеченность по пункту 2.2
16	Исследование импедансных характеристик элементов антенно-фидерного тракта БИТМРД.	Изучение методики и экспериментальное исследование импедансных характеристик устройств антенно-фидерного тракта с помощью векторного анализатора цепей типа Pocket VNA	2.2.1, 2.2.6
12	Измерение основных параметров метки RFID системы ВЧ	Изучение методик измерения основных характеристик метки RFID системы ВЧ диапазона: пороговой чувствительности в	2.2.1, 2.2.7, 2.2.10

№ темы по п.1	Наименование лабораторной работы	Содержание	Обеспеченность по пункту 2.2
	диапазона	режиме чтения, зоны активации метки, параметров отклика метки в спектральной и временной областях.	
12	Измерение основных параметров считывателя RFID системы ВЧ диапазона	Изучение методик измерения основных характеристик считывателя RFID системы ВЧ диапазона: максимального и минимального уровней напряженности магнитного поля в окрестности приемопередающей антенны считывателя, спектрально-временных характеристик зондирующих сигналов для различных протоколов радиоинтерфейса.	2.2.1, 2.2.7, 2.2.10
13	Измерение основных параметров меток RFID системы УВЧ диапазона	Изучение методик измерения основных характеристик метки RFID системы УВЧ диапазона: пороговой чувствительности в режиме чтения, ориентационной чувствительности, параметров отклика метки в спектральной и временной областях в зависимости от параметров протокола связи.	2.2.1, 2.2.8, 2.2.11
13	Измерение основных параметров считывателя RFID системы УВЧ диапазона	Изучение методик измерения основных характеристик считывателя RFID системы УВЧ диапазона: эффективной излучаемой мощности в зоне активации метки, частоты, спектрально-временных характеристик зондирующих сигналов для различных протоколов радиоинтерфейса.	2.2.1, 2.2.8, 2.2.11

## 2.5 Перечень рекомендуемых средств диагностики результатов учебной деятельности

Для диагностики результатов учебной деятельности могут использоваться следующие формы:

1. Текущий опрос.
2. Контрольный опрос.
3. Письменный опрос
4. Защита лабораторных работ
5. Контрольная работа.

## 2.6 Контрольная работа

Основная цель выполнения контрольной работы состоит в закреплении теоретического материала курса, приобретении навыков расчета энергетического потенциала радиосистемы ближнего радиуса действия, расчета и моделирования в среде CST параметров антенн, входящих в состав этой системы, анализа полученных результатов и грамотного оформления документации.

№ темы по п.1	Наименование контрольной работы	Содержание	Обеспеченность по пункту 2.2
5,6,8,9,15	Определение дальности связи БИТБРД при функционировании в условиях ограниченного пространства.	Контрольная работа (КР) предусматривает выполнение расчета дальности связи БИТБРД при заданных электромагнитных параметрах и конфигурации ограниченного пространства, типе поляризации поля, коэффициентах усиления антенн, виде модуляции и допустимой вероятности битовой ошибки. КР предусматривает расчет и моделирование параметров антенн для реализации энергетического потенциала радиолинии связи в отсутствии или при наличии активных помех. Задание на контрольную работу выдается индивидуально.	2.2.1 – 2.2.11

### 3.1 Учебно-методическая карта учебной дисциплины в дневной форме обучения

Номер раздела, темы по п.1	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Самостоятельная работа, часы	Форма контроля знаний
		ЛК	Лаб. зан.	ПЗ		
1	Введение. Разновидности, области применения и современная классификация БИТБРД.	1	-	-	2	Текущий опрос
2	Условные границы зон функционирования РСБРД.	1	-	2	2	Контрольный опрос
3	Обобщенная структура, компоненты и основные технические характеристики канала передачи информации БИТБРД.	2	-	2	4	Контрольный опрос
4	Количественные характеристики эффективности и помехоустойчивости каналов связи современных и перспективных БИТБРД.	1	-	-	2	Контрольный опрос
5	Сравнительная эффективность и помехоустойчивость современных и перспективных видов модуляции для БИТБРД.	4	-	-	6	Письменный опрос
6	Эффективность современных методов помехоустойчивого кодирования и декодирования сигналов в БИТБРД.	2	-	-	4	Контрольный опрос
7	Современные методы и технологии повышения помехоустойчивости и эффективности БИТБРД.	1	-	-	4	Контрольный опрос
8	Прикладные программные средства компьютерного проектирования и оптимизации пассивных устройств БИТБРД.	3	-	2	20	Контрольный опрос
9	Влияние согласования в антенно-фидерном тракте (АФТ) на помехоустойчивость БИТБРД.	4	-	2	12	Контрольный опрос
10	Общая характеристика нормативно-правовой базы БИТБРД.	1	-	-	8	Текущий опрос
11	Информационно-коммуникационные системы Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, WHDI, UWB.	2	-	-	10	Контрольный опрос
12	Информационно-коммуникационные системы радиочастотной идентификации НЧ и ВЧ диапазонов.	2	8	2	8	Защита лаб. работ
13	Информационно-коммуникационные системы RFID УВЧ и СВЧ диапазонов	2	8	2	8	Защита лаб. работ
14	Модели и методы оптимизации в БИТБРД.	1	-	-	10	Текущий опрос
15	Особенности расчета энергетических характеристик сигналов в канале связи БИТБРД.	3	-	4	20	Письменный опрос
16	Измерение основных характеристик устройств и компонентов БИТБРД.	2	4	-	10	Защита лаб. работ
	<b>Текущая аттестация</b>					<b>экзамен</b>
	<b>Итого</b>	<b>32</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>130</b>	

### 3.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины в заочной форме обучения

Номер раздела, темы по	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Самостоятельная работа, часы	Форма контроля знаний
		ЛК	Лаб. зан.	ПЗ		
1	Введение. Разновидности, области применения и современная классификация БИТБРД.	-	-	-	2	Контрольный опрос
2	Условные границы зон функционирования РСБРД.	1	-	-	2	Контрольный опрос
3	Обобщенная структура, компоненты и основные технические характеристики канала передачи информации БИТБРД.	1	-	-	6	Контрольный опрос
4	Количественные характеристики эффективности и помехоустойчивости каналов связи современных и перспективных БИТБРД.	1	-	-	6	Контрольный опрос
5	Сравнительная эффективность и помехоустойчивость современных и перспективных видов модуляции для БИТБРД.	-	-	-	12	Контрольная работа
6	Эффективность современных методов помехоустойчивого кодирования и декодирования сигналов в БИТБРД.	-	-	-	12	Контрольная работа
7	Современные методы и технологии повышения помехоустойчивости и эффективности БИТБРД.	1	-	-	10	Контрольный опрос
8	Прикладные программные средства компьютерного проектирования и оптимизации пассивных устройств БИТБРД.	1	-	-	24	Контрольная работа
9	Влияние согласования в антенно-фидерном тракте (АФТ) на помехоустойчивость БИТБРД.	1	-	-	14	Контрольная работа
10	Общая характеристика нормативно-правовой базы БИТБРД.	-	-	-	10	Контрольный опрос
11	Информационно-коммуникационные системы Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, WHDI, UWB.	-	-	-	14	Контрольный опрос
12	Информационно-коммуникационные системы радиочастотной идентификации НЧ и ВЧ диапазонов.	1	2	2	14	Защита лаб. работ
13	Информационно-коммуникационные системы RFID УВЧ и СВЧ диапазонов	1	2	2	14	Защита лаб. работы
14	Модели и методы оптимизации в БИТБРД.	-	-	-	8	Текущий опрос
15	Особенности расчета энергетических характеристик сигналов в канале связи БИТБРД.	2	-	-	20	Контрольная работа
16	Измерение основных характеристик устройств и компонентов БИТБРД.	-	-	-	12	Контрольный опрос
	<b>Текущая аттестация</b>					<b>экзамен</b>
	<b>Итого</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>180</b>	

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
С ДРУГИМИ УЧЕБНЫМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Перечень учебных дисциплин	Кафедра, обеспечивающая учебную дисциплину по п.1	Предложения об изменениях в содержании по изучаемой учебной дисциплине	Подпись заведующего кафедрой, обеспечивающей учебную дисциплину по п.1, с указанием номера протокола и даты заседания кафедры
1	2	3	4
Методы, системы и устройства формирования информационных электромагнитных полей	ИРТ	нет	<hr/> <p style="text-align: center;">Н.И.Листопад</p> <p style="text-align: center;">Протокол № 18 от 03.06.2019г.</p>

Заведующий кафедрой ИРТ

Н.И. Листопад