

Минобрнауки России

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



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Борисов Дмитрий Николаевич
Кафедра информационных систем

10.04.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.02.01 Каналы связи

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

02.03.01 Математика и компьютерные науки

2. Профиль подготовки/специализация:

Математическое и программное обеспечение информационных систем и технологий

3. Квалификация (степень) выпускника:

Бакалавриат

4. Форма обучения:

Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

Кафедра информационных систем

6. Составители программы:

Самодуров Александр Сергеевич, доцент, факультет компьютерных наук, кафедра информационных систем

7. Рекомендована: рекомендована НМС ФКН 05.03.2024, протокол № 5

8. Учебный год:

2025-2026

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель преподавания дисциплины:

изучение различных видов физических каналов передачи информации, используемых в современных системах связи.

Задачи преподавания 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 базовой части цикла. Вариативная часть.

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

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ПК-1 Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий.	ПК-1.1 Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий	Знает современные актуальные проблемы теории каналов связи, решение которых необходимо в настоящее время
ПК-3 Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий и программирования и компьютерной техники.	ПК-3.1 Знает основные методы проектирования и производства программного продукта, принципы построения, структуры и приемы работы с инструментальными средствами, поддерживающими создание программных продуктов и программных комплексов, их сопровождения, администрирования и развития (эволюции)	Знает новые модели каналов и методы моделирования каналов связи, позволяющие повысить точность анализа систем передачи информации
ПК-4 Способен использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования.	ПК-4.1 Знает современные методы разработки и реализации алгоритмов математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования	Знает основные модели радио и оптических каналов связи и методы моделирования каналов связи
ПК-4 Способен использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования.	ПК-4.2 Умеет разрабатывать и реализовывать алгоритмы математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования	Умеет использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем теории и практики каналов связи

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ПК-4 Способен использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования.	ПК-4.3 Имеет практический опыт разработки и реализации алгоритмов на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования	Владеет способностью использовать знания о современных проблемах теории и практики каналов связи в своей научно-исследовательской деятельности
ПК-3 Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий и программирования и компьютерной техники.	ПК-3.2 Умеет использовать методы проектирования и производства программного продукта, принципы построения, структуры и приемы работы с инструментальными средствами, поддерживающими создание программного продукта	Умеет применять в научно-исследовательской деятельности новейшие достижения и открытия в области теории и практики каналов связи, в том числе современные модели каналов связи, а также новые методы анализа и моделирования каналов, позволяющие повысить эффективность анализа систем передачи информации
ПК-3 Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий и программирования и компьютерной техники.	ПК-3.3 Имеет практический опыт применения указанных выше методов и технологий	Владеет способностью использовать знания о новейших достижениях и открытиях в области теории и практики каналов связи в научноисследовательской деятельности
ПК-1 Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий.	ПК-1.2 Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в математике и информатике	Умеет использовать полученные знания фундаментальных разделов теории каналов связи для решения научно-исследовательских задач
ПК-1 Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий.	ПК-1.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в математике и информатике	Владеет навыками применения знания фундаментальных разделов теории каналов связи для решения научно-исследовательских задач

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час:

2/72

Форма промежуточной аттестации:

Зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Семестр 4	Всего
Аудиторные занятия	48	48
Лекционные занятия	16	16
Практические занятия	16	16
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа	24	24
Курсовая работа		0
Промежуточная аттестация	0	0
Часы на контроль		0
Всего	72	72

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1	Физические характеристики каналов связи	Понятие канала связи. Проводные каналы (каналы с направляющими элементами). Беспроводные радиоканалы. Беспроводные оптические каналы.	
2	Модели каналов связи	Понятие модели канала связи. Модели каналов с постоянными параметрами. Детерминированные модели каналов с переменными параметрами. Модели каналов со случайными параметрами.	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Физические характеристики каналов связи	8	8	8	12	36
2	Модели каналов связи	8	8	8	12	36
		16	16	16	24	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина требует работы с файлами-презентациями лекций и соответствующими главами рекомендованной основной литературы, а также, обязательного выполнения всех лабораторных заданий в компьютерном классе. Самостоятельная подготовка к лабораторным занятиям не требуется, т.к. необходимые рекомендации даются в аудитории, где выполняются лабораторные работы. Самостоятельная работа проводится в компьютерных классах ФКН с использованием методических материалов расположенных на учебно-методическом сервере ФКН "\\fs.cs.vsu.ru\Library" и на сервере Moodle ВГУ moodle.vsu.ru и выполнением задач конфигурирования виртуализированной ИС. Во время самостоятельной работы студенты используют электронно-библиотечные системы, доступные на портале Зональной Библиотеки ВГУ по адресу www.lib.vsu.ru. Часть заданий может быть выполнена вне аудиторий на домашнем компьютере, после копирования методических указаний и необходимого ПО с учебно-методического сервера ФКН.

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

№ п/п	Источник
1	Основы построения телекоммуникационных систем и сетей / В.В.Крухмалев, В.Н.Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; Под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалева. – М.: Горячая линия -Телеком, 2004. – 510 с.
2	Радиосистемы передачи информации / В.А. Васин, В.В. Калмыков, Ю.Н. Себекин, А.И. Сенин, И.Б. Федоров; Под ред. И.Б. Федорова и В.В. Калмыкова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 472 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Черенкова Е.Л. Распространение радиоволн / Е.Л. Черенкова, О.В. Чернышев. – М.: Радио и связь, 1984. – 272 с
2	Оптические устройства в радиотехнике / А.Ю Гринев, К.П. Наумов, Л.Н. Пресленев и др.; Под ред. В.Н. Ушакова. – М.: Радиотехника, 2009. – 264 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1	Библиотека ВГУ, http://www.lib.vsu.ru
2	Сервер учебно-методических материалов ФКН, \\fs.cs.vsu.ru\Library
3	Сервер Moodle ВГУ, http://moodle.vsu.ru

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Сервер учебно-методических материалов ФКН, \\fs.cs.vsu.ru\Library

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

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online», <http://biblioclub.ru>
2. Образовательный портал Moodle (сервер Moodle ВГУ)
3. Серверные и клиентские ОС Microsoft.
4. Операционная система GNU/Linux (дистрибутив CentOS).
5. ПО MATLAB

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Лекционная аудитория, оснащенная видеопроектором.
2. Компьютерный класс для проведения лабораторных занятий, оснащенный программным обеспечением VirtualBox, VirtualPC, MATLAB. Объем оперативной памяти на рабочее место не менее 4ГБ.
3. Лаборатория сетей и систем передачи информации.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

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

№ п/п	Разделы дисциплины (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
1	1	ПК-1	ПК-1.1	задания к 1 аттестации
2	2	ПК-3	ПК-3.1	задания ко 2 аттестации
3	2	ПК-4	ПК-4.1	задания к 3 аттестации
4	2	ПК-4	ПК-4.2	задания к 3 аттестации
5	2	ПК-4	ПК-4.3	задания к 3 аттестации
6	2	ПК-3	ПК-3.2	задания ко 2 аттестации
7	2	ПК-3	ПК-3.3	задания ко 2 аттестации
8	1	ПК-1	ПК-1.2	задания к 1 аттестации
9	1	ПК-1	ПК-1.3	задания к 1 аттестации

Промежуточная аттестация

Форма контроля - Зачет

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Письменная работа. Ответы на 1-2 вопроса. Возможно получение оценки по результатам текущих аттестаций, согласно положению о балльно-рейтинговой системе обучения и оценки успеваемости студентов.

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Три теста по одному для каждой из трех текущих аттестаций. Тесты содержат по 10 вопросов, выбираемых случайным образом из соответствующих разделов банка тестовых заданий. Аттестационные тесты выполняются в компьютерном классе в присутствии преподавателя. Каждый тест оценивается по 100-балльной шкале (оценка в баллах соответствует проценту правильных ответов)

Примеры тестовых вопросов

ПК-1

Задания открытого типа

1. Однородной средой распространения электромагнитной волны называется:
 - а) среда, параметры которой не зависят от координат;
 - б) стационарная многослойная среда;
 - в) среда, параметры которой линейно зависят от координат.
2. Анизотропной средой распространения электромагнитной волны является:
 - а) феррит в магнитном поле;
 - б) плазма ионосферы в магнитном поле;
 - в) оба ответа верны.
3. Направление вектора Пойнтинга показывает:
 - а) плоскость поляризации магнитного поля волны;
 - б) плоскость поляризации электрического поля волны;
 - в) направление распространения энергии электромагнитной волны.
4. ТЕМ- волна существует в:
 - а) в свободном пространстве вдали от излучающей антенны;
 - б) в коаксиальном кабеле;
 - в) оба ответа верны.
5. Н - волна характеризуется наличием продольной составляющей:
 - а) магнитного поля;
 - б) электрического поля;
 - в) гравитационного поля;
6. Е - волна характеризуется наличием продольной составляющей:
 - а) магнитного поля;
 - б) электрического поля;
 - в) гравитационного поля;
7. За направление поляризации волны принято считать направление:
 - а) Электрического поля;
 - б) Магнитного поля;
 - в) Вектора Пойнтинга.
8. Какой смысл имеет оператор «rot H» в уравнениях Максвелла?
 - а) вихрь магнитного поля;

- б) извлечение корня квадратного значения модуля напряженности магнитного поля;
 - в) оператор инверсии вращения направления магнитного поля.
9. Как связана длина волны λ , частота f и скорость света:
- а) $\lambda = f \cdot c$
 - б) $\lambda = c/f$
 - в) $\lambda = f/c$
10. Какие экспериментальные законы положены в основу современной теории ЭМП?
- а) законы термодинамики и сохранения кинетической энергии;
 - б) законы Фарадея, Ампера, Гаусса;
 - в) законы Ома и Кирхгофа.

Задания закрытого типа

1. Для чего нужен передатчик в системе связи?
2. Для чего нужен приемник в системе связи?
3. Для чего нужна антенна в системе связи?

Задание с развёрнутым ответом

1. Дайте определение канала связи и перечислите его основные составляющие:
2. Перечислите основные виды аналоговой модуляции:
3. Перечислите основные виды цифровой модуляции:

ПК-3

Задания открытого типа

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 закрытого типа

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:

Задание с развёрнутым ответом

1. Какие возможности для анализа каналов связи есть в Matlab:

2. Какие аналоги Matlab вы знаете:

3. Какие модели каналов вы знаете:

ПК-4

Задания открытого типа

1. Для чего применяются каналы связи?

Для построения компьютерных сетей

Для характеристики данных

Для параметра искажений передаваемой информации

Для пропускной способности

2. На какие виды подразделяются каналы связи по способу коммуникации?

Выделенные

Аналоговые
Кабельные
Коммутируемые

3. Что такое пропускная способность?

Способ передачи данных
Запись информации
Максимальная скорость передачи информации по каналу связи(Кбит/сек)
Схема устройства локальной сети

4. Выберите ,что должно стоять на месте пропуска:

Источник информации--- _____ ---канал связи---приемник---потребитель информации

Передатчик
Сигнал
Сообщение
Линия

5. Что используют беспроводные линии связи?

Кабели
Провода
Передатчик
Электромагнитные волны

6. Что используют проводные линии связи?

Радиоканалы
Кабели
Проволоку
Магнитные волны

7. На какие виды подразделяют каналы связи по направлению?

Симплексные и дуплексные
Выделенные и коммутированные
Цифровые и аналоговые
Кабельные и телефонные

8. Что включают каналы связи?

Симплексную информацию
Линии связи
Аппаратуру передачи данных
Гарнитуру

9. Какие бывают проводные кабели?

Спутниковые
Беспроводные
Телефонные
Радиоканальные

10. На какие виды подразделяются каналы связи по способу кодирования?

Симплексные
Полиустойчивые
Цифровые
Аналоговые

Задания закрытого типа

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

Задание с развёрнутым ответом

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

20.2 Промежуточная аттестация

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом теории каналов связи;
- 2) владение методами анализа характеристик каналов связи;
- 3) умение применять методы теории каналов связи при решении практических задач исследования физических характеристик каналов и законов преобразования информационных сигналов.
- 4) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными исследований.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется 2-х балльная шкала: «зачтено», «не зачтено».

Перечень вопросов 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 частотно-временной 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.