

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

УТВЕРЖДАЮ



Заведующий кафедрой  
информационных систем  
наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины  
(Борисов Д.Н.)  
подпись, расшифровка подписи  
5.03.2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.02.01 Каналы связи**

*Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом*

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

02.03.01 Математика и компьютерные науки

**2. Профиль подготовки:** Математическое и программное обеспечение информационных систем и технологий

**3. Квалификация выпускника:** бакалавр

**4. Форма обучения:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Информационных систем

**6. Составители программы:** Самодуров А.С., кандидат технических наук., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

**7. Рекомендована:** НМС факультета компьютерных наук, протокол № 5 от 05.03.2025 г.  
(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,

*отметки о продлении вносятся вручную)*

**8. Учебный год:** 2026/2027

**Семестр/триместр(ы):** 2 курс 4 семестр

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целью освоения учебной дисциплины* изучение различных видов физических каналов передачи информации, используемых в современных системах связи.

### **Задачи учебной дисциплины:**

- классификация каналов передачи информации, используемых в современных системах связи;
- изучение природы и физических характеристик различных классов каналов передачи информации;
- изучение физических процессов в каналах передачи информации при прохождении по ним информационных сигналов,
- изучение влияния каналов передачи информации на искажения передаваемых информационных сигналов;
- изучение ограничений, накладываемых характеристиками канала передачи информации на структуру и эффективность системы связи.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к дисциплинам по выбору профессионального модуля, часть, формируемая участниками образовательных отношений блока 1.

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

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ПК-1 Способен применять базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий в профессиональной деятельности	ПК-1.1 Обладает базовыми знаниями в области математических и естественных наук, программирования и информационных технологий	Обладает базовыми знаниями в области математических и естественных наук, программирования и информационных технологий в области радиосвязи
	ПК-1.2 Умеет интегрировать знания из математики, естественных наук и информационных технологий для решения профессиональных задач	Умеет интегрировать знания из математики, естественных наук и информационных технологий для решения профессиональных задач радиосвязи
	ПК-1.3 Владеет навыками выбора и адаптации известных методов и алгоритмов из области математики, естественных наук и информационных технологий для решения задач профессиональной деятельности	Владеет навыками выбора и адаптации известных методов и алгоритмов из области математики, естественных наук и информационных технологий для решения задач радиосвязи
ПК-2 Способен создавать и исследовать математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и	ПК-2.1 Знает принципы построения моделей в конкретных областях и современные программные инструменты для моделирования	Знает принципы построения моделей в области радиосвязи и современные программные инструменты для моделирования
	ПК-2.2 Умеет выявлять ключевые параметры задачи и строить упрощенные математические абстракции с использованием современных информационных технологий	Умеет выявлять ключевые параметры задачи и строить упрощенные математические абстракции с использованием современных информационных технологий области радиосвязи

компьютерной техники	ПК-2.3 Использует современные языки программирования, библиотеки и специализированное программное обеспечение для реализации и тестирования моделей	Использует современные языки программирования, библиотеки и специализированное программное обеспечение для реализации и тестирования моделей каналов связи
----------------------	---	--

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.**

**Форма промежуточной аттестации зачет.**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			4
Аудиторные занятия		48	48
в том числе:	лекции	16	16
	практические	16	16
	лабораторные	16	16
Самостоятельная работа		24	24
Курсовая работа			
Промежуточная аттестация			
Часы на контроль			
Всего		72	72

**13.1. Содержание дисциплины**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Физические характеристики каналов связи	Понятие канала связи. Проводные каналы (каналы с направляющими элементами). Беспроводные радиоканалы. Беспроводные оптические каналы.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29357">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29357</a>
1.2	Модели каналов связи	Понятие модели канала связи. Модели каналов с постоянными параметрами. Детерминированные модели каналов с переменными параметрами. Модели каналов со случайными параметрами.	
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Физические характеристики каналов связи	Расчет резонансных и погонных параметров длинных линий Расчет линии связи с учетом областей пространства, существенных для распространения и отражения радиоволн	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29357">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29357</a>

2.2	Модели каналов связи	Расчет дальности связи: расчет предельной дальности связи в КВ диапазоне с учетом уровня шумов, сезона года, времени суток	
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1	Физические характеристики каналов связи	Прием сигналов с помощью технологии Web-SDR: изучение возможностей использования технологии Web-SDR для приема сигналов в заданных диапазонах длин волн Прием сигналов с помощью технологии RTL-SDR: изучение возможностей использования технологии RTL-SDR для приема сигналов в заданных диапазонах длин волн	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29357">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29357</a>
3.2	Модели каналов связи	Модели каналов связи, сравнение моделей каналов связи	

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Физические характеристики каналов связи	8	8	8	12	36
2.	Модели каналов связи	8	8	8	12	36
	Итого:	16	16	16	24	72

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов включает проработку материалов лекций, изучение рекомендованной литературы, подготовку к лабораторным работам и их защита, подготовку к устному опросу и зачету.

Самостоятельная работа в аудитории выполняется под непосредственным руководством преподавателя. Во время самостоятельной работы студенты используют электронно-библиотечные системы, доступные на портале Зональной Библиотеки ВГУ по адресу [www.lib.vsu.ru](http://www.lib.vsu.ru). Для повышения эффективности руководства при проведении лабораторных занятий, призванных обеспечить выборочное использование лекционного материала для более глубокого изучения отдельных разделов дисциплины при решении соответствующих практических задач.

К лабораторным занятиям студенты должны изучить теоретический материал предметной области.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Романюк, В. А. <i>Основы радиосвязи : учебник для вузов / В. А. Романюк. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 288 с.</i>
2.	<i>Березовский, П.П. Б48 Основы радиотехники и связи : учебное пособие / П.П. Березовский. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017.— 212 с.</i>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	<i>Черенкова Е.Л. Распространение радиоволн / Е.Л. Черенкова, О.В. Чернышев. — М.: Радио и связь, 1984. — 272 с</i>
4.	<i>Нефедов, В. И. Теория электросвязи : учебник для среднего профессионального образования / В. И. Нефедов, А. С. Сигов ; под редакцией В. И. Нефедова. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 592 с.</i>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
5.	<a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE">https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE</a>
6.	<a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Portal:Radio">https://en.wikipedia.org/wiki/Portal:Radio</a>

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

№ п/п	Источник
1.	Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение : пер. с англ. / Б. Скляр. – 2-е изд., испр. – М. : Вильямс, 2007. – 1104 с
2.	Сергиенко А. Цифровая обработка сигналов. 3-е изд. / А. Сергиенко. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2011. - 768 с.

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

1. Образовательный портал Moodle (сервер Moodle ВГУ), <https://edu.vsu.ru>

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:** Лекционная аудитория, оборудованная мультимедийным проектором. Компьютерные классы факультета для проведения лабораторных занятий. Образовательный портал «Электронный университет ВГУ» <https://edu.vsu.ru>.

## 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.	Физические характеристики каналов связи	ПК-1	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3	Лабораторное задание
2.	Модели каналов связи	ПК-2	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3	Лабораторное задание
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Перечень вопросов

## 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:**

Текущая аттестация проводится в течение всего обучения в рамках освоения дисциплины и заключается в выполнении студентом лабораторных работ, успешного прохождения тестовых заданий (не менее 50 % правильных ответов), а также успешного прохождения практических заданий (получение не менее 50 баллов из 100 баллов). Тестовые задания выполняются студентами после прослушивания лекций; лабораторные работы выполняются в течении отчетной сессии, но не позже итоговой аттестации. Практические задания выполняются после предоставления отчетов по лабораторным работам.

Лабораторные работы после выполнения оцениваются преподавателем, и выставляется оценка «зачтено» по лабораторной работе при условии ответа на 80% вопросов преподавателя по предметной области лабораторной работы.

Приведённые ниже задания рекомендуется использовать при проведении диагностических работ для оценки остаточных знаний:

ПК-1

Задания закрытого типа (в каждом задании необходимо выбрать один или несколько ответов)

1. Телекоммуникации – это:

- а) обмен информацией на расстоянии
- б) устройства, поддерживающие связь
- в) обмен информацией

2. Что изначально скрывалось за названием Wi-Fi:

- а) это протокол беспроводной передачи данных
- б) это выражение на языке австралийских аборигенов, переводящееся как «бросай – лови»
- в) это название торговой марки, под которой была зарегистрирована технология применения беспроводных сетей

3. Подключение к интернету с помощью прокси-сервера может помочь:

- а) ускорить работу в интернете
- б) скрыть свой IP-адрес
- в) заходить на сайты, доступ к которым ограничил системный администратор
- г) все ответы верны

4. Какой тип линий связи, используемых в глобальных сетях, менее надёжен:

- а) коммутируемые телефонные линии связи
- б) оптоволоконные линии связи
- в) цифровые линии связи

5. Именно этот протокол объединил отдельные компьютерные сети во всемирную сеть Интернет:

- а) Протокол Венского конгресса
- б) HTTP
- в) IP

6. Какая возможность есть у абонентов IP-телевидения в отличие от телезрителей аналогового кабельного ТВ:

- а) просмотр передач и фильмов с разными звуковыми дорожками (например, на русском языке или языке оригинала)
- б) просмотр передач и фильмов 3D-формате
- в) просмотр двух и более каналов одновременно на одном телевизоре

7. Как называется локальная корпоративная сеть, закрытая от внешнего доступа из Internet:

- а) Extranet
- б) Ethernet
- в) Intranet

8. Как называется вид связи, при котором кроме традиционного набора номера, дозвона и двустороннего голосового общения возможно еще и видеообщение через Интернет:

- а) Skype
- б) SIP
- в) IP-телефония

9. Принцип действия этой технологии основан на использовании радиоволн. Благодаря ей, устройства могут соединяться друг с другом на повсеместно доступной радиочастоте, в свободном от лицензирования диапазоне:

- а) USB
- б) Bluetooth
- в) Wi-Fi

10. Как в переводе на русский язык звучат названия устройства-инициатора и принимающее устройство:

- а) Рыбак и рыба
- б) Учитель и ученик
- в) Хозяин и раб

#### Задания с открытым ответом

1. Первое такое устройство прозвали «Walkie-Talkie», что можно перевести с английского как «ходилка-говорилка». О чем речь:

2. Расшифруйте сокращение SDR:

3. Что такое WEB-SDR:

#### Задания с развернутым ответом

1. Какие возможности для анализа каналов связи есть в Matlab:
2. Какие аналоги Matlab вы знаете:
3. Какие модели каналов вы знаете:

ПК-2

Задания закрытого типа (в каждом задании необходимо выбрать один или несколько ответов)

1. Для чего применяются каналы связи?
  - а) Для построения компьютерных сетей
  - б) Для характеристики данных
  - в) Для параметра искажений передаваемой информации
  - г) Для пропускной способности
2. На какие виды подразделяются каналы связи по способу коммуникации?
  - а) Выделенные
  - б) Аналоговые
  - в) Кабельные
  - г) Коммутируемые
3. Что такое пропускная способность?
  - а) Способ передачи данных
  - б) Запись информации
  - в) Максимальная скорость передачи информации по каналу связи (Кбит/сек)
  - г) Схема устройства локальной сети
4. Выберите, что должно стоять на месте пропуска:
  - а) Источник информации--- \_\_\_\_\_ ---канал связи---приемник---потребитель информации
  - б) Передатчик
  - в) Сигнал
  - г) Сообщение
  - д) Линия
5. Что используют беспроводные линии связи?
  - а) Кабели
  - б) Провода
  - в) Передатчик
  - г) Электромагнитные волны
6. Что используют проводные линии связи?
  - а) Радиоканалы
  - б) Кабели
  - в) Проволоку
  - г) Магнитные волны
7. На какие виды подразделяют каналы связи по направлению?
  - а) Симплексные и дуплексные
  - б) Выделенные и коммутированные
  - в) Цифровые и аналоговые
  - г) Кабельные и телефонные
8. Что включают каналы связи?
  - а) Симплексную информацию
  - б) Линии связи
  - в) Аппаратуру передачи данных
  - г) Гарнитуру
9. Какие бывают проводные кабели?
  - а) Спутниковые
  - б) Беспроводные
  - в) Телефонные
  - г) Радиоканальные
10. На какие виды подразделяются каналы связи по способу кодирования?
  - а) Симплексные

- б) Полиустойчивые
- в) Цифровые
- г) Аналоговые

Задания с открытым ответом

1. Что такое модели непрерывных каналов?
2. Что такое модели дискретных каналов связи?
3. Для чего нужно развязывающее устройство в системе связи?

Задания с развернутым ответом

1. Перечислите типичные источники шума в канале:
2. Перечислите типичные источники ослабления сигнала в канале:
3. Что такое спектр?

## 20.2 Промежуточная аттестация

форма контроля - Зачет

Оценочные средства для промежуточной аттестации:

Промежуточная аттестация проводится на основании итогов выполнения студентом лабораторных работ по всем темам (100% выполненных работ), успешного прохождения двух тестов (не менее 50% правильных ответов) и успешного выполнения практических заданий (50 баллов из 100 баллов).

По итогам выполнения лабораторных работ, учета прохождения тестов, выполнения практических заданий и устного ответа (собеседование со студентом в конце триместра по вопросам из перечня вопросов к зачету и использования контрольно-измерительных материалов) студенту выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено» по дисциплине.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся демонстрирует частичные знания, допускает существенные ошибки в решении задач	Базовый уровень	Зачет
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки, не умеет решать поставленные задачи	Пороговый уровень	Незачет

## Вопросы к зачету

Часть 1. Физические характеристики каналов связи

1. Понятие канала связи как среды распространения сигналов. Классификация каналов связи. 2. Понятие проводного канала связи. Классификация и основные виды проводных каналов (каналов с направляющими элементами). 3. Проводной (в узком смысле) канал, его характеристики и применение. Витая пара. 4. Коаксиальный проводной канал, его характеристики и применение. 5. Волоконно-оптический канал, его характеристики и применение. 6. Понятие беспроводного радиоканала телекоммуникаций. Классификация и основные виды беспроводных радиоканалов. 7. Атмосферный волноводный радиоканал, его характеристики и применение. 8. Радиоканал с земной (поверхностной) волной, его характеристики и применение. 9. Радиоканал с отраженной ионосферной волной, его характеристики и применение. 10. Радиоканал с отражением от спорадических слоев ионосферы. 11. Радиоканал с ионосферным рассеянием, его характеристики и применение. 12. Радиоканал с отражением от следов метеоров, его характеристики и применение. 13. Внезапные ионосферные возмущения. Поглощение в полярной шапке. 14. Ионосферно-магнитные возмущения и их влияние на ионосферные каналы. 15. Радиоканал с тропосферным рассеянием и его характеристики. 16. Тропосферный волноводный радиоканал и его характеристики. 17. Атмосферный радиоканал с прямой волной, его характеристики и применение. 18. Радиоканалы спутниковой связи, их характеристики и применение. 19. Особенности канала спутниковой связи при использовании различных орбит. 20. Радиоканал дальней космической связи, его характеристики и применение. 21. Радиоканал для связи с подводными лодками в погруженном положении. 22. Радиоканал подземной связи, его особенности и применение. 23. Особенности открытых оптических каналов. Достоинства и недостатки оптического диапазона. 24. Атмосферный оптический канал, его особенности и

применение. 25. Космический оптический канал, его особенности и применение. 26. Радиоканал для связи под водой и его особенности.

## Часть 2. Модели каналов связи

1. Понятие модели канала связи. Содержание модели канала. Требования к модели. 2. Классификация моделей каналов связи. 3. Понятие о системных функциях канала связи. 4. Особенности математического описания каналов с постоянными параметрами. Примеры каналов с постоянными параметрами. 5. Импульсная характеристика канала с постоянными параметрами. Преобразование сигналов во временной области. Рассеяние сигнала по времени (по задержкам). 6. Передаточная функция каналов с постоянными параметрами. Преобразование сигналов в частотной области. Частотные и фазовые искажения сигналов. 7. Дискретная модель канала с постоянными параметрами. Связь модели канала с параметрами передаваемого сигнала. 8. Особенности математического описания детерминированных каналов с переменными параметрами. Примеры каналов с переменными параметрами. 9. Импульсная характеристика канала с переменными параметрами. Преобразование сигналов во временной области. Рассеяние сигналов по времени (по задержкам) и его особенности в каналах с переменными параметрами. 10. Обобщенная (одночастотная) передаточная функция канала. Преобразование сигналов и их спектров в канале с переменными параметрами. Частотные и фазовые искажения сигналов и их особенности в каналах с переменными параметрами. 11. Двухчастотная передаточная функция канала. Связь между спектрами входного и выходного сигналов. Рассеяние сигналов по разностным (доплеровским) частотам. Виды рассеяния сигналов по частоте. 12. Функция рассеяния канала. Преобразование сигналов в канале в частотновременной области. 13. Канал с переменной задержкой. 14. Доплеровский канал. 15. Канал с переменным коэффициентом передачи. 16. Дискретные модели каналов с переменными параметрами. Модели при наличии ограничений на входные частоты и на скорость изменения параметров канала. 17. Связь модели канала с параметрами сигнала. Особенности моделей с рассеянием по задержкам и по разностным частотам. 18. Особенности математического описания каналов со случайно изменяющимися параметрами. Классификация каналов со случайно изменяющимися параметрами. Примеры каналов со случайно изменяющимися параметрами. 19. Регулярные составляющие системных функций канала со случайно изменяющимися параметрами и их физический смысл. Преобразование регулярных составляющих сигнала в канале. 20. Канал со случайной задержкой. 21. Канал со случайным доплеровским сдвигом частоты. 22. Случайные составляющие системных функций канала со случайно изменяющимися параметрами. Корреляционные функции системных функций канала и их физический смысл. 23. Стационарные и нестационарные каналы. Каналы с коррелированными и некоррелированными путями распространения. 24. Связь модели канала с параметрами сигнала. Понятие о селективных замираниях. Виды селективных замираний сигналов. 25. Модели каналов с частотными селективными замираниями. 26. Модели каналов с временными селективными замираниями. 27. Канал с медленными общими замираниями (обобщенный радиоканал). Статистические характеристики огибающей и фазы радиосигнала в обобщенном радиоканале.

### Пример контрольно-измерительного материала

Направление подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки

Дисциплина Каналы связи

Курс 2

Форма обучения очная

Вид аттестации промежуточная

Вид контроля зачет

### Контрольно-измерительный материал № 1

1. Понятие канала связи как среды распространения сигналов. Классификация каналов связи.
2. Понятие модели канала связи. Содержание модели канала. Требования к модели.