

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

Институт информационных технологий и радиоэлектроники



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМАХ**

**направление подготовки / специальность**  
09.03.01 Информатика и вычислительная техника

**направленность (профиль) подготовки**  
Системы автоматизированного проектирования микроэлектроники

г. Владимир

2021 год

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является формирование у студентов знаний в области теории передачи аналоговой и цифровой информации в беспроводных системах.

Задачи:

- знакомство со структурой типовых радиоканалов передачи аналоговой и цифровой информации;
- изучение способов цифровой модуляции сигналов, используемых в современных беспроводных системах связи;
- изучение структурных схем устройств формирования, приема и обработки радиосигналов;
- знакомство с алгоритмами демодуляции сигналов;
- знакомство типовыми методиками оценки характеристик беспроводных систем;
- изучение методик исследования беспроводных систем передачи информации с использованием САПР.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Технологии передачи данных в беспроводных системах» относится к обязательной части.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Знает основные понятия информатики; принципы программного управления; способы кодирования данных; виды обработки данных ОПК-1.2 Умеет формализовать поставленную задачу, связанную с обработкой данных в рамках заданной предметной области ОПК-1.3 Владеет средствами подготовки, редактирования и оформления текстовой документации, графиков	<i>Знать</i> общую теорию беспроводной связи, структурные схемы беспроводных систем, алгоритмические методы формирования сигналов с цифровой модуляцией <i>Уметь</i> формализовать и решать практические задачи, связанные с приемом и обработкой сигналов с цифровой модуляцией в современных телекоммуникационных системах <i>Владеть</i> основными методами моделирования беспроводных систем в САПР.	Практико-ориентированное задание
УК-6 Способен управлять своим временем, выстраивать и	УК-6.1. Знает основные принципы самовоспитания и самообразования, исходя из требований рынка труда.	<i>Знать</i> основные тенденции развития технологий беспроводной связи, включая поколения 4G, 5G, модели	Тестовые вопросы

<p>реализовывать траекторию саморазвития на основании принципов образования в течение всей жизни</p>	<p>УК-6.2. Умеет эффективно планировать и контролировать собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития, самообучения. УК-6.3. Владеет способами управления своей познавательной деятельностью и удовлетворения образовательных интересов и потребностей</p>	<p>радиоканалов и методы их исследования, в том числе, с использованием САПР. <i>Уметь</i> формализовать и решать практические задачи, связанные с применением теории систем связи, оценивать качественные характеристики беспроводных систем при передаче аналоговой и цифровой информации. <i>Владеть</i> основными методами экспериментальной оценки технических параметров устройств формирования, приема и обработки радиосигналов, навыками использования современной измерительной аппаратуры.</p>	
--	--	---	--

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации и (по семестрам)
				Лекции	Практ. занятия	Лаб. работы	в форме практической подготовки		
1	Введение. Типовая структура беспроводных систем. Передатчик информации.	6	1	2	2			2	
2	Преобразование и кодирование информации	6	2	2	2		1	2	
3	Цифровая модуляция	6	3	2	2	2		2	
4	Многопозиционные виды модуляции	6	4	2	2			4	
5	Квадратурная модуляция, усиление и излучение радиосигнала	6	5	2	2			4	
6	Свойства радиоканала, основные виды помех.	6	6	2	2		2	4	Рейтинг-контроль

									№1
7	Приемник информации. Радиоприемное устройство.	6	7	2	2		1	4	
8	Типовые структурные схемы радиоприемных устройств	6	8	2	2		2	2	
9	Приемник прямого преобразования на нулевую ПЧ	6	9	2	2		2	2	
10	Когерентные методы демодуляции	6	10	2	2	4		2	
11	Некогерентные методы демодуляции	6	11	2	2	4		4	
12	Технологии расширения спектра	6	12	2	2	4	2	4	Рейтинг-контроль №2
13	Сверхширокополосные системы	6	13	2	2		2	2	
14	Технология OFDM. Передатчик.	6	14	2	2		2	2	
15	Технология OFDM. Приемник.	6	15	2	2			4	
16	Технологии разнесенного приема	6	16	2	2		2	4	
17	Методики оценки дальности	6	17	2	2			4	
18	Возможности современных САПР при проектировании беспроводных систем передачи информации	6	18	2	2	4		2	Рейтинг-контроль №3
Всего 144 ч.				36	36	18		54	Зачет

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

1. Введение. Основные понятия беспроводных систем передачи информации.
  - 1.1 Типовая структура системы связи.
  - 1.2 Критерии оценки качества передачи информации (BER, PER, SINAD).
  - 1.3 Структурная схема тракта передатчика информации.
2. Преобразование и кодирование информации
  - 2.1 Акустические преобразователи, АЦП.
  - 2.2 Речевое кодирование.
  - 2.3 Помехоустойчивое кодирование, перемежение.
3. Цифровая модуляция
  - 3.1 Принципы формирования модулированного сигнала в базовой полосе частот в виде комплексной огибающей.
  - 3.2 Формирование сигналов с узкополосной модуляцией типа ASK, FSK, MSK, BPSK, QPSK, DBPSK, DQPSK.
  - 3.3 Фазовый портрет. Спектры сигналов. Сравнительный анализ и области применения.
4. Многопозиционные виды модуляции
  - 4.1 Модуляция типа 8-PSK, APSK, QAM.
  - 4.2 Достоинства и недостатки, области применения.
5. Квадратурная модуляция, усиление и излучение радиосигнала
  - 5.1 Структура квадратурного модулятора. Принципы нелинейного преобразования.
  - 5.2 Типы усилителей мощности и их эффективность.
  - 5.3 Антенны и их характеристики
6. Свойства радиоканала
  - 6.1 Основные виды помех в радиоканале.

6.2 Многолучевость. Селективные и неселективные замирания в радиоканале.

6.3 Эффект Доплера.

7. Приемник информации. Радиоприемное устройство.

7.1 Структурная схема приемника информации, назначение составных частей.

7.2 Назначение радиоприемника. Коэффициент шума.

7.3 Чувствительность, избирательность и блокировка.

8. Типовые структурные схемы радиоприемных устройств

8.1 Супергетеродинная схема с одним преобразованием частоты. Оценка избирательности.

8.2 Супергетеродинная схема с двойным преобразованием частоты.

8.3 Схема с преобразованием на низкую промежуточную частоту.

9. Приемник прямого преобразования на нулевую промежуточную частоту (ПЧ)

9.1 Структурная схема и принципы функционирования приемника.

9.2 Особенности аппаратной реализации. Чувствительность и избирательность приемника.

Побочные излучения.

9.3 SDR-приемник

10. Когерентные методы демодуляции

10.1 Понятие когерентности приема сигналов. Фазовая и тактовая синхронизация.

10.2 Когерентная демодуляция QPSK- и DQPSK-сигналов. Функциональная схема демодулятора.

10.3 Кривые помехоустойчивости когерентных демодуляторов QPSK-, DQPSK-сигналов

11. Некогерентные методы демодуляции

11.1 Некогерентная демодуляция DQPSK-сигналов.

11.2 Некогерентная демодуляция FSK-сигналов. Функциональные схемы корреляционного и линейного демодуляторов.

11.3 Кривые помехоустойчивости некогерентных демодуляторов DQPSK и FSK-сигналов

12. Технологии расширения спектра

12.1 Проблемы помехоустойчивости приема сигналов с узкополосной модуляцией.

12.2 Технология DS-SS

12.3 Технологии FS-SS, FH-SS

12.4 Технология TH-SS

13. Сверхширокополосные системы

13.1 Технология UWB.

13.2 Технология на основе хаотических процессов.

14. Технология OFDM. Передатчик.

14.1 Структура OFDM-сигнала.

14.2 Функциональная схема устройства формирования OFDM-сигнала.

14.3 Проблема нелинейных искажений OFDM-сигнала в усилителях мощности

15. Технология OFDM. Приемник.

15.1 Функциональная схема устройства приема и обработки OFDM-сигнала.

15.2 Роль циклического префикса. Адаптивный прием сигнала.

16. Технологии разнесенного приема

16.1 Пространственно-разнесенный прием.

16.2 Разнесение сигналов во времени..

16.3 Разнесение сигналов по частоте.

17. Методики оценки дальности

17.1 Формулы расчета дальности в открытом пространстве.

17.2 Формулы расчета дальности в условиях городской застройки методом Окамуры.

18. Возможности современных САПР при проектировании беспроводных систем передачи информации

18.1 САПР ADS.

18.2 САПР MatLab.

### **Содержание практических занятий по дисциплине**

1. Исследование моделей каналов с импульсно-кодовой модуляцией
2. Изучение типовых блоков функциональной модели канала дистанционного управления.
- 3-4. Исследование характеристик моделей речевых кодеков.
- 5-6. Исследование характеристик помехоустойчивых кодеков.
7. Построение функциональной схемы канала передачи информации в пакетном режиме.
8. Разработка и отладка модели блока обработки преамбулы пакета.
9. Разработка и отладка модели блока корреляционной обработки синхропоследовательности пакета.
10. Разработка и отладка модели обработки информационной части пакета.
11. Разработка и отладка модели приемника пакетов информации с оценкой вероятности пакетной ошибки PER.
12. Исследование модели приемника в различных режимах: прием при отсутствии ошибок; прием пакетов в условиях присутствия ошибок, прием случайной последовательности бит.
- 13-14. Решение задач расчета чувствительности и избирательности устройств приема и обработки сигналов.
15. Решение задач расчета дальности связи при распространении сигнала в свободном пространстве.
16. Решение задач расчета дальности в беспроводных системах при распространении сигнала в условиях многолучевости (метод Окамуры).
- 17-18. Построение и экспериментальное исследование беспроводной сети сбора данных на основе приемопередатчика в дециметровом диапазоне волн, в том числе, с использованием технологии расширения спектра.

### **Содержание лабораторных занятий по дисциплине**

1. Построение и исследование модели радиоканала с QPSK-модуляцией и когерентным приемом в САПР.
2. Построение и исследование модели радиоканала с DQPSK-модуляцией с когерентным и некогерентным приемом в САПР.
3. Построение и исследование модели радиоканала с FSK-модуляцией и некогерентным приемом в САПР.
4. Построение и исследование модели радиоканала с использованием технологии расширения спектра типа DS-SS в САПР.

Лабораторные работы выполняются на ЭВМ, оснащенных необходимым программным обеспечением (Matlab, ADS). Теоретическая подготовка к занятиям выполняется дома. Она заключается в изучении теории, выполнении предварительных расчетов параметров моделей. В лаборатории студент показывает домашнюю подготовку, выполняет исследование модемов с типовыми видами цифровой модуляции согласно индивидуальному варианту параметров сигнала, составляет отчет и защищает его у преподавателя.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **5.1. Текущий контроль успеваемости**

#### Рейтинг-контроль 1

1. Типовая структура беспроводной системы связи для передачи аналоговой информации.
2. Критерии оценки качества передачи информации (BER, PER, SINAD). Способы оценки.
3. Структурная схема тракта передатчика аналоговой информации. Назначение функциональных блоков
4. Акустические преобразователи и их типовые характеристики. МЭМС-микрофоны.
5. Роль речевого кодера. Импульсно-кодовая модуляция.
6. Особенности и сравнительный анализ дельта-кодека и кодека АДИКМ.
7. Роль помехоустойчивого кодирования. Основные типы помехоустойчивых кодеков.
8. Назначение перемежителя. Выбор параметров блочного перемежителя.
9. Принципы формирования модулированного сигнала в базовой полосе частот в виде комплексной огибающей.
10. Принципы формирования сигналов с модуляцией типа ASK, OOK.
11. Принципы формирования сигналов с модуляцией типа FSK, MSK и GMSK.
12. Принципы формирования сигналов с модуляцией типа BPSK, QPSK, DBPSK, DQPSK.
13. Понятие фазового портрета и его примеры для различных видов модуляции.
14. Сравнительный анализ спектров сигналов с узкополосными видами модуляции.
15. Модуляция типа 8-PSK и APSK-16. Фазовый портрет.
16. Модуляция типа QAM-16. Фазовый портрет.
17. Достоинства и недостатки, области применения многопозиционных видов модуляции.
18. Типовая структурная схема квадратурного модулятора. Принципы нелинейного преобразования и переноса спектра на несущую частоту.
19. Структура квадратурного модулятора. Принципы нелинейного преобразования.
20. Назначение усилителя мощности. Типы усилителей мощности и их эффективность.
21. Назначение антенн и их основные характеристики.

#### Рейтинг-контроль №2

1. Основные виды помех в радиоканале.
2. Природа многолучевости в радиоканале. Неселективные замирания в радиоканале.
3. Эффект Доплера. Примеры расчета уходов частоты несущей.
4. Селективные замирания в радиоканале.
5. Типовая структурная схема приемника информации. Назначение (кратко) составных частей.
6. Назначение радиоприемного устройства.

7. Назначение квадратурного демодулятора. Принципы преобразования сигнала на нулевую несущую частоту.
8. Чувствительность приемника и методика расчета.
9. Избирательность приемника, основные виды побочных каналов.
10. Структурная схема супергетеродинного приемника.
11. Принципы преобразования частоты сигналов в супергетеродинном приемнике.
12. Назначение преселектора. Роль в обеспечении избирательности.
13. Зеркальный побочный канал и его подавление в супергетеродинном приемнике
14. Назначение смесителя и гетеродина. Принципы перестройки частоты приема.
15. Назначение фильтра и усилителя промежуточной частоты. Обеспечение избирательности по соседнему каналу приема.
16. Супергетеродинная схема с двойным преобразованием частоты. Область применения.
17. Схема приемника с преобразованием на низкую промежуточную частоту.
18. Приемник прямого преобразования на нулевую промежуточную частоту (ППП).
19. Особенности аппаратной реализации ППП. Чувствительность и избирательность приемника. Побочные излучения.
20. Особенности SDR-приемника
21. Понятие помехоустойчивости демодуляции сигналов. Энергия бита  $E_b$ . Спектральная плотность аддитивного белого гауссова шума  $N_0$ . Кривые помехоустойчивости.
22. Особенности когерентного и некогерентного видов демодуляции.
23. Когерентный демодулятор QPSK- и DQPSK-сигналов. Кривые помехоустойчивости.
24. Некогерентный демодулятор DQPSK-сигнала. Потери помехоустойчивости по сравнению с когерентным приемом.
25. Корреляционный некогерентный демодулятор FSK-сигнала.
26. Линейный некогерентный демодулятор FSK-сигнала.

### Рейтинг-контроль №3

1. Особенности сверхширокополосных систем передачи информации.
2. Принципы формирования сигналов в UWB-системах. Многоканальность.
3. Структура канала передачи информации в UWB-системах.
4. Принципы функционирования сверхширокополосных систем на основе генераторов хаоса.
5. Проблемы увеличения скорости передачи в узкополосных системах передачи информации.
6. Технология OFDM. Формирование сигнала передатчика.
7. Технология OFDM. Прием и обработка сигнала.
8. Назначение циклического префикса.
9. Основные виды разнесенного приема.
10. Пространственно-разнесенный прием сигналов. Достоинства и недостатки.
11. Приемники с частотным и временным разнесением сигналов.
12. Решение задач на определение дальности в свободном пространстве.
13. Решение задач на определение дальности в условиях замираний.
14. Методика оценки характеристик помехоустойчивости модемов с цифровой модуляцией в САПР.

### 5.2. Промежуточная аттестация

Контрольные вопросы на зачет.

1. Типовая структура беспроводной системы передачи информации.
2. Критерии оценки качества передачи аналоговой и цифровой информации. Способы оценки.
3. Структурная схема тракта передатчика аналоговой информации.

4. Акустические преобразователи и их характеристики.
5. Роль речевого кодера. Импульсно-кодовая модуляция.
6. Дельта-кодек, принципы функционирования. Особенности АДИКМ-кодека.
7. Суть и роль помехоустойчивого кодирования. Основные типы помехоустойчивых кодеков.
8. Назначение перемежителя. Выбор параметров блочного перемежителя.
9. Цифровая модуляция в базовой полосе частот в виде. Комплексная огибающая сигнала.
10. Формирование сигналов с модуляцией типа ASK, OOK. Спектры сигналов.
11. Формирование сигналов с модуляцией типа FSK, MSK и GMSK. Спектры сигналов.
12. Формирование сигналов с модуляцией типа BPSK, QPSK, DBPSK, DQPSK. Спектры сигналов.
13. Фазовый портрет сигнала и его вид для различных типов модуляции.
14. Области применения сигналов с узкополосными видами модуляции.
15. Модуляция типа 8-PSK и APSK-16. Фазовый портрет.
16. Модуляция типа QAM-16, QAM-32. Фазовый портрет.
17. Области применения многопозиционных видов модуляции.
18. Структура квадратурного модулятора. Принципы нелинейного преобразования сигналов и переноса спектра.
19. Назначение усилителя мощности. Типы усилителей мощности и их эффективность.
20. Назначение антенн. Основные характеристики. Основные типы антенн.
21. Природа многолучевости в радиоканале. Неселективные замирания.
22. Эффект Доплера. Расчет уходов частоты несущей.
23. Селективные замирания в радиоканале.
24. Типовая структурная схема приемника информации.
25. Назначение радиоприемного устройства.
26. Назначение квадратурного демодулятора. Принципы преобразования сигнала на нулевую несущую частоту.
27. Чувствительность приемного устройства и методика расчета.
28. Избирательность приемника, основные виды.
29. Структурная схема супергетеродинного приемника.
30. Принципы преобразования частоты сигналов в супергетеродинном приемнике.
31. Назначение преселектора. Роль в обеспечении избирательности.
32. Побочные каналы в супергетеродинном приемнике и способы борьбы с ними. Зеркальный побочный канал.
33. Назначение смесителя и гетеродина. Принципы перестройки частоты приема.
34. Назначение фильтра и усилителя промежуточной частоты. Обеспечение избирательности по соседнему каналу приема.
35. Супергетеродинная схема с двойным преобразованием частоты. Область применения.
36. Приемник прямого преобразования на нулевую промежуточную частоту (ППП)
37. Особенности аппаратной реализации ППП. Чувствительность и избирательность приемника. Побочные излучения.
38. Особенности SDR-приемника
39. Понятие помехоустойчивости демодуляции сигналов. Энергия бита  $E_b$ . Спектральная плотность аддитивного белого гауссова шума  $N_0$ . Кривые помехоустойчивости.
40. Особенности когерентного и некогерентного видов демодуляции.
41. Когерентный демодулятор QPSK- и DQPSK-сигналов.
42. Некогерентный демодулятор DQPSK-сигнала. Потери помехоустойчивости по сравнению с когерентным приемом.
43. Корреляционный некогерентный демодулятор FSK-сигнала.
44. Линейный некогерентный демодулятор FSK-сигнала.
45. Принципы формирования сигналов в UWB-системах. Многоканальность.
46. Принципы функционирования сверхширокополосных систем на основе генераторов хаоса.
47. Технология OFDM. Формирование сигнала передатчика.

48. Технология OFDM. Прием и обработка сигнала.
49. Основные виды разнесенного приема.
50. Пространственно-разнесенный прием сигналов. Достоинства и недостатки.
51. Приемники с частотным и временным разнесением сигналов.
52. Определение дальности связи в свободном пространстве.
53. Определение дальности связи в условиях многолучевости и замираний.
54. Методика оценки характеристик помехоустойчивости модемов с цифровой модуляцией в САПР.

### 5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Целью самостоятельной работы являются формирование личности студента, развитие его способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня.

Самостоятельная работа заключается в изучении содержания тем курса по конспектам, учебникам и дополнительной литературе, подготовке к лабораторным занятиям, выполнении заданий для самостоятельной работы, оформлении отчетов по лабораторным работам, подготовке к промежуточной аттестации и зачету.

#### Задания для самостоятельной работы студентов

1. Ознакомиться с основными функциональными блоками передатчика информации.
2. Ответить на контрольные вопросы:
  - 1) Основные характеристики микрофонов в системах мобильной связи.
  - 2) Особенности МЭМС-микрофонов.
  - 3) Характеристики дельта-кодеков.
  - 4) Применение АДИКМ-кодеков.
  - 5) Применение помехоустойчивых кодеков в системах сотовой связи.
  - 6) Разновидности перемежителей.
3. Изучить методики оценки качества передачи информации.
4. Ответить на контрольные вопросы:
  - 1) Приведите методику измерения BER, PER.
  - 2) Приведите методику измерения SINAD.
  - 3) Приведите методику измерения чувствительности приемника.
  - 4) Приведите методику измерения избирательности и блокировки приемника.
5. Ознакомиться с характеристиками основных типов радиоприемных устройств и их составных частей.
6. Ответить на контрольные вопросы:
  - 1) Критерии выбора параметров фильтров в супергетеродинном приемнике.
  - 2) Основные параметры смесителей.
  - 3) Основные требования к малошумящим усилителям.
  - 4) Типовые схемы трактов автоматической регулировки усиления.
  - 5) Характеристики квадратурных преобразователей на нулевую промежуточную частоту.
  - 6) Преимущества и области применения приемников с двойным преобразованием частоты.
  - 7) Особенности приемников с низкой промежуточной частотой.
  - 8) Особенности аппаратной реализации приемников прямого преобразования сигнала на нулевую ПЧ.
7. Ознакомиться с основными алгоритмами формирования сигналов с цифровой модуляцией в базовой полосе в САПР.

8. Ответить на контрольные вопросы:
  - 1) Построить модель устройства формирования сигнала с FSK-модуляцией с индексом модуляции  $m=2$ .
  - 2) Построить модель устройства формирования сигнала с GMSK-модуляцией
  - 3) Построить модель формирования сигнала с BPSK-модуляцией.
  - 4) Построить модель устройства формирования сигнала с DBPSK-модуляцией.
9. Ознакомиться с алгоритмами некогерентной демодуляции FSK-сигналов в САПР.
10. Ответить на контрольные вопросы:
  - 1) Построить модель корреляционного демодулятора сигнала с FSK-модуляцией с индексом модуляции  $m=2$ .
  - 2) Построить модель линейного демодулятора на основании оценки мгновенных значений фазы.
  - 3) Построить модель линейного демодулятора на основании оценки мгновенных значений I-Q-составляющих и сравнения их фаз.
11. Ознакомиться с технологией OFDM.
12. Ответить на контрольные вопросы:
  - 1) Критерии выбора количества поднесущих и шага частотной сетки.
  - 2) Алгоритм формирования сигнала с использованием обратного быстрого преобразования Фурье.
  - 3) Назначение циклического префикса.
  - 4) Алгоритм приема сигнала с использованием прямого быстрого преобразования Фурье.
  - 5) Применение технологии OFDM в системах связи 4G.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1 Теория электрической связи: учебное пособие / К. К. Васильев. В. А. Глушков, А. Г. Нестеренко. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия. 2021. - 468 с.: ил., табл. - ISBN 978-5-9729-0726-7.	2021	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972907267.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972907267.html</a>
2. Цветков, Ф. А. Программно-конфигурируемые радиоустройства : принципы построения и алгоритмы обработки сигналов : учебное пособие / Ф. А. Цветков, В. В. Терешков. - Ростов-на-Дону : ЮФУ, 2020. - 163 с. - ISBN 978-5-9275-3633-7.	2020	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/YUFU-2021080519.html">https://www.studentlibrary.ru/book/YUFU-2021080519.html</a>

3. Киселев, А. В. Устройства приема и обработки сигналов : учебно-методическое пособие / Киселев А. В. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. - 55 с. - ISBN 978-5-7782-3141-2	2017	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778231412.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778231412.html</a>
4. Тырыкин, С. В. Применение MATLAB для моделирования радиотехнических сигналов и устройств : учебно-методическое пособие / Тырыкин С. В. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. - 52 с. - ISBN 978-5-7782-3210-5.	2017	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778232105.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778232105.html</a>
5 Клименко, П. П. Прикладные методы цифровой обработки сигналов в радиотехнических системах : учебное пособие / П. П. Клименко, В. Т. Корниенко, А. М. Макаров и др. - Ростов-на-Дону : ЮФУ, 2021. - 130 с. - ISBN 978-5-9275-3802-7.	2021	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927538027.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927538027.html</a>
<b>Дополнительная литература</b>		
1 Филиппов, Б. И. Радиотехнические системы / Филиппов Б. И. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. - 386 с. - ISBN 978-5-7782-2799-6.	2015	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778227996.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778227996.html</a>
2. Андреев, Р. Н. Теория электрической связи : курс лекций : учебное пособие для вузов / Андреев Р. Н. , Краснов Р. П. , Чепелев М. Ю. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2014. - 230 с. - ISBN 978-5-9912-0381-4.	2014	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203814.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203814.html</a>
3. Галкин, В. А. Основы программно-конфигурируемого радио / Галкин В. А. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2013. - 372 с. - ISBN 978-5-9912-0305-0.	2013	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203050.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203050.html</a>
4 Галкин, В. А. Цифровая мобильная радиосвязь : учебное пособие для вузов / Галкин В. А. - 2-е изд. , перераб. и доп. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2012. - 592 с. - ISBN 978-5-9912-0185-8.	2012	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991201858.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991201858.html</a>
5. Колосовский, Е. А. Устройства приема и обработки сигналов : учебное пособие для вузов / Колосовский Е. А. - 2-е изд. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2012. - 456 с. - ISBN 978-5-9912-0265-7.	2012	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991202657.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991202657.html</a>
6. Рихтер, С. Г. Кодирование и передача речи в цифровых системах подвижной радиосвязи : учебное пособие для вузов / Рихтер С. Г. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2009. - 302 с. - ISBN 978-5-	2009	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991201162.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991201162.html</a>

9912-0116-2.		
7 Томаси, У. Электронные системы связи / Томаси У. - Москва : Техносфера, 2007. - 1360 с. - ISBN 978-5-94836-125-3.	2007	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948361253.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948361253.html</a>
8 Устройства приема и обработки радиосигналов в системах подвижной связи: метод. рук. к практ. занятиям /Владим. гос. ун-т имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых; сост А.С.Меркутов. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2012. – 32 с.	2012	<a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/2337">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/2337</a>
9 Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Устройства приема и обработки радиосигналов в системах подвижной радиосвязи»/Владим. гос. ун-т; сост.: А.С. Меркутов, А.Н. Цислав.- Владимир:Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. – 31с.	2010	<a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/1384">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/1384</a>

## 6.2. Периодические издания

Журналы (<https://elibrary.ru/>):

1. Вестник компьютерных и информационных технологий.
2. Вычислительные технологии.
3. Известия вузов: Электроника.
4. Радиотехнические и телекоммуникационные системы.

## 6.3 Интернет-ресурсы

1. <http://matlab.exponenta.ru/> - образовательный математический сайт.
2. <http://window.edu.ru/> - единое окно доступа к образовательным ресурсам.
3. <http://www.intuit.ru/> - интернет университет информационных технологий.

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Практические и лабораторные занятия проводятся в аудитории 416-2 кафедры ВТ и СУ.

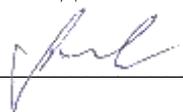
Рабочую программу составил доцент кафедры ВТ и СУ Меркутов А.С. 

Рецензент

(представитель работодателя)  Генеральный директор ООО "Диаграмма" Протягов И.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ВТ и СУ

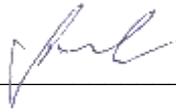
Протокол № 1 от 31 августа 2021 года

Заведующий кафедрой Ланцов В.Н. 

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 09.03.01 информатика и вычислительная техника

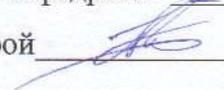
Протокол № 1 от 31 августа 2021 года

Председатель комиссии Ланцов В.Н. зав. каф. ВТиСУ 

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 29.08.22 года

Заведующий кафедрой  Куликов К.В.

Рабочая программа одобрена на 20 \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20 \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_