


Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

## УТВЕРЖДЕНО

решением Учёного совета факультета математики,  
информационных и авиационных технологий

от «16» мая 2023 г., протокол № 4/23

Председатель \_\_\_\_\_ / М.А. Волков  
«16» мая 2023 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Профессиональный электив. Беспроводные технологии передачи данных
Факультет	Математики, информационных и авиационных технологий
Кафедра	ТТС
Курс	3

Направление (специальность): 09.03.02 - "Информационные системы и технологии"

Направленность (профиль/специализация): Разработка информационных систем

Форма обучения: очная, заочная

Дата введения в учебный процесс УлГУ:

1 сентября 2023 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 09 2024 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № от 20 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № от 20 г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Смагин Алексей Аркадьевич.	Телекоммуникационных технологий и сетей	Д.т.н., профессор


СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой  
телекоммуникационных технологий и сетей,  
реализующей дисциплину и выпускающей

 / Смагин А.А. /

Подпись \_\_\_\_\_ ФИО \_\_\_\_\_

«16» мая 2023 г.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Ознакомить студентов с технологиями беспроводной связи, а именно: существующими системами беспроводного доступа, принципами функционирования, особенностями распространения радиоволн используемых диапазонов частот, влиянием многолучёвости каналов распространения, пропускной способностью беспроводных каналов, используемыми методами модуляции и помехоустойчивого кодирования, использованием пространственно-временных методов передачи, способами выравнивания характеристик канала, технологией модуляции на нескольких несущих, широкополосными системами передачи, технологиями мультиплексирования каналов, сотовой организацией сетей связи. Учебным планом предусмотрены лекционные, лабораторные и практические занятия.

**Задачи освоения дисциплины:** приобретение в рамках освоения предусмотренного курсом занятий следующих знаний, умений и навыков, характеризующих определённый уровень сформированности целевых компетенций (см. подробнее п.3):

1) знать:

- основные положения теории кодирования информации и, наиболее важные технические термины, используемые в статистическом кодировании, и концепцию системы связи с отдельным кодированием;
- классические методы статистического и словарного кодирования, современные тенденции развития статистического кодирования в технике связи;
- различные критерии построения устройств защиты от ошибок.

2) уметь:

- проводить анализ и классификацию источников дискретных сообщений, осуществлять выбор вероятностной модели и метода статистического кодирования, соответствующих природе источника сообщений;
- рассчитывать качественные параметры построенной схемы статистического кодирования и осуществлять выбор метода помехоустойчивого кодирования, наиболее отвечающего заданным критериям оптимизации;
- применять полученные знания и навыки на практике;

3) владеть:


- культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Курс входит в вариативную часть Б1.В.1.22 Основной Профессиональной Образовательной Программы бакалавриата по направлению подготовки 09.03.02 - "Информационные системы и технологии".

Для успешного освоения дисциплины необходимо освоение на базовом уровне дисциплин: Информатика и программирование, «Программирование на языке Python», «Аппаратные средства ЭВМ», «Введение в специальности научно-образовательного кластера», «Технология программирования».

Дисциплина закладывает знания, необходимые для изучения выбора индивидуальной траектории обучения, а также при выполнении практических работ, прохождении практики, выполнении курсовых и выпускных работ и подготовке к государственной итоговой аттестации.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		


### 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
<p>ПК-16 Способен осуществлять развитие транспортных сетей и сетей передачи данных, включая сети радиодоступа, спутниковых систем, коммутационных подсистем и сетевых платформ</p>	<p><b>Знать:</b> физические основы и технические возможности современных технологий беспроводной связи; области применения, типы контента и требования к качеству услуг, обеспечиваемых различными современными технологиями беспроводной связи.</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать на практике тип современной технологии для организации беспроводной связи конкретного проекта; разрабатывать и обосновывать соответствующие техническому заданию и современному уровню развития теории и техники структурные схемы систем связи и архитектуру соответствующих беспроводных сетей с учетом условий их эксплуатации, включая требования экономики, качества предоставляемых услуг, охраны труда и окружающей среды; обоснованно выбирать функциональные блоки систем и сетей связи с учетом требований электромагнитной совместимости, технологичности, удобства и надежности эксплуатации, экономической и спектральной эффективности; осуществлять расчет или обоснованный выбор значений параметров функциональных блоков систем связи на основе результатов анализа требований к качеству предоставляемых услуг, стремясь к их технико-экономической оптимизации; проводить имитационный или натурный эксперимент по измерению основных показателей и характеристик систем и их функциональных блоков.</p> <p><b>Владеть:</b> первичными навыками выбора функциональных блоков систем связи и их объединения для совместной работы при составлении проекта системы, его реализации и технической эксплуатации; навыками планирования имитационного и аппаратного эксперимента, проводимого с целью экспериментальной оценки основных характеристик качества функционирования устройств и систем, построенных на основе беспроводных технологий.</p>

### 4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего): 2 з.е.

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах): 72 часов

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		


Форма обучения: очная

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения очная)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		7
1	2	3
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	54	54
Аудиторные занятия:	54	54
Лекции	18	18\18*
Семинары и практические занятия	-	-
Лабораторные работы, практикумы	36	36\36*
Самостоятельная работа	54	54
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы	тестирование, защита лабораторных работ	тестирование, защита лабораторных работ
Курсовая работа	курсовая	курсовая
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	зачёт	зачёт
Всего часов по дисциплине	108	108

Форма обучения: заочная

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения заочная)	
	Всего по плану	В т.ч. по сессиям
		11
1	2	3
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	24	24
Аудиторные занятия:	24	24
Лекции	12	12\12*
Семинары и практические занятия	-	-
Лабораторные работы, практикумы	12	12\12*
Самостоятельная работа	80	80
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы	тестирование, защита лабораторных работ	тестирование, защита лабораторных работ
Курсовая работа	курсовая	курсовая
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	зачёт	зачёт (4)
Всего часов по дисциплине	108	108

\*Количество часов работы ППС с обучающимися в дистанционном формате с применением электронного обучения


Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения.

#### 4.3. Содержание дисциплины (модуля.) Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения: очная


Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	
Введение. Современные направления развития технологий беспроводной связи	14	2	-	5	5	7	Проверка лаб. работ, тестирование
Теоретические основы современной техники беспроводной связи	14	2	-	5	5	7	Проверка лаб. работ, тестирование
Широкополосная связь	15	2	-	5	5	8	Проверка лаб. работ, тестирование
Технологии с организацией пространственных каналов	16	3	-	5	5	8	Проверка лаб. работ, тестирование
Адаптивные системы передачи	16	3	-	5	5	8	Проверка лаб. работ, тестирование
Сверхширокополосная связь	16	3	-	5	5	8	Проверка лаб. работ, тестирование
Основные тенденции	17	3	-	6	6	8	Проверка лаб. работ,

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

развития технологий беспроводной связи							тестирование
Итого:	180	18	-	36	36	54	

Форма обучения: заочная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	
Введение. Современные направления развития технологий беспроводной связи	12	1	-	1	1	10	Проверка лаб. работ, тестирование
Теоретические основы современной техники беспроводной связи	12	1	-	1	1	10	Проверка лаб. работ, тестирование
Широкополосная связь	14	2	-	2	2	10	Проверка лаб. работ, тестирование
Технологии с организацией пространственных каналов	14	2	-	2	2	10	Проверка лаб. работ, тестирование
Адаптивные системы передачи	14	2	-	2	2	10	Проверка лаб. работ, тестирование
Сверхширокополосная связь	19	2	-	2	2	15	Проверка лаб. работ, тестирование
Основные тенденции развития	19	2	-	2	2	15	Проверка лаб. работ, тестирование

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

технологий беспроводной связи							ние
Итого:	180	12	-	12	12	80	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов
1.	Введение. Современные направления развития технологий беспроводной связи	Цели, задачи и содержание дисциплины. История беспроводной связи. Основы функционирования. Современные беспроводные системы и перспективы их развития.
2.	Теоретические основы современной техники беспроводной связи	Современные методы цифровой модуляции. Современные методы кодирования источников сообщений и помехоустойчивого кодирования.
3.	Широкополосная связь	Широкополосная связь с простыми и шумоподобными сигналами. Основы технологии кодового и кодово-временного разделения каналов. Основы технологии кодового разделения каналов со многими несущими. Основы технологии ортогонального частотного
4.	Технологии с организацией пространственных	Основы формирования пространственных каналов. Системы со многими выходами и многими входами. Пространственно-временное кодирование.
5.	Адаптивные системы передачи	Эквалайзеры и турбо-выравнивание. Системы беспроводной связи с переменной
6.	Сверхширокополосная связь	Области применения и сущность сверхширокополосной (СШП) технологии. Методы формирования и излучения СШП сигналов. Модели распространения и методы демодуляции СШП сигналов. Сверхбыстродействующие персональные сети.
7.	Основные тенденции развития технологий беспроводной связи	Сотовые системы и беспроводные сети с базовой инфраструктурой. Повторное использование каналов. Емкость соты и отношение сигнал-помеха. Динамическое распределение ресурсов.


## 6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Данный вид работы не предусмотрен УП

## 7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

**Лабораторная** работа  
Исследование методов защиты терминала беспроводной связи Bluetooth  
Цель лабораторной работы:



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

Ознакомление с методами защиты терминала беспроводной связи Bluetooth в системе Android.

Перед выполнением лабораторного задания студенты должны ориентироваться в основных аспектах информатики и иметь основные понятия о функционировании системы беспроводной связи Bluetooth и используемых методах защиты информации. В результате выполнения лабораторного задания студенты должны получить навыки обеспечения защиты терминала беспроводной связи Bluetooth в системе Android.

Лабораторное задание

При подготовке к лабораторному занятию следует предварительно изучить: методы передачи информации посредством технологии Bluetooth, основные угрозы безопасности Bluetooth и методы защиты.

1. Включить Bluetooth на двух или более смартфонах, используя их меню.
2. Включить режим обнаружения расположенных вблизи устройств Bluetooth.
3. Выбрать файл данных для его передачи с использованием технологии Bluetooth.
4. Выбрать получателя для передачи данных.
5. Произвести процедуру «спаривания» передающего и принимающего терминалов.
6. Передать файл.
7. Удостовериться в получении файла противоположной стороной.

При выполнении задания рекомендуется соблюдать следующую последовательность:

1. Изучить методические указания к данному лабораторному занятию.
2. Выполнить лабораторную часть.
3. Ответить на контрольные вопросы.


## 8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП


## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

1. Основные *этапы преобразования сигнала* в цифровых системах связи.
2. Основная *терминология* области *цифровой связи*.
3. *Классификация сигналов:* детерминированные и случайные, периодические и непериодические, аналоговые и дискретные, мощностные и энергетические.
4. *Спектральная плотность энергии и мощности.* Автокорреляция энергетического сигнала и мощностного сигнала.
5. *Случайные сигналы*, случайные переменные, распределение вероятности и плотность вероятности.
6. *Случайные процессы*, статистическое среднее, стационарные процессы, автокорреляция случайных процессов, усреднение по времени и эргодичность.
7. *Спектральная плотность мощности* и автокорреляция случайного процесса.
8. *Шум в системах связи*, гауссов случайный процесс, белый шум.
9. *Передача сигнала через линейные системы*, импульсная характеристика, частотная и передаточная функция, случайные процессы и линейные системы, идеальная фильтрация, реализуемые фильтры, сигналы, каналы, спектры.
10. *Ширина полосы при передаче цифровых данных*, узкополосные и широкополосные сигналы, дилемма определения ширины полосы.



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

11. **Форматирование и узкополосная модуляция**, узкополосные системы, форматирование текстовой информации (знаки, сообщения и символы).
12. **Форматирование аналоговой информации**, дискретизация аналоговых сигналов, выборка с использованием единичных импульсов, естественная дискретизация, метод выборки и хранение, наложение спектров при дискретизации, выборка с запасом.
13. **Аналоговая фильтрация**, дискретизация и преобразование аналоговых сигналов в цифровые сигналы, цифровая фильтрация и повторная выборка, сопряжение сигнала с цифровой системой.
14. **Источники искажения сигналов**, влияние дискретизации и квантования, воздействие канала, шум канала, межсимвольная интерференция, отношение сигнал/шум для квантованных сигналов, импульсно-кодовая модуляция **ИКМ (PCM)**.
15. **Квантование** с постоянным и переменным шагом, статистика амплитуд речевого сигнала, неравномерное квантование, компандирование.
16. **Узкополосная передача**, Представление двоичной последовательности электрическими импульсами, типы сигналов **PCM**, спектральные параметры сигналов **PCM**, число бит на слово **PCM** и число бит на символ, размер слова **PCM**, **M**-арные импульсно-модулированные сигналы.
17. **Корреляционное кодирование**, двубинарная передача сигналов, двубинарное декодирование, предварительное кодирование, полибинарная передача сигналов.
18. **Узкополосная демодуляция/обнаружение**, сигналы и шум, рост вероятности ошибки в системах связи, демодуляция и обнаружение, векторное представление сигнала и шума, энергия сигнала, ортогональное представление сигналов и шумов, дисперсия белого шума.
19. **Важнейший параметр цифровой связи** - отношение сигнал/шум, отношение энергии бита к средней мощности шума естественный критерий качества.
20. **Обнаружение двоичных сигналов** в гауссовом шуме, критерий максимального правдоподобия приема сигналов, вероятность ошибки, согласованный фильтр, реализация корреляции в согласованном фильтре, сравнение свертки и корреляции.
21. **Оптимизация вероятности ошибки**, вероятность возникновения ошибки при двоичной передаче сигналов, использование базисных функций для описания передачи сигналов. **Межсимвольная интерференция**, формирование импульсов с целью снижения **ISI**, фильтр с характеристикой типа приподнятого косинуса, факторы роста вероятности ошибки, демодуляция и обнаружение сформированных импульсов, согласованные и обычные фильтры, импульсы **Найквиста**.
22. **Выравнивание**, характеристики канала, глазковая диаграмма, **типы эквалайзеров**, трансверсальный эквалайзер, эквалайзер с решающей обратной связью, заданное и адаптивное выравнивание, частота обновления фильтра.
23. **Полосовая модуляция и демодуляция**, методы цифровой полосовой модуляции, векторное представление синусоиды, фазовая манипуляция, частотная манипуляция, амплитудная манипуляция, амплитудно-фазовая манипуляция.
24. **Обнаружение сигнала** в гауссовом шуме, области решений, корреляционный приемник, порог двоичного решения.
25. **Когерентное обнаружение**, цифровой согласованный фильтр, когерентное обнаружение **MPSK**, когерентное обнаружение **FSK**.
26. **Некогерентное обнаружение**, обнаружение сигналов при дифференциальной модуляции **PSK**, бинарная модуляция **DPSK**, некогерентное обнаружение сигналов **FSK**, расстояние между тонами для некогерентной ортогональной передачи **FSK**, минимальное расстояние между тонами и ширина полосы.
27. **Комплексная огибающая**, квадратурная реализация модулятора, модулятор **D8PSK**,

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

демодулятор *D8PSK*.

28. **Вероятность ошибки в бинарных системах**, вероятность битовой ошибки при когерентном обнаружении сигнала *BPSK*, вероятность битовой ошибки при когерентном обнаружении сигнала в дифференциальной модуляции *BPSK*, вероятность битовой ошибки при когерентном обнаружении сигнала в бинарной ортогональной модуляции *FSK*, вероятность битовой ошибки при некогерентном обнаружении сигнала в бинарной ортогональной модуляции *FSK*, вероятность битовой ошибки при бинарной модуляции *DPSK*, вероятность ошибки для различных модуляций.

29. **M-арная передача сигналов и производительность**, векторное представление сигналов *MPSK*, вероятности ошибок *BPSK* и *QPSK*, векторное представление сигналов *MFSK*.

30. **Вероятность символьной ошибки** для *M*-арных систем, вероятность символьной ошибки для модуляции *MPSK*, вероятность символьной ошибки для модуляции *MFSK*, зависимость вероятности битовой ошибки от вероятности символьной ошибки для ортогональных сигналов, зависимость вероятности битовой ошибки от вероятности символьной ошибки для многофазных сигналов, влияние межсимвольной интерференции.

31. Что такое **бюджет канала связи**, канал, понятие открытого пространства, взаимосвязь отношения сигнал/шум с отношением энергии бита к средней мощности шума, источники возникновения шумов и ослабления сигнала.

32. **Мощность принятого сигнала** и шума, дистанционное уравнение, мощность принятого сигнала как функция частоты, зависимость потерь в тракте от частоты, мощность теплового шума.

33. **Анализ бюджета канала связи**, требуемое и принятое отношение энергии бита к средней мощности шума, энергетический резерв канала связи, резерв канала связи, доступность канала связи.

34. **Коэффициент шума и шумовая температура системы**, коэффициент шума, шумовая температура, потери в линии связи, суммарный шум фактор и общая шумовая температура.

35. **Эффективная температура системы**, шумовая температура неба, радиокарта неба.

36. **Пример анализа канала связи**, элементы бюджета канала, добротность приемника, принятая изотропная мощность.

37. **Спутниковые ретрансляторы**, нерегенеративные ретрансляторы, нелинейное усиление ретрансляторов, системные компромиссы.


38. **Кодирование сигнала и структурированные последовательности**, антиподные и ортогональные сигналы, *M*-арная передача сигналов, кодирование сигнала, ортогональные коды, биортогональные коды, трансортогональные коды.

39. **Типы защиты от ошибок**, связность оконечных устройств, автоматический запрос повторной передачи.


40. **Структурированные последовательности**, модели каналов, дискретный канал без памяти, двоичный симметричный канал, гауссов канал, степень кодирования и избыточность, терминология в кодировании.

41. **Коды с контролем четности**, код с одним контрольным битом, прямоугольный код, кодирование с коррекцией ошибок, компромиссы, характеристики при низком значении энергии бита к средней мощности шума.

42. **Линейные блочные коды**, векторные пространства, векторные подпространства, матрица генератора, систематические линейные блочные коды, проверочная матрица, контроль с помощью синдромов, исправление ошибок, синдром класса смежности, декодирование с исправлением ошибок, локализация ошибочной комбинации, реализация декодера, векторные обозначения.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

43. **Возможность обнаружения и исправления ошибок**, минимальное расстояние для линейного кода, обнаружение и исправление ошибок, распределение весовых коэффициентов кодовых слов, визуализация пространства **б**-кортежей, коррекция со стиранием ошибок.
44. **Полезность нормальной матрицы**, оценка возможностей кода, код  $(n, k)$ , соотношение между обнаружением и исправлением ошибок, взгляд на код через нормальную матрицу.
45. **Циклические коды**, алгебраическая структура циклических кодов, свойства двоичного циклического кода, кодирование в систематической форме, логическая схема для реализации полиномиального деления, систематическое кодирование с  $(n-k)$ -разрядным регистром сдвига, обнаружение ошибок с помощью  $(n-k)$ -разрядного регистра сдвига.
46. **Известные блочные коды**, коды **Хемминга**, расширенный код **Голея**, коды **БЧХ**.
47. **Сверточное кодирование**, представление сверточного кода, импульсная характеристика кодера, полиномиальное представление, представление состояния и диаграмма состояний, древовидные диаграммы, решетчатая диаграмма.
48. **Формулировка задачи сверточного кодирования**, декодирование по методу максимального правдоподобия, модели каналов: мягкое или жесткое принятие решений, двоичный симметричный канал, гауссов канал.
49. **Алгоритм сверточного декодирования Витерби**, реализация декодера, память путей и синхронизация.
50. **Свойства сверточных кодов**, пространственные характеристики сверточных кодов, систематические и несистематические сверточные коды, границы рабочих характеристик сверточных кодов, эффективность кодирования, наиболее известные сверточные коды, компромиссы сверточного кодирования, мягкое декодирование по алгоритму **Витерби**.
51. **Другие алгоритмы сверточного декодирования**, последовательное декодирование, сравнение декодирования по алгоритму Витерби с последовательным декодированием и их ограничения, декодирование с обратной связью.
52. **Коды Рида-Соломона**, вероятность появления ошибок для кодов **Рида-Соломона**, эффективность кодов **Рида-Соломона** при импульсных помехах, рабочие характеристики кода **Рида-Соломона** как функция размера, избыточности и степени кодирования.
53. **Конечные поля**, операция сложения в расширенном **поле Галуа**, описание конечного поля с помощью примитивного полинома, пример поля расширения **Галуа**.
54. **Кодирование Рида-Соломона**, кодирование в систематической форме, систематическое кодирование с помощью  $(n-k)$ -разрядного регистра сдвига, декодирование **Рида-Соломона**, вычисление синдрома, локализация ошибки, значения ошибок.
55. **Коды с чередованием и каскадные коды**, блочное чередование, сверточное чередование, каскадные коды, кодирование и чередование в системах цифровой записи информации на компакт дисках.
56. **Турбокоды**, понятия турбокодирования, функция правдоподобия, пример класса из двух сигналов, логарифмическое отношение правдоподобий, принципы итеративного турбо декодирования, алгебра логарифма правдоподобия.
57. **Компромиссы** при использовании модуляции и кодирования, цели разработчика систем связи, характеристика вероятности появления ошибки, минимальная ширина полосы по **Найквисту**, теорема **Шеннона-Хартли** о пропускной способности канала.
58. **Плоскость полоса-эффективность**, эффективность использования полосы при выборе схем **MPSK** и **MFSK**, аналогия между графиками эффективности использования полосы частот и вероятности появления ошибки.
59. **Компромиссы при использовании модуляции и кодирования**, определение,

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

разработка и оценка систем цифровой связи, *M*-арная передача сигналов, системы ограниченной полосы пропускания, системы ограниченной мощности, требования к передаче сигналов *MPSK* и *MFSK*, система ограниченной полосы без кодирования, система ограниченной мощности без кодирования, система ограниченной мощности и полосы пропускания с кодированием, расчет эффективности кодирования, выбор кода.

60. *Модуляция с эффективным использованием полосы частот*, передача сигналов с модуляцией *QPSK* и *OQPSK*, манипуляция с минимальным сдвигом, модуляция *GMSK*, вероятность ошибки при модуляциях *OQPSK* и *QPSK*, квадратурная амплитудная модуляция, компромисс между полосой пропускания и мощностью.

61. *Модуляция и кодирование в каналах с ограниченной полосой*, границы совокупности сигналов, совокупности сигналов высших размерностей, *решетчатые структуры* высокой плотности.

62. *Решетчатое кодирование*, истоки решетчатого кодирования, увеличение избыточности сигнала, кодирование *TCM*, *разбиение Унгербоека*, отображение сигналов на переходы решетки, декодирование *TCM*, ошибочное событие и просвет, эффективность кодирования, эффективность кодирования для схемы *8-PSK* при использовании решетки с четырьмя состояниями, другие решетчатые коды, многомерное решетчатое кодирование.

63. *Синхронизация*, виды синхронизации, плата за преимущества, синхронизация приемника, частотная и фазовая синхронизация, линеаризованное уравнение контура, характеристики стационарного состояния, реакция на скачок фазы, реакция на скачок частоты, реакция на линейное изменение частоты.

64. *Производительность при шуме*, анализ нелинейного контура, схемы подавления несущей, синфазно-квадратурные схемы, схемы подавления несущей высших порядков, начальная синхронизация, ошибки сопровождения фазы и производительность канала, отношение сигнал/шум в контуре *ФАПЧ*, методы анализа спектра.

65. *Символьная синхронизация-модуляция* дискретных символов, разомкнутые символьные синхронизаторы, замкнутые символьные синхронизаторы, ошибки символьной синхронизации и вероятность символьной ошибки.

66. *Синхронизация при модуляциях без разрыва фазы*, синхронизация с использованием данных, синхронизация без использования данных.

67. *Кадровая синхронизация*, сетевая синхронизация, открытая синхронизация передатчиков, закрытая синхронизация передатчиков.

68. *Распределение ресурса связи*. Уплотнение множественный доступ с частотным и временным разделением.

69. *Распределение ресурса связи по каналам*. Сравнение производительности **FDMA** и **TDMA**.


70. *Множественный доступ с кодовым разделением*. Множественный доступ с поляризационным и пространственным разделением.

71. *Системы связи множественного доступа и архитектура*. Информационный поток в системах множественного доступа. Множественный доступ с представлением каналов по требованию.

## 10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяются в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол №8/268 от 26.03.2019 г.).

Форма обучения: очная


Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

<b>Название разделов и тем</b>	<b>Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.)</b>	<b>Объем в часах</b>	<b>Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)</b>
Введение. Современные направления развития технологий беспроводной связи	Чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам, выполнение лабораторных работ	7	Проверка лаб. работ, тестирование
Теоретические основы современной техники беспроводной связи	Чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам, выполнение лабораторных работ	7	Проверка лаб. работ, тестирование
Широкополосная связь	Чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам, выполнение лабораторных работ	8	Проверка лаб. работ, тестирование
Технологии с организацией пространственных каналов	Чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам, выполнение лабораторных работ	8	Проверка лаб. работ, тестирование
Адаптивные системы передачи	Чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам, выполнение лабораторных работ	8	Проверка лаб. работ, тестирование
Сверхширокополосная связь	Чтение	8	Проверка лаб. работ, тестирование
Основные тенденции развития технологий беспроводной связи	Чтение	8	Проверка лаб. работ, тестирование

Форма обучения: заочная

<b>Название разделов и тем</b>	<b>Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.)</b>	<b>Объем в часах</b>	<b>Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)</b>
Введение. Современные	Чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное	10	Проверка лаб. работ,



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

направления развития технологий беспроводной связи	изучение материала по литературным источникам, выполнение лабораторных работ		тестирование
Теоретические основы современной техники беспроводной связи	Чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам, выполнение лабораторных работ	10	Проверка лаб. работ, тестирование
Широкополосная связь	Чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам, выполнение лабораторных работ	10	Проверка лаб. работ, тестирование
Технологии с организацией пространственных каналов	Чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам, выполнение лабораторных работ	10	Проверка лаб. работ, тестирование
Адаптивные системы передачи	Чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам, выполнение лабораторных работ	10	Проверка лаб. работ, тестирование
Сверхширокополосная связь	Чтение	15	Проверка лаб. работ, тестирование
Основные тенденции развития технологий беспроводной связи	Чтение	15	Проверка лаб. работ, тестирование


## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы основная

1. Бурсиан, Е. Ю. Основы кодирования : учебное пособие / Е. Ю. Бурсиан, Д. П. Бураков. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2022. — 58 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/279023>
2. Акмаров, П. Б. Кодирование и защита информации : учебное пособие / П. Б. Акмаров. — Ижевск : Ижевская ГСХА, 2016. — 136 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133975>

### дополнительная

1. Ланских, В. Г. Теоретические основы передачи информации (курс лекций) : учебное пособие / В. Г. Ланских. — Киров : ВятГУ, 2018. — 249 с. — Текст : электронный //

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

- Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/164445>
2. Смагин Алексей Аркадьевич. Методы статистического кодирования : учеб.-метод. пособие / Смагин Алексей Аркадьевич; УлГУ, ФМИиАТ, Каф. телекоммуникационных технологий и сетей. - Ульяновск : УлГУ, 2016. - Загл. с экрана. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 666 Кб). — URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/255>
  3. Березкин, Е. Ф. Основы теории информации и кодирования : учебное пособие / Е. Ф. Березкин. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. — 312 с. — ISBN 978-5-7262-1294-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75818>

#### учебно-методическая

1. Смагин А. А. Методические рекомендации для семинарских (практических) занятий, лабораторного практикума и самостоятельной работы по дисциплине «Профессиональный электив. Беспроводные технологии передачи данных» для студентов направлений: 09.03.02 «Информационные системы и технологии», 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы» / А. А. Смагин; Ульян. гос. ун-т, ФМИиАТ. - 2022. - Неопубликованный ресурс. - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/14355>.

Согласовано:

Специалист ведущий НБ УлГУ  
Должность сотрудника научной библиотеки

Боброва Н.А.  
ФИО

  
подпись

/ \_\_\_\_\_ 2023  
дата

#### б) Программное обеспечение

- ОС MS Windows;
- ОС Linux;
- пакет приложений MS Office, Мой Офис;
- MS Visual Studio

#### в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:

##### 1. Электронно-библиотечные системы:


1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2023]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru>. — Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство «ЮРАЙТ». — Москва, [2023]. - URL: <https://urait.ru>. — Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Политехресурс». — Москва, [2023]. — URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. — Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. — Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО «Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг». — Москва, [2023]. — URL: <https://www.rosmedlib.ru>. — Режим



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букап». – Томск, [2023]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС «Лань». – Санкт-Петербург, [2023]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Знаниум». – Москва, [2023]. – URL: <http://znanium.com>. – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. / ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2023].

### **3. Базы данных периодических изданий:**

3.1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2023]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.2. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД «Гребенников». – Москва, [2023]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

**4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»** : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2023]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

**5. Российское образование** : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

**6. Электронная библиотечная система УлГУ** : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Согласовано:  
  
 Должность сотрудника УИТиТ

  
 ФИО


  
 подпись

\_\_\_\_\_ дата

## **12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:**

Аудитории для проведения лекций (лекционные аудитории 3 корпуса УлГУ), семинарских занятий (лекционные аудитории 3 корпуса УлГУ), для выполнения лабораторных работ и практикумов (дисплейные классы 1 корпуса УлГУ), для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации (лекционные аудитории 3 корпуса УлГУ).

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе, указывается в соответствии со сведениями о материально-техническом обеспечении и оснащённости образовательного процесса, размещёнными на официальном сайте УлГУ в разделе «Сведения об образовательной организации».

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

### 13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ


В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

– для лиц с нарушениями зрения: в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;


– для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик  зав. кафедрой ТТС Смагин А.А.  
подпись должность ФИО

### ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Содержание изменения или ссылка на прилагаемый текст изменения	ФИО заведующего кафедрой, реализующей дисциплину/вы- пускающей кафедрой	Подпись	Дата
1	Внесение изменений в п.п. в) Профессиональные базы данных, информационно- справочные системы п. 11 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» в пункт в) (см. ниже)	Смагин А.А.		12.09.2024

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:

- 1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт /ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2024]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.
- 1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2024]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.
- 1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.
- 1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.
- 1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. –Томск, [2024]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.
- 1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2024]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.
- 1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2024]. - URL: <http://znanium.com>. – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.
2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2024].
3. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2024]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный
4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2024]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.
5. Российское образование : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.
6. Электронная библиотечная система УлГУ : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/>

Согласовано:

Нечаловская О.А. Тихонова Н.А. | И.И. | 21.05.2024  
Должность сотрудника ..... ФИО ..... подпись ..... дата