

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.08 Моделирование беспроводных сетей

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

09.04.02 Информационные системы и технологии

2. Профиль подготовки/специализация:

Анализ и синтез информационных систем

3. Квалификация (степень) выпускника:

Магистратура

4. Форма обучения:

Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

Кафедра информационных систем

6. Составители программы:

Стромов Александр Викторович, к. ф.-м. н., старший преподаватель, факультет компьютерных наук, кафедра информационных систем

7. Рекомендована:

протокол НМС ФКН №5 от 05.03.2024

8. Учебный год:

2025-2026

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

ознакомить студентов с основными принципами организации и архитектуры беспроводных сетей. Основной задачей дисциплины является обеспечение понимания студентами фундаментальных принципов проектирования и моделирования беспроводных сетей, основ построения протоколов канального и сетевого уровня модели OSI для беспроводных сетей, получение студентами навыков моделирования беспроводных сетей, понимание основных принципов работы современных стандартов беспроводной связи.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

дисциплина базовой части цикла. Входные знания в области курсов: «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Теория информации».

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-3 Способен определять варианты структур программного обеспечения информационных систем (программного средства), необходимые информационные потоки и исследовать варианты структур с использованием моделей различного уровня	ПК-3.1 Умеет проводить анализ внешнесистемных требований, возможностей их реализации, определяет концептуальный и функциональный облик системы (программного средства), выявление и анализ известных аналогов	Знает стандартные подходы к построению беспроводных сетей различной сложности и масштаба. Умеет определить технологию или набор технологий, наиболее подходящий для решения конкретной задачи по реализации беспроводных сетей. Владеет методами моделирования беспроводных сетей с различной степенью подробности.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час:

3/108

Форма промежуточной аттестации:

Зачет с оценкой, Контрольная работа

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Семестр 4	Всего
Аудиторные занятия	48	48
Лекционные занятия	24	24
Практические занятия		
Лабораторные занятия	24	24
Самостоятельная работа	60	60
Курсовая работа		
Промежуточная аттестация	0	0
Часы на контроль		
Всего	108	108

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1	Теоретическая часть		
1.1	Модель взаимодействия открытых систем	Рассмотрение семиуровневой модели взаимодействия открытых систем. Оценка её роли в построении и изучении сетей связи.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1.2	Система цифровой связи	Рассмотрение обобщённой модели цифровой системы связи. Изучение наименований и функций её основных элементов.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
1.3	Сигналы	Классификация и примеры сигналов.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
1.4	Модуляция	Классификация типов модуляции/манипуляции. Специфика применения.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
1.5	Кодер канала	Изучение блочных и свёрточных кодов помехозащитных кодеков. Методы декодирования.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
1.6	Компромиссы при использовании модуляции и кодирования	Вопросы выбора и взаимного влияния типов модуляции и канального кодирования	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
1.7	Методы моделирования беспроводных сетей	Основные подходы к моделированию беспроводных сетей. Цели моделирования. Точность моделирования различных уровней в зависимости от цели моделирования.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
1.8	Средства моделирования беспроводных сетей		https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
1.9	Радиосети с ячеистой топологией	Понятие радиосети с ячеистой топологией. Область применения. Особенности построения. Самоорганизующиеся сети. Случай мобильных узлов.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
1.10	Стандарт IEEE 802.11 (Wi-Fi)	Изучение специфики построения современных беспроводных сетей на примере стандарта IEEE 802.11	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
1.11	Маршрутизация в беспроводных мобильных сетях	Классификация протоколов маршрутизации. Изучение особенностей маршрутизации в	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
		беспроводных сетях. Безопасность маршрутизации.	
1.12	Беспроводные сенсорные сети и их особенности	Особенности сенсорных сетей. Особенности протоколов сетевого уровня при проектировании сенсорных сетей. Область применения сенсорных сетей.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
2	Лабораторные работы		
2.1	Система цифровой связи	Расчет бюджета мощности и основных характеристик коммуникационной системы	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
2.2	Модуляция	Изучение СКК. Определение вероятности битовой ошибки как функции отношения сигнал-шум для различных видов модуляции	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
2.3	Кодер канала	Изучение блочного кодера канала. Исследование его эффективности.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
2.4	Кодер канала	Изучение свёрточного кодера канала. Исследование его эффективности.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Модель взаимодействия открытых систем	2			5	7
2	Система цифровой связи	2		6	5	13
3	Сигналы	2			5	7
4	Модуляция	2		6	5	13
5	Кодер канала	2		12	5	19

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
6	Компромиссы при использовании модуляции и кодирования	2			5	7
7	Методы моделирования беспроводных сетей	2			5	7
8	Средства моделирования беспроводных сетей	2			5	7
9	Радиосети с ячеистой топологией	2			5	7
10	Стандарт IEEE 802.11 (Wi-Fi)	2			5	7
11	Маршрутизация в беспроводных мобильных сетях	2			5	7
12	Беспроводные сенсорные сети и их особенности	2			5	7
		24	0	24	60	108

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 edu.vsu.ru . 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	<i>Демидов, Л. Н. Основы эксплуатации компьютерных сетей: учебник для бакалавров / Л. Н. Демидов. – Москва : Прометей, 2019. – 799 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576033 (дата обращения: 24.06.2021). – Библиогр.: с. 750 - 752. – ISBN 978-5-907100-01-5. – Текст : электронный.</i>
---	--

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	<i>Умняшкин, С. В. Основы теории цифровой обработки сигналов : учебное пособие : / С. В. Умняшкин. – 5-е изд., исправл. и доп. – Москва : Техносфера, 2019. – 550 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=597188 (дата обращения: 24.06.2021). – ISBN 978-5-94836-557-2. – Текст : электронный.</i>

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://edu.vsu.ru

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

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

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

1. Технология виртуализации – среда виртуализации Oracle/Sun Virtual Box
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online», <http://biblioclub.ru>
3. Образовательный портал Moodle (сервер Moodle ВГУ) ДОТ, ЭО
4. Серверные и клиентские ОС Microsoft.
5. Операционная система GNU/Linux (дистрибутив Ubuntu).
6. ПО MATLAB.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Лекционная аудитория, оснащенная видеопроектором.
2. Компьютерный класс для проведения лабораторных занятий, оснащенный программным обеспечением VirtualBox, MATLAB. Объем оперативной памяти на рабочее место не менее 2ГБ.
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	Лекции 1.1 - 1.12	ПК-3	ПК-3.1	Лабораторные работы 2.1 – 2.4

Промежуточная аттестация

Форма контроля - Зачет с оценкой, контрольная работа

Оценочные средства для промежуточной аттестации Теоретический вопрос, практическое задание.

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:

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения:

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом предметной области, способен иллюстрировать ответ примерами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.	Повышенный уровень	Отлично
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области, способен формулировать основные понятия, но затрудняется приводить примеры, характеризующие особенности предметной области	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся частично владеет основами дисциплины, фрагментарно способен формулировать основные понятия, но затрудняется приводить примеры и применяющиеся в них технологии	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания не понимает основных понятий предметной области и допускает грубые ошибки.		Неудовлетворительно

20.2 Промежуточная аттестация

Перечень практических заданий

- 1 Расчет бюджета мощности и основных характеристик коммуникационной системы
- 2 Изучение СКК. Определение вероятности битовой ошибки как функции отношения сигналшум для различных видов модуляции
- 3 Моделирование кодера канала в системе MATLAB.

Вопросы к теоретической части

1. Определите понятия информации и данных. Есть ли между ними отличия?
2. Что такое протокол и интерфейс с точки зрения модели многоуровневого иерархического взаимодействия? Как многоуровневые иерархические модели упрощают описание сложных систем?
3. Опишите модель взаимодействия открытых систем. Что такое стек протоколов?
4. Охарактеризуйте физический уровень модели OSI.
5. Охарактеризуйте канальный уровень модели OSI. Что такое MAC?
6. Охарактеризуйте сетевой уровень модели OSI.
7. Охарактеризуйте транспортный уровень модели OSI.
8. Охарактеризуйте сеансовый уровень модели OSI.
9. Охарактеризуйте уровень представления модели OSI.
10. Охарактеризуйте прикладной уровень модели OSI.
11. Перечислите и кратко охарактеризуйте обязательные элементы системы цифровой связи.
12. Охарактеризуйте кодирование / декодирование источника, шифрование / дешифрование, канальное кодирование / декодирование.
13. Что такое импульсная модуляция / демодуляция?
14. Что такое полосовая модуляция / демодуляция?
15. Зачем нужна синхронизация?
16. Охарактеризуйте беспроводный канал как элемент системы цифровой связи.
17. Что такое источник информации?
18. Что такое битовый поток?
19. Что такое бод?
20. Что такое скорость передачи данных?
21. Что такое цифровой сигнал?
22. Чем отличается аналоговый сигнал от дискретного? По каким параметрам может быть дискретизирован сигнал?
23. Какие сигналы называют энергетическими?
24. Какие сигналы называют мощностными?
25. Что такое периодический сигнал? Какие сигналы называют гармоническими?
26. Что такое дельта-функция Дирака и функция Хевисайда?
27. Что такое ряд Фурье? Какие функции можно разложить в такой ряд?
28. Что такое преобразование Фурье? Какие функции можно подвергнуть преобразованию Фурье?
29. Напишите формулу Эйлера. Что такое векторное представление синусоиды?
30. Охарактеризуйте клиентский и серверный модули сетевого программного обеспечения.
31. Что такое сетевая операционная система и какие они бывают?
32. Перечислите типы сетевых приложений.
33. Что такое предложенная нагрузка, скорость передачи данных в канале и ёмкость канала связи?
34. Что такое полоса пропускания?
35. Какими терминами характеризуется канал связи с точки зрения возможности одновременной встречной работы?

36. Что такое топология сети связи? Какие типы топологий Вы знаете?
37. Зачем нужна адресация? Какие классификации адресов Вы знаете?
38. Какие способы организации адресного пространства Вам известны?
39. В чём состоит задача коммутации? Перечислите и охарактеризуйте её основные подзадачи.
40. В чём состоит задача маршрутизации? Охарактеризуйте её подзадачи.
41. Что такое метрика маршрута?
42. Что такое мультиплексирование и демультиплексирование в сетях передачи данных?
43. Какие участки электромагнитного спектра применяются в современных системах передачи информации? Какие из них наиболее востребованы?
44. Что такое ширина полосы частот по Найквисту?
45. Сформулируйте теорему Котельникова.
46. Сформулируйте теорему Шеннона – Хартли.
47. Что такое предел Шеннона?
48. Приведите пример ортогонального сигнала. Как ведут себя кривые помехоустойчивости(зависимость битовой ошибки от отношения сигнал/шум) ортогональных сигналов при увеличении количества битов в символе?
49. Приведите пример многофазного сигнала. Как ведут себя кривые помехоустойчивости(зависимость битовой ошибки от отношения сигнал/шум) многофазных сигналов при увеличении количества битов в символе?
50. Что такое двоичный симметричный канал?
51. Приведите определение дискретного канала без памяти.
52. Что такое канал с дискретным входом и непрерывным выходом?
53. Что такое степень (или скорость) кодирования? Что означают n и k в термине (n,k) код?
54. Приведите 2 примера кодов с контролем чётности. Оцените их возможности по обнаружению и исправлению ошибок.
55. Что такое векторное пространство? Дайте определение линейному коду через понятие векторного подпространства. Приведите пример.
56. Что такое и зачем нужна матрица генератора (генерирующая матрица)? Приведите пример.
57. Чем систематический код отличается от несистематического? Приведите пример.
58. Что такое проверочная матрица и как реализуется контроль с помощью синдромов?
59. Как строится нормальная матрица, и как с её помощью исправлять ошибки канала при декодировании?
60. Что такое свёрточный кодер? Что такое длина кодового ограничения? Приведите пример свёрточного кодера.
61. Перечислите основные представления свёрточного кодера.
62. Что такое импульсная характеристика свёрточного кодера?
63. Опишите полиномиальное представление свёрточного кодера и его представление в виде конечного автомата.
64. Опишите представление свёрточного кодера в виде древовидной и решётчатой диаграмм.
65. В чём заключается отличие алгоритма декодирования свёрточного кода по Витерби от алгоритма полного перебора?
66. Охарактеризуйте стандарт IEEE 802.11 в целом, какие уровни по классификации модели ISO OSI он охватывает?

67. Охарактеризуйте физический уровень стандарта IEEE 802.11.
68. Какие методы расширения спектра Вы знаете?
69. Что такое MIMO и какие его разновидности Вам известны?
70. Что такое OFDM, как и для чего он (она? Или оно?) работает.
71. Что такое DCF? Опишите порядок функционирования.
72. Что такое PCF? Опишите порядок функционирования.
73. Чем PCF отличается от DCF? Могут ли они работать вместе и как именно?

ФОС
Компетенция ПК-3

Задания закрытого типа

1. Защита данных от искажений при передаче по радиоканалу путём внесения в них структурной избыточности происходит при:
 - a) кодировании источника данных
 - b) канальном кодировании
 - c) модуляции
 - d) криптографическом кодировании
 - e) форматировании источника данных

2. Какие из перечисленных методов цифровой связи применяются в различных версиях стандарта IEEE 802.11?
 - a) мультиплексирование с ортогональным частотным разделением сигналов (OFDM)
 - b) передача данных с применением нескольких передающих и принимающих антенн (MIMO)
 - c) расширения спектра сигнала прямой последовательностью (DSSS)
 - d) множественный доступ к среде передачи данных с контролем несущей и устранением конфликтов (CSMA/CA).
 - e) 64-позиционная квадратурно-амплитудная манипуляция (64QAM)

3. Какие уровни семиуровневой модели взаимодействия открытых систем относятся к сетевому транспорту?
 - a) сеансовый
 - b) транспортный
 - c) сетевой
 - d) канальный (передачи данных)
 - e) физический

4. По каким параметрам дискретизируют аналоговый сигнал для цифровой обработки?
 - a) по времени
 - b) по фазе
 - c) по амплитуде
 - d) по частоте
 - e) по спектру

5. Выделите из списка ниже основные подзадачи задачи коммутации.
 - a) формирование информационных потоков
 - b) определение информационных потоков, для которых требуется прокладывать маршруты
 - c) маршрутизация информационных потоков
 - d) продвижение информационных потоков
 - e) мультиплексирование и демultipлексирование информационных потоков

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
1	b

2	a, b, c, d, e
3	c, d, e
4	a, c
5	b, c, d, e

Задания открытого типа

6. Верно ли, что термин полоса пропускания может использоваться в двух разных значениях: в первом он означает ширину полосы частот (в герцах), которую линия передает без существенных искажений, а во втором является синонимом термина емкость канала связи и измеряется в битах в секунду?

Ответ (да/нет)

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ
6	да

7. Правила взаимодействия модулей одного уровня в разных узлах в семиуровневой модели называются именно так.

Ответ (протокол/интерфейс)

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ
7	протокол

Задания с развёрнутым ответом

8. Что такое векторное подпространство? Определите линейный блочный код через векторное подпространство, приведите пример.

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ
8	<p>Подмножество S векторного пространства V_n называется подпространством, если для него выполняются следующие условия.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Множеству S принадлежит нулевой вектор. 2. Сумма любых двух векторов в S также принадлежит S (свойство замкнутости). <p>При алгебраическом описании линейных блочных кодов данные свойства являются фундаментальными. Допустим v_i и v_j – два кодовых слова (или кодовых вектора) в двоичном блочном коде (n, k). Код называется линейным тогда и только тогда, когда $v_i \oplus v_j$ также является кодовым вектором. Линейный блочный код – это такой код, в котором вектор, не принадлежащий подпространству, нельзя получить путем сложения любых кодовых слов, принадлежащих этому подпространству.</p> <p>Пример: векторное пространство V_4 состоит из 16 4-кортежей:</p> <p>0000 0001 0010 0011 0100 0101 0110 0111 1000 1001 1010 1011 1100 1101 1110 1111</p> <p>Векторное подпространство составляют следующие 4 4-кортежа:</p> <p>0000 0101 1010 1111</p>

Критерии оценивания	Шкала оценок (в баллах)
---------------------	-------------------------

Оба определения даны верно, приведён верный пример.	3 балла
Оба определения даны верно, пример неверен или отсутствует.	2 балла
Хотя бы одно из определений верно	1 балл
Имеются ошибки в обоих определениях.	0 баллов

9. Охарактеризуйте импульсную и полосовую модуляцию как элементы цифровой системы связи.

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ
9	<p>Модуляция — это процесс, посредством которого символы сообщений или канальные символы (если используется канальное кодирование) преобразуются в сигналы, совместимые с требованиями, налагаемыми каналом передачи данных.</p> <p>В процессе импульсной модуляции (baseband modulation) каждый символ, который требуется передать, преобразуется из двоичного представления (уровни напряжений представляются двоичными нулями и единицами) в видеосигнал (baseband signal), т. е. сигнал, спектр которого начинается от (или около) постоянной составляющей и заканчивается некоторым конечным значением (обычно, не более нескольких мегагерц).</p> <p>Для систем передачи радиочастотного диапазона следующим важным этапом является полосовая модуляция (bandpass modulation); она необходима всегда, когда среда передачи не поддерживает распространение сигналов, имеющих форму импульсов. Тогда видеосигнал требуется преобразовать в полосовой сигнал (bandpass signal), для чего необходимо сдвинуть сигнал на частоту, которая гораздо больше частоты видеосигнала.</p> <p>Таким образом импульсная модуляция формирует низкочастотный видеосигнал, а полосовая переносит его на рабочую частоту</p>

Критерии оценивания	Шкала оценок (в баллах)
Оба понятия определены верно и подробно	3 балла
Оба понятия определены в общем верно, имеются отдельные неточности.	2 балла
Хотя бы одно из понятия определено верно.	1 балл
Имеются ошибки в обоих определениях.	0 баллов