

Минобрнауки России

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

УТВЕРЖДАЮ



Заведующий кафедрой
Борисов Дмитрий Николаевич
Кафедра информационных систем

03.05.2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.04 Технологии беспроводной передачи данных

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

09.03.02 Информационные системы и технологии

2. Профиль подготовки/специализация:

Встраиваемые вычислительные системы и интернет вещей

3. Квалификация (степень) выпускника:

Бакалавриат

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 №7 от 03.05.2023

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 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 (Б1.В). Входные знания в области курсов: «Теория информационных процессов и систем», «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-1 Способен проводить исследования на всех этапах жизненного цикла программных средств	ПК-1.2 Знает методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации	Знать: основные методы моделирования беспроводных сетей, их специфику и ограничения. Уметь: обрабатывать и анализировать результаты имитационного моделирования беспроводных сетей. Владеть: стандартными средствами моделирования беспроводных сетей.
ПК-4 Способен проводить анализ требований к программному обеспечению, выполнять работы по проектированию программного обеспечения	ПК-4.3 Определяет первоначальные требования заказчика к ИС и возможности их реализации в типовой ИС	Знать: стандартные подходы к построению беспроводных сетей различной сложности и масштаба. Уметь: определить технологию или набор технологий, наиболее подходящий для решения конкретной задачи по реализации беспроводных сетей. Владеть: 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 6	Всего
Аудиторные занятия	64	64
Лекционные занятия	32	32
Практические занятия	16	16
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа	44	44

Вид учебной работы	Семестр 6	Всего
Курсовая работа		0
Промежуточная аттестация	0	0
Часы на контроль		0
Всего	108	108

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1		Лекции	-
1.1	Основы построения беспроводных сетей	<ul style="list-style-type: none"> - сеть интернет (автономные области, маршрутизация в сети интернет (протоколы RIP, OSPF, BGP)) - модель OSI - особенности построения беспроводных сетей - виды беспроводных сетей - ячеистая топология - иерархические сети 	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
1.2	Физический, канальный и сетевой уровни модели OSI при построении беспроводных сетей	<ul style="list-style-type: none"> - физический уровень - канальный уровень (ALOHA, синхронная ALOHA, CSMA/CD, CSMA/CA) - сетевой уровень 	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
1.3	Маршрутизация в беспроводных мобильных сетях	<ul style="list-style-type: none"> - классификация протоколов маршрутизации - особенности маршрутизации в беспроводных сетях - безопасность маршрутизации 	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
1.4	Моделирование беспроводных сетей	<ul style="list-style-type: none"> - методы моделирования - средства имитационного моделирования - описание структуры и основных принципов работы ns2 	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
1.5	Сети Wi-Fi	<ul style="list-style-type: none"> - архитектура сети Wi-Fi - DCF и PCF - основные возможности и режимы работы - архитектура сети - шифрование - стандарт 802.11s 	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
1.6	Сети WiMAX	<ul style="list-style-type: none"> - архитектура сети WiMAX - основные возможности и режимы работы - стандарт 802.16e и его особенности - область применения 	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
1.7	Сети LTE	<ul style="list-style-type: none"> - архитектура сети LTE - основные возможности и режимы работы - область применения 	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
1.8	Беспроводные сенсорные сети и их особенности	<ul style="list-style-type: none"> - особенности сенсорных сетей - особенности протоколов сетевого уровня при проектировании сенсорных сетей - область применения 	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
1.9	Узкополосные сети	- архитектура узкополосных сетей - основные возможности и режимы работы - стандарт TETRA - области применения узкополосных радиосетей	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
2		Практические занятия	
2.1	Основы построения беспроводных сетей	Расчет бюджета мощности и основных характеристик коммуникационной системы	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
2.2	Физический, канальный и сетевой уровни модели OSI при построении беспроводных сетей	Изучение СКК. Определение вероятности битовой ошибки как функции отношения сигнал-шум для различных видов модуляции	-
2.3	Маршрутизация в беспроводных мобильных сетях	Изучение основных протоколов маршрутизации в беспроводных сетях. Сравнительный анализ различных протоколов маршрутизации	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
2.4	Моделирование беспроводных сетей	Изучение ПО имитационного моделирования беспроводных сетей. Имитационное моделирование ячеистой беспроводной сети и анализ результатов.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
3		Лабораторные работы	

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
3.1	Основы построения беспроводных сетей	Расчет бюджета мощности и основных характеристик коммуникационной системы	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
3.2	Физический, канальный и сетевой уровни модели OSI при построении беспроводных сетей	Изучение СКК. Определение вероятности битовой ошибки как функции отношения сигнал-шум для различных видов модуляции	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
3.3	Маршрутизация в беспроводных мобильных сетях	Изучение основных протоколов маршрутизации в беспроводных сетях. Сравнительный анализ различных протоколов маршрутизации	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15318
3.4	Моделирование беспроводных сетей	Изучение ПО имитационного моделирования беспроводных сетей. Имитационное моделирование ячеистой беспроводной сети и анализ результатов.	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	Основы построения беспроводных сетей	2	2	2	4	10

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
2	Физический, канальный и сетевой уровни модели OSI при построении беспроводных сетей	4	3	3	4	14
3	Маршрутизация в беспроводных мобильных сетях	4	3	3	4	14
4	Моделирование беспроводных сетей	6	3	3	6	18
5	Сети Wi-Fi	4	3	3	4	14
6	Сети WiMAX	2	0	0	8	10
7	Сети LTE	4	2	2	4	12
8	Беспроводные сенсорные сети и их особенности	4	0	0	6	10
9	Узкополосные сети	2	0	0	4	6
		32	16	16	44	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 moodle.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://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
2	Сервер Moodle ВГУ, http://moodle.vsu.ru

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

1. Лекционные занятия
2. Лабораторные работы
3. Семинарские занятия
4. Самостоятельная работа с последующим отчётом и обсуждением результатов на семинарах

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Лекционная аудитория, оснащенная видеопроектором.

2. Компьютерный класс для проведения лабораторных занятий, оснащенный программным обеспечением ns3, можно на виртуальных машинах,, 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	Разделы 1.1 - 1.4	ПК-1	ПК-1.2	Лабораторные работы 3.1 - 3.6
2	Разделы 1.5 - 1.9	ПК-4	ПК-4.3	Практические занятия 2.1 - 2.6

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

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
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

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Функциональность сетевого уровня модели OSI.
2. Маршрутизация. Классификация протоколов маршрутизации. Протокол маршрутизации AODV.
3. Принцип работы CSMA/CA.
4. Взаимодействие уровней модели OSI.

Контрольно-измерительный материал № 2

1. Функциональность канального уровня модели OSI.
2. Алгоритм RTS/CTS.
3. Архитектура сети интернет. Маршрутизация в сети интернет.
4. Функция централизованной координации (PCF), функция распределенной координации (DCF).

Контрольно-измерительный материал № 3

1. Основные виды узлов беспроводных сенсорных сетей.
2. Слотовая структура периодического временного интервала дежурного приёма стандарта ALE.
3. Архитектура сети стандарта TETRA.

Контрольно-измерительный материал № 4

1. Основные режимы работы сетей стандарта TETRA.
2. Протокол канального (MAC) уровня стандарта ZigBee.

3. Основные области применения КВ связи.

Контрольно-измерительный материал № 5

1. Сенсорные сети. Области использования беспроводных сенсорных сетей.
2. Протоколы сетевого уровня стандарта ZigBee.
3. Структура кадра в системах TETRA.

Контрольно-измерительный материал № 6

1. Основные сетевые процедуры стандарта TETRA.
2. Адресация и топология сети стандарта ALE.
3. Архитектура сети стандарта TETRA.

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущих и промежуточной аттестаций. Текущие аттестации проводятся в форме письменной контрольной работы с вопросами по лекционной части курса и лабораторных заданий, позволяющих оценить степень сформированности умений и навыков. Промежуточная аттестация проводится в форме: письменной работы. При оценивании контрольных и лабораторных работ используется количественная шкала оценок.

При оценивании за каждый вопрос письменной контрольной работы или действие лабораторной работы устанавливается балльная оценка: 0 – не выполнено/нет ответа/выполнено неверно; 1 – частично выполнено/не полный ответ/отчасти верно; 2 – полностью выполнено/полностью верно. Итоговая оценка формируется суммированием и нормированием к 50-балльной оценке отдельно для каждого текущего или промежуточного оценивания. Итоговая оценка за предмет (оценка промежуточной аттестации) устанавливается согласно положению о балльно-рейтинговой системе факультета компьютерных наук (на основе оценок промежуточной и текущих аттестаций). В частности используется следующая шкала:

оценка «отлично» - 90..100 баллов

оценка «хорошо» - 70..89 баллов

оценка «удовлетворительно» - 50..69 баллов

оценка «неудовлетворительно» - 0..49 баллов.

Кроме того, условием положительной оценки является выполнение на занятиях и сдача преподавателю результатов всех лабораторных работ курса.

Оценочные средства промежуточной и текущих аттестаций размещены на файл-сервере ФКН по адресу "\\fs.cs.vsu.ru\Library\Лекции" и на сервере Moodle ВГУ moodle.vsu.ru.

ФОС

Компетенция ПК-1

Задания закрытого типа

1. Защита данных от искажений при передаче по радиоканалу путём внесения в них структурной избыточности происходит при:
 - а. 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

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
1.	b
2.	a, b, c, d, e
3.	c, d, e
4.	a, c

Задания открытого типа

5. 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
5.	да

Задания с развёрнутым ответом

6. Что такое векторное подпространство? Определите линейный блочный код через векторное

подпространство, приведите пример.

Ответы на вопросы

Номер вопроса

Ответ

6.

Подмножество S векторного пространства V_n называется подпространством, если для него выполняются следующие условия.

1. Множеству S принадлежит нулевой вектор.
2. Сумма любых двух векторов в S также принадлежит S (свойство замкнутости).

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.

Пример: векторное пространство V_4 состоит из 16 4-кортежей:

```
0000 0001 0010 0011 0100 0101 0110 0111
1000 1001 1010 1011 1100 1101 1110 1111
```

Векторное подпространство составляют следующие 4 4-кортежа:

```
0000 0101 1010 1111
```

Критерии оценивания

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

Оба определения даны верно, приведён верный пример.

Оба определения даны верно, пример неверен или отсутствует.

Хотя бы одно из определений верно

Имеются ошибки в обоих определениях.

Компетенция ПК-4

Задания закрытого типа

7. Какой из режимов работы приёмопередатчика характеризуется максимальным энергопотреблением?

- a. приём
- b. передача
- c. «простой» (idle)
- d. «сон» (sleep)
- e. декодировании источника данных

8. Выберите из списка компоненты узла беспроводной сенсорно-актуаторной сети

- a. управляющий модуль (контроллер)
 - b. модуль связи
 - c. сенсор
 - d. исполнительный механизм
 - e. источник питания
9. Укажите способы управления топологией, которые могут использоваться только в иерархически организованных сетях:
- a. построение магистралей
 - b. управление мощностью передатчиков
 - c. мультиплексирование с ортогональным частотным разделением сигналов
 - d. множественный доступ к среде передачи данных с контролем несущей
 - e. кластеризация
10. Какие из данных методов реализуют прямую (упреждающую) коррекцию ошибок?
- a. автоматический запрос повторной передачи
 - b. свёрточный код
 - c. частотная модуляция
 - d. блочный код
 - e. квадратурно-амплитудная манипуляция

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
7.	b
8.	a, b, c, d, e
9.	a, e
10.	b, d

Задания открытого типа

11. Верно ли, что проактивные методы маршрутизации в ячеистых радиосетях используют для построения маршрута заранее собранные данные о связях в сети, а реактивные определяют маршрут только после получения запроса на его построение?

Ответ (да/нет)

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ
11.	да

12. Для чего и как используются в радиосетях с ячеистой топологией триангуляция и трилатерация? Охарактеризуйте их и укажите отличия.

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ
---------------	-------

12.

Триангуляция и трилатерация – методы определения местоположения узла на местности по опорным источникам сигналов с известными координатами. Местоположение узла необходимо, например для географической маршрутизации, адресации по местоположению или фиксации данных о координатах получения данных в сенсорных сетях. Измерить расстояние можно анализируя мощность или момент приёма синхронизированного сигнала. Определить направление можно, если на опорных источниках сигналов используется механическое или цифровое вращение луча диаграммы направленности. Трилатерация использует измеренные расстояния до известных узлов, а триангуляция – направления на них (углы). Для использования трилатерации надо составить систему уравнений для координат определяемого узла и известных опорных узлов с использованием теорем Пифагора.

Критерии оценивания

Даны верные определения, указаны цели и методы измерений расстояний и углов в радиосетях, описано различие.

Даны верные определения, указаны цели и методы измерений расстояний и углов в радиосетях, описано различие, имеются незначительные неточности.

Даны только определения, данные о применении в радиосетях отсутствуют

Имеются ошибки в определениях

Шкала оценок (в баллах)
3 балла
2 балла
1 балл
0 баллов