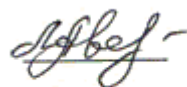


МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий базовой кафедрой  
системы телекоммуникаций и  
радиоэлектронной борьбы



Аверина Л.И.

20.05.2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.02.01 Проектирование инфокоммуникационных систем**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

*03.04.03 Радиофизика*

**2. Профиль подготовки/специализация:**

*Системы телекоммуникаций и радиоэлектронной борьбы*

**3. Квалификация выпускника:** *магистр*

**4. Форма обучения:** *очная*

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** *базовая кафедра системы телекоммуникаций и радиоэлектронной борьбы*

**6. Составители программы:**

*Аверина Л. И., доктор физико-математических наук, профессор*

**7. Рекомендована:**

*НМС физического факультета 20.05.2025, № протокола: 5*

**8. Учебный год:** 2025/2026

**Семестр(ы):** 2

### 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цели курса заключаются в изложении основ цифровой связи, современных методов передачи информации и стандартов телекоммуникаций, подготовке студентов к применению современных технологий для моделирования и проектирования систем связи

### 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина является курсом по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений. Для успешного освоения её теоретической части студенты должны владеть аппаратом цифровой обработки сигналов. Для освоения практических методов дисциплины студенты должны уметь использовать математические пакеты прикладных программ и пакеты системного радиоэлектронного проектирования

### 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

| Код  | Название компетенции                                                                            | Код(ы)                               | Индикатор(ы)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Планируемые результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1 | Способен принимать участие в разработке и научных исследованиях систем связи и телекоммуникаций | ПК-1.1<br>ПК-1.3<br>ПК-1.4<br>ПК-1.5 | Владеет фундаментальными знаниями в области систем связи и телекоммуникаций. Проводит анализ известных технических решений отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации. Планирует и проводит лабораторное или компьютерное экспериментальное исследование отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации. Разрабатывает новые технические решения блоков систем связи и телекоммуникаций под руководством более квалифицированного работника. | Знать: принципы работы современных систем цифровой связи, основные методы модуляции сигнала, кодирования, способы борьбы с замираниями, нелинейными искажениями сигнала<br><br>Уметь: проводить моделирование работы системы цифровой связи и рассчитывать её основные характеристики помехоустойчивости<br><br>Владеть: методологическим аппаратом проведения экспериментальных измерений основных параметров и характеристик систем цифровой связи |

### 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 3/108.

Форма промежуточной аттестации: *зачёт*.

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

| Вид учебной работы | Трудоемкость |              |     |
|--------------------|--------------|--------------|-----|
|                    | Всего        | По семестрам |     |
|                    |              | 2            | ... |

|                                                        |              |     |     |  |  |
|--------------------------------------------------------|--------------|-----|-----|--|--|
| Аудиторные занятия                                     |              | 24  | 24  |  |  |
| в том числе:                                           | лекции       | 12  | 12  |  |  |
|                                                        | практические |     |     |  |  |
|                                                        | лабораторные | 12  | 12  |  |  |
| Самостоятельная работа                                 |              | 84  | 84  |  |  |
| в том числе: курсовая работа (проект)                  |              |     |     |  |  |
| Форма промежуточной аттестации<br>(экзамен – ___ час.) |              |     |     |  |  |
| Итого:                                                 |              | 108 | 108 |  |  |

### 13.1. Содержание дисциплины

| п/п                            | Наименование раздела дисциплины                            | Содержание раздела дисциплины                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Лекции</b>               |                                                            |                                                                                                                                                                                                                      |
| 1.1                            | Основы цифровой связи                                      | Функциональная схема цифровой системы связи и основные преобразования. Основная терминология цифровой связи. Критерии производительности.                                                                            |
| 1.2                            | Характеристики сигналов и систем связи                     | Представление полосовых сигналов и систем. Геометрическое представление сигналов. Представление сигналов цифровой модуляции. Спектральные характеристики сигналов цифровой модуляции                                 |
| 1.3                            | Модели каналов и пропускная способность каналов            | Модели канала. Пропускная способность канала. Пропускная способность канала, достигаемая при помощи ортогональных сигналов. Функции надёжности канала                                                                |
| 1.4                            | Канальное кодирование                                      | Линейные блочные коды. Сверточные коды. Кодированная модуляция для частотно-ограниченных каналов                                                                                                                     |
| 1.5                            | Связь в ограниченных по полосе линейных фильтровых каналах | Оптимальный приемник для канала с межсимвольной интерференцией и аддитивным белым гауссовским шумом (АБГШ). Линейное выравнивание. Выравнивание с обратной связью по решению. Адаптивные эквалайзеры                 |
| 1.6                            | Многоканальные системы и системы со многими несущими       | Многоканальная цифровая связь в каналах с АБГШ. Связь со многими несущими                                                                                                                                            |
| 1.7                            | Широкополосные сигналы для цифровой связи                  | Модель цифровых систем связи с широкополосными сигналами. Широкополосные сигналы с прямыми псевдошумовыми последовательностями. Широкополосные сигналы со скачками частоты                                           |
| <b>2. Лабораторные занятия</b> |                                                            |                                                                                                                                                                                                                      |
| 2.1                            | Характеристики сигналов и систем связи                     | Программная реализация различных алгоритмов цифровой модуляции и демодуляции сигнала                                                                                                                                 |
| 2.2                            | Модели каналов и пропускная способность каналов            | Программная реализация и расчёт характеристик помехоустойчивости систем цифровой связи с различными типами модуляции при прохождении через канал с межсимвольной интерференцией и аддитивным белым гауссовским шумом |
| 2.3                            | Канальное кодирование                                      | Программная реализация и расчёт характеристик помехоустойчивости систем цифровой связи с различными типами канального кодирования                                                                                    |
| 2.4                            | Связь в ограниченных по полосе линейных                    | Программная реализация и расчёт характеристик помехоустойчивости систем цифровой связи с                                                                                                                             |



соответствующим разделом литературы. При выполнении лабораторных и практических работ необходимо обращать внимание на особенности функционирования исследуемых устройств. Подготовка к защите работ должна включать повторение лекционного материала и работу с предлагаемой учебной литературой. Перечень контрольных вопросов к защите приводится в методических указаниях к лабораторной работе. При оформлении пояснительной записки следует придерживаться правил ЕСКД.

**Самостоятельная работа** студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;
- выполнение домашних заданий;
- работа над темами для самостоятельного изучения;
- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;
- подготовка к практическим и лабораторным работам, зачетам и экзаменам.

Кроме литературы из основного списка рекомендуется самостоятельно использовать дополнительную. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

В процессе самостоятельной работы следует занимать активную позицию и пользоваться не только рекомендованной литературой, но и самостоятельно найденными источниками. Для проверки знания по изученной теме необходимо ответить на контрольные вопросы, выдаваемые преподавателем на лекциях в конце изучения соответствующего раздела.

При изучении дисциплины рекомендуется использовать возможности сети интернет для получения дополнительной информации по рассматриваемой теме. В частности, много информации можно получить на сайтах разработчиков САПР.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к онлайн-занятиям, ответственно подходить к выполнению заданий для самостоятельной работы.

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

### а) основная литература:

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                                                                               |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | Скляр, Бернард. Цифровая связь : Теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр ; Пер. с англ. Е.Г. Грозы и др.; Под ред. А.В. Назаренко .— 2-е изд. — М. : Вильямс, 2003 .— 1099 с.                                        |
| 2.    | Прокус, Джон. Цифровая связь / Дж. Прокус ; Пер. с англ. Под ред. Д.Д. Кловского. — М.: Радио и связь, 2000. — 800с.                                                                                                                   |
| 3.    | Системы цифровой связи: учебное пособие / Л. И. Аверина .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016 .— 48с. <URL:<a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m16-71.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m16-71.pdf>. |
| 4.    | Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов : Учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению подгот. дипломир. специалистов "Информатика и вычисл. техника" / А.Б. Сергиенко .— СПб. : Питер, 2003 .— 603 с.                     |

### б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник                                                                                                                                                              |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5.    | Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра / К. Феер ; Пер. с англ. Под ред. В.И.Журавлёва — М.: Радио и связь, 2000. — 520с.         |
| 6.    | Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В.М. Вишневский [и др.] ; Рос. акад. наук, Ин-т проблем передачи информации .— М. : Техносфера, 2005 .— 591 с. |

### в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7.    | Электронная библиотека Зональной научной библиотеки Воронежского государственного университета : электронно-библиотечная система. — URL : <a href="https://lib.vsu.ru/zgate?Init+elib.xml,simple_elib.xml+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?Init+elib.xml,simple_elib.xml+rus |
| 8.    | Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ» : электронно-библиотечная система. — URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1457">https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1457                                                                                                    |
| 9.    | Электронно-библиотечная система "Издательство "Лань" : электронно-библиотечная система. — URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1308">https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1308                                                                                       |

|     |                                                                                                                                                                                                                        |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10. | Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1307">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1307</a> |
| 11. | Электронно-библиотечная система "Консультант студента" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1306">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1306</a>              |

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | Системы цифровой связи: учебное пособие / Л. И. Аверина .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016 .— 48с. <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m16-71.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m16-71.pdf</a> >. |

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе образовательного портала "Электронный университет ВГУ" по адресу [edu.vsu.ru](http://edu.vsu.ru), а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Компьютер HP ProDesk 40065 DM/Монитор ЖК 22 Beng BL 2283 – 14 шт.

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля)        | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции                                                                                                                 | Оценочные средства  |
|-------|-------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1.    | Основы цифровой связи                           | ПК-1.1-ПК-1.5  | Владеет фундаментальными знаниями в области систем связи и телекоммуникаций.                                                                        | Лабораторные работы |
| 2.    | Характеристики сигналов и систем связи          | ПК-1.1-ПК-1.5  | Проводит анализ известных технических решений отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации                                      | Лабораторные работы |
| 3     | Модели каналов и пропускная способность каналов | ПК-1.1-ПК-1.5  | Планирует и проводит лабораторное или компьютерное экспериментальное исследование отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации. | Лабораторные работы |
| 4     | Канальное кодирование                           | ПК-1.1-ПК-     | Разрабатывает                                                                                                                                       | Лабораторные работы |

| № п/п                                              | Наименование раздела дисциплины (модуля)                   | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции                                                                                                                 | Оценочные средства         |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|                                                    | ние                                                        | 1.5            | новые технические решения блоков систем связи и телекоммуникаций под руководством более квалифицированного работника                                |                            |
| 5                                                  | Связь в ограниченных по полосе линейных фильтровых каналах | ПК-1.1-ПК-1.5  | Владеет фундаментальными знаниями в области систем связи и телекоммуникаций                                                                         | Лабораторные работы        |
| 6                                                  | Многоканальные системы и системы со многими несущими       | ПК-1.1-ПК-1.5  | Проводит анализ известных технических решений отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации                                      | Лабораторные работы        |
| 7                                                  | Широкополосные сигналы для цифровой связи                  | ПК-1.1-ПК-1.5  | Планирует и проводит лабораторное или компьютерное экспериментальное исследование отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации. | Реферат                    |
| Промежуточная аттестация<br>форма контроля – зачёт |                                                            |                |                                                                                                                                                     | Перечень вопросов к зачёту |

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: лабораторные работы, рефераты.

Перечень лабораторных работ:

1. В пакете системного проектирования спроектировать систему связи на основе сигналов QPSK модуляции и рассчитать её основные характеристики
2. В пакете системного проектирования спроектировать систему связи на основе сигналов QAM модуляции и рассчитать её основные характеристики
3. В пакете системного проектирования спроектировать систему связи с использованием кода Риди-Соломона и рассчитать её основные характеристики
4. В пакете системного проектирования спроектировать многоканальную систему связи и рассчитать её основные характеристики
5. В пакете системного проектирования спроектировать систему связи на основе OFDM сигналов и рассчитать её основные характеристики

6. В пакете системного проектирования спроектировать систему связи с многолучевым каналом и рассчитать её основные характеристики
7. В пакете системного проектирования спроектировать систему связи с учётом нелинейности приёмо-передающего тракта и рассчитать её основные характеристики

Темы рефератов:

1. Обзор основных стандартов современных систем цифровой связи
2. Методы выравнивания частотно-селективного канала связи
3. Спектрально эффективные сигналы
4. Методы линеаризации передающего тракта систем цифровой связи
5. Современные САПР для систем цифровой связи

Лабораторные работы выполняются студентами как в аудиториях, так и самостоятельно. Результаты предоставляются преподавателю. Переход к выполнению следующей лабораторной работы возможен только при условии успешной сдачи предыдущей.

За реферат студент получает оценку «зачтено», если в нём полностью раскрыта тема и студент в состоянии ответить на дополнительные вопросы и объяснить связь теории, изложенной в реферате с практическим применением.

За лабораторную работу студент получает оценку «зачтено», если может продемонстрировать процесс проектирования системы связи, расчёт её основных характеристик, дать физическое объяснение полученных результатам и внести в программу модификации по требованию преподавателя.

## 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы к зачёту, вопросы к экзамену.

Перечень вопросов к зачёту:

1. Функциональная схема цифровой системы связи и основные преобразования
2. Основная терминология цифровой связи. Критерии производительности
3. Представление полосовых сигналов и систем. Геометрическое представление сигналов
4. Представление сигналов цифровой модуляции. Спектральные характеристики сигналов цифровой модуляции
5. Модели канала. Пропускная способность канала
6. Пропускная способность канала, достигаемая при помощи ортогональных сигналов. Функции надёжности канала
7. Линейные блочные коды
8. Сверточные коды
9. Оптимальный приемник для канала с МСИ и АБГШ. Линейное выравнивание
10. Выравнивание с обратной связью по решению. Адаптивные эквалайзеры
11. Многоканальная цифровая связь в каналах с АБГШ
12. Системы связи со многими несущими
13. Модель цифровых систем связи с широкополосными сигналами
14. Широкополосные сигналы с прямыми псевдошумовыми последовательностями

Зачёт проводится в виде устного ответа на вопросы, заданные преподавателем из списка вопросов к зачёту.

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом теории цифровой связи;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется 2-балльная шкала: «зачет», «незачет».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

| Критерии оценивания компетенций | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок |
|---------------------------------|--------------------------------------|--------------|
|---------------------------------|--------------------------------------|--------------|

|                                                                                                                                                                                                     |                   |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------|
| Обучающийся владеет теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, частично умеет применять теоретические знания для решения практических задач | Пороговый уровень | Зачет   |
| Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки, не умеет применять теоретические знания для решения практических задач                                         | –                 | Незачет |