МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра цифровых технологий и машинного обучения

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

И.С. Огнев

«23» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины
«Беспроводные сети связи»

Направление подготовки
11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность (профиль)
Искусственный интеллект и инфокоммуникации

Форма обучения
очная

Программа рассмотрена
на заседании кафедры
от «17» апреля 2023 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года.

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Беспроводные сети связи» является получение необходимых практических и теоретических знаний, умений и навыков в области современных и перспективных беспроводных сетевых технологий, включающей в себя методы доступа к среде передачи, топологии и стандарты.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Данная дисциплина является дисциплиной по выбору и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина основывается на знаниях, полученных при изучении дисциплин «Теория передачи сигналов», «Основы построений инфокоммуникационных систем и сетей», «Цифровые системы передачи», «Антенны». Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины, используются студентами при изучении других специальных дисциплин и в НИРС.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	**Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)**	**Перечень планируемых результатов обучения**
Профессиональные компетенции		
ПК-2 Способен применять современные теоретические и эксперимен-тальные методы исследования с целью модернизации существующих и (или) создания новых перспективных средств инфо-коммуникаций	ИД_ПК-2.1 Знает основные характеристики инфокоммуникационных устройств, систем и сетей	**Знать:** – основные параметры радиосигналов; – классификацию беспроводных сетей связи. **Уметь:** – сравнивать помехоустойчивость разных ансамблей сигналов.
	ИД_ПК-2.4 Оформляет отчеты в соответствии предъявляемыми требованиями	**Владеть навыками:** – оформления результатов исследований в соответствии предъявляемыми требованиями.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 акад. часа.

Очное отделение

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Основы передачи информации по беспроводному каналу связи	8		8	14	1		6	Устный опрос.
2	Нормативные основы в области беспроводной связи	8		2		1		5	Устный опрос.
3	Персональные беспроводные сети	8		4	6	1		6	Устный опрос. Доклады.
4	Беспроводные локальные сети	8		4		1		6	Устный опрос. Доклады.
5	Беспроводные сети городского масштаба	8		2		1		3,7	Устный опрос. Доклады.
							0,3		Зачет
	Всего			**20**	**20**	**5**	**0,3**	**26,7**	

Содержание тем дисциплины

Тема № 1

Основы передачи информации по беспроводному каналу связи

1. Модель взаимодействия открытых систем (OSI). Особенности ее применения к беспроводным сетям связи (по каждому из 7 уровней). Основные отличия беспроводных систем связи от проводных.
2. Виды радиоканалов (АБГШ, с замираниями Релея, Райса и т.д.). Особенности в физике распространения радиоволн в различных частотных диапазонах.
3. Теорема Найквиста о максимальной пропускной способности цифрового канала связи без шума. Фильтр Найквиста («приподнятый косинус»). Его назначение и выбор параметров. Теорема Шеннона-Хартли о максимальной скорости передачи данных в канале с АБГШ. Предел Шеннона.
4. Понятие межсимвольной интерференции, ее причины (многолучевость, ограничение полосы канала) и последствия.
5. Линейные виды цифровой модуляции сигналов (PSK, OQPSK, PAM, QAM). Особенности сигнальных созвездий, пик-фактор сигнала. Методы получения данных видов модуляции. Обобщенная структурная схема приемника и передатчика.

6. Нелинейные виды цифровой модуляции сигналов (FSK, MSK). Методы получения данных видов модуляции. Обобщенная структурная схема приемника и передатчика.
7. Понятие отношения сигнал/шум и вероятности битовой (символьной) ошибки. Типичные графики их зависимости друг от друга для различных видов цифровой модуляции при наличии и отсутствии кодирования (блочные, сверточные коды).
8. Методы расширения полосы спектра сигналов (DSSS, FHSS). Технология OFDM. Примеры реальных БСС с указанными методами.
9. Методы разделения каналов и множественного доступа (SDMA, TDMA, FDMA, CDMA, OFDMA и т.д.). Примеры реальных БСС с указанными методами.
10. Методы доступа к общей среде передачи (Aloha, CSMA/CD, CSMA/CA и т.д.) и их особенности в беспроводных сетях связи. Проблема скрытого терминала. Проблема фантомного терминала.
11. Технология MIMO (прием и передача с использованием нескольких антенн). Варианты ее применения и достигаемый эффект.

Тема № 2

Нормативные основы в области беспроводной связи

1. Основные всемирные и российские организации в области стандартизации БСС и распределения частот. Службы радиоконтроля. Регламент радиосвязи.

Тема № 3

Персональные беспроводные сети

1. Технология ZigBee (IEEE 802.15.4).
2. Технология Bluetooth (IEEE 802.15.1).

Тема № 4

Беспроводные локальные сети

1. Технология Wi-Fi (IEEE 802.11a, b, g, n и более современные версии).
2. Видеосендеры. Технологии беспроводной передачи видео высокой четкости на небольшие расстояния.
3. Одноранговые ad-hoc беспроводные сети. Принципы функционирования, преимущества перед централизованными сетями, примеры.
4. Понятие ячеистой mesh-сети (IEEE 802.11s), ее отличие от ad-hoc сетей, примеры реализации.

Тема № 5

Беспроводные сети городского масштаба

1. Технология WiMAX (IEEE 802.16)
2. Радиорелейные линии связи прямой видимости. Классификация по используемому частотному диапазону. Примеры.
3. Тропосферные радиорелейные линии связи.
4. Технология когнитивного радио (CR) на примере стандарта IEEE 802.22.
5. Технология UWB. Системы связи на сверхширокополосных сигналах.

Перечень лабораторных работ

1. Исследование аналоговых видов модуляции.

2. Исследование цифровых видов модуляции.
3. Моделирование беспроводной системы связи с частотным разделением каналов.
4. Передача речевого сигнала с использованием технологии Bluetooth (IEEE 802.15.1).

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных знаний.

Лабораторное занятие – это проведение студентами по заданию преподавателя опытов с использованием приборов, инструментов и других технических приспособлений, то есть это изучение каких-либо явлений с помощью специального оборудования. Лабораторные занятия, являясь одной форм учебных занятий, дают возможность наглядно сформировать представление об изучаемых явлениях и процессах, помогают овладеть техникой эксперимента, а также решать практические задачи путем постановки опыта.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- Adobe Acrobat Reader.

для выполнения лабораторных работ:

- Matlab.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT» http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Ярмоленко В.И., Приоров А.Л. Сигналы в радиотехнических и телекоммуникационных системах: Учеб. пособие. Ярославль: ЯрГУ, 2006. 100 с. URL: http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20060715.pdf

2. Ярмоленко В.И., Приоров А.Л. Сигналы в радиотехнических и телекоммуникационных системах: Учеб. Пособие. Ч. 2. Ярославль: ЯрГУ, 2008. 140 с. URL: http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20080787.pdf

б) дополнительная литература

б) дополнительная литература

1) Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебное пособие для вузов - 2-е изд. СПб.: Питер, 2005. 863с. http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=314538&cat_cd=YARSU
1. Тараканов А.Н., Приоров А.Л. Сигналы в радиотехнических и телекоммуникационных системах: Лабораторный практикум. Ярославль: ЯрГУ, 2007. 108 с. URL: http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20070708.pdf
2. Дубов М.А., Топников А.И. Компьютерное моделирование радиотехнических систем передачи информации: практикум / М.А. Дубов, А.И. Топников; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. - Ярославль: ЯрГУ, 2016. – 35 с. URL: http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20160705.pdf
3. Прокис Дж. Цифровая связь. Пер. с англ. под ред. Д.Д. Кловского. - М.: Радио и связь, 2000. 800 с. URL: http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=294100&cat_cd=YARSU

2) Мелихов С. В. Аналоговое и цифровое радиовещание: учебное пособие. М: ТУСУР, 2015. – 233 с. // Лань: электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/book/110337
3) Беленький, В. Г. Беспроводные сети передачи данных: учебное пособие / В. Г. Беленький, А. В. Лошкарев. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2020. – 99 с. – Текс : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: https://www.iprbookshop.ru/117126.html
4) Носкова, Н. В. Стандарты беспроводных телекоммуникационных сетей: учебное пособие / Н. В. Носкова. – Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2012. – 201 с. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: https://www.iprbookshop.ru/45489.html
5) Проектирование и анализ радиосетей: учеб. пособие для вузов. / К. Е. Виноградов и др. Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова - Ярославль: Б.и., 2004. - 104 с. URL: http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20040701.pdf
6) Алексеев, В. А. Беспроводные локальные сети IEEE 802.11 Wi-Fi: методические указания к проведению лабораторных работ по курсу «Сети ЭВМ и телекоммуникации» / В. А. Алексеев. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. – 26 с. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: https://www.iprbookshop.ru/17720.html
7) Беспроводные сети Wi-Fi: учебное пособие / А. В. Пролетарский, И. В. Баскаков, Д. Н. Чирков [и др.]. – 3-е изд. – Москва, Саратов: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. – 284 с. – ISBN 978-5-4497-0305-7. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: https://www.iprbookshop.ru/89422.html

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в аудитории для практических занятий (семинаров) равно списочному составу группы обучающихся.

Авторы:
Доцент кафедры инфокоммуникаций и радиофизики, к.т.н., _____ А.И. Топников
(подпись)

Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Беспроводные сети связи»

Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине

1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

1.1 Контрольные задания и иные материалы, используемые в процессе текущей аттестации

Примерный список вопросов для проведения устных опросов:

1. Модель взаимодействия открытых систем (OSI). Особенности ее применения к беспроводным сетям связи. Основные отличия беспроводных систем связи от проводных.
2. Виды радиоканалов.
3. Фундаментальная граница Шеннона.
4. Понятие межсимвольной интерференции, ее причины и последствия.
5. Виды цифровой модуляции сигналов (PSK, OQPSK, PAM, QAM, FSK, MSK).
6. Понятие отношения сигнал/шум и вероятности битовой (символьной) ошибки.
7. Методы расширения полосы спектра сигналов (DSSS, FHSS). Технология OFDM.
8. Методы разделения каналов и множественного доступа (SDMA, TDMA, FDMA, CDMA).
9. Методы доступа к общей среде передачи (Aloha, CSMA/CD, CSMA/CA и т.д.) и их особенности в беспроводных сетях связи.
10. Технология MIMO (прием и передача с использованием нескольких антенн). Варианты ее применения и достигаемый эффект.
11. Технология ZigBee (IEEE 802.15.4).
12. Технология Bluetooth (IEEE 802.15.1).
13. Технология Wi-Fi (IEEE 802.11a, b, g, n и более современные версии).
14. Технология радиочастотной идентификации RFID. Примеры использования.
15. Технология ближней бесконтактной связи NFC.
16. Технология WiMAX (IEEE 802.16)
17. Одноранговые ad-hoc беспроводные сети. Принципы функционирования, преимущества перед централизованными сетями, примеры.
18. Понятие ячеистой mesh-сети (IEEE 802.11s), ее отличие от ad-hoc сетей, примеры реализации.
19. Технология когнитивного радио (CR) на примере стандарта IEEE 802.22.
20. Технология UWB. Системы связи на сверхширокополосных сигналах.

Критерии оценивания ответов на вопросы

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (*не относящееся к вопросу не подлежит проверке*)	Полное	Полное
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры	Много примеров	Есть практически ко всем утверждениям
Содержание ответа	Понятийные вопросы изложены с классификациями, проблемные с постановкой проблемы и изложением различных точек зрения. Имеются ошибки или пробелы.	Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Исчерпывающ ий полный ответ

Примерный список тем докладов для практических занятий:

1. Технология ZigBee (IEEE 802.15.4).
2. Технология Bluetooth (IEEE 802.15.1).
3. Технология Wi-Fi (IEEE 802.11a, b, g, n и более современные версии).
4. Технология радиочастотной идентификации RFID. Примеры использования.
5. Технология ближней бесконтактной связи NFC.
6. Технология WiMAX (IEEE 802.16)
7. Одноранговые ad-hoc беспроводные сети. Принципы функционирования, преимущества перед централизованными сетями, примеры.
8. Понятие ячеистой mesh-сети (IEEE 802.11s), ее отличие от ad-hoc сетей, примеры реализации.
9. Технология когнитивного радио (CR) на примере стандарта IEEE 802.22.
10. Технология UWB. Системы связи на сверхширокополосных сигналах.

Критерии оценивания самостоятельных заданий

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Полнота изложения	Тема раскрыта на 50 и более %	Изложение почти полное, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Изложение безошибочное и исчерпывающее
Ссылки на источники	Расставлены	Расставлены в правильных местах	Расставлены в правильных местах
Изложение	Компиляция из отрывков	Пересказ с анализом	Пересказ с анализом и выводами

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Представлен реферат			
Объём	Не менее 2-х страниц содержательного текста	Не менее 3-х страниц содержательного текста с примерами	Не менее 3-х страниц содержательного текста с примерами и (возможно) рисунками
Оформление	Визуальное приемлемое	По ГОСТ 7.32-2001 (в сокращённой форме)	По ГОСТ 7.32-2001 (в сокращённой форме)
Представлен доклад			
Выступление	Свободный рассказ и чтение с листа сопоставимы по объему, возникают значительные затруднения при ответах	Незначительная часть доклада читается с листа, неполные ответы на некоторые вопросы.	Свободное владение тематикой доклада, ответы на вопросы, демонстрация высоких навыков публичных выступлений.

Перечень лабораторных работ

1. Исследование аналоговых видов модуляции.
2. Исследование цифровых видов модуляции.
3. Моделирование беспроводной системы связи с частотным разделением каналов.
4. Передача речевого сигнала с использованием технологии Bluetooth (IEEE 802.15.1).

Критерии оценивания ответов на вопросы при защите лабораторной работы

Показатели	На «Зачтено»	На «Не зачтено»
Формулы	Корректные, применимые в условиях данной задачи, в стандартных обозначениях или обозначения раскрыты.	В базовых выражениях допущены ошибки.
Графики	Построенная зависимость имеет верный вид, по осям указаны аргумент и имя функции со своими единицами, есть шкалы на осях, нанесены контрольные метки, соответствующие заданию.	Вид зависимостей неверный.
Схемы	Представлен правильный набор элементов или блоков в стандартных обозначениях, правильно соединённых друг с другом, указаны их номиналы (если это возможно по имеющимся	Неверный набор элементов или неверное их соединение, в том числе неверная полярность включения.

Показатели	На «Зачтено»	На «Не зачтено»
	данным), указаны места соединения или шины.	
Объяснения (ответы на смысловые вопросы)	Даны развёрнутые, корректные ответы на все вопросы, с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная.	Объяснение отсутствует.

1.2 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к экзамену:

1. Модель взаимодействия открытых систем (OSI). Особенности ее применения к беспроводным сетям связи. Основные отличия беспроводных систем связи от проводных.
2. Виды радиоканалов.
3. Фундаментальная граница Шеннона.
4. Понятие межсимвольной интерференции, ее причины и последствия.
5. Виды цифровой модуляции сигналов (PSK, OQPSK, PAM, QAM, FSK, MSK).
6. Понятие отношения сигнал/шум и вероятности битовой (символьной) ошибки.
7. Методы расширения полосы спектра сигналов (DSSS, FHSS). Технология OFDM.
8. Методы разделения каналов и множественного доступа (SDMA, TDMA, FDMA, CDMA).
9. Методы доступа к общей среде передачи (Aloha, CSMA/CD, CSMA/CA и т.д.) и их особенности в беспроводных сетях связи.
10. Технология MIMO (прием и передача с использованием нескольких антенн). Варианты ее применения и достигаемый эффект.
11. Технология ZigBee (IEEE 802.15.4).
12. Технология Bluetooth (IEEE 802.15.1).
13. Технология Wi-Fi (IEEE 802.11a, b, g, n и более современные версии).
14. Технология радиочастотной идентификации RFID. Примеры использования.
15. Технология ближней бесконтактной связи NFC.
16. Технология WiMAX (IEEE 802.16)
17. Одноранговые ad-hoc беспроводные сети. Принципы функционирования, преимущества перед централизованными сетями, примеры.
18. Понятие ячеистой mesh-сети (IEEE 802.11s), ее отличие от ad-hoc сетей, примеры реализации.
19. Технология когнитивного радио (CR) на примере стандарта IEEE 802.22.
20. Технология UWB. Системы связи на сверхширокополосных сигналах.

Критерии оценивания ответов на вопросы

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)

Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (*не относящееся к вопросу не подлежит проверке*)	Полное	Полное
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры	Много примеров	Есть практически ко всем утверждениям
Содержание ответа	Понятийные вопросы изложены с классификациями, проблемные с постановкой проблемы и изложением различных точек зрения. Имеются ошибки или пробелы.	Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Исчерпывающ ий полный ответ

3 Описание процедуры выставления оценки

Изучение дисциплины заканчивается зачётом. Для подготовки ответа на вопрос билета отводится не менее 40 минут.

Оценка «зачтено» выставляется, если сданы все лабораторные работы, а ответ на вопрос билета дан не ниже чем на пороговом уровне.

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины
«Беспроводные сети связи»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Освоить вопросы дисциплины «Беспроводные сети связи» самостоятельно студенту достаточно сложно. Посещение всех предусмотренных занятий является совершенно необходимым. Особое внимание стоит уделить самостоятельной работе.

Основной формой занятий по дисциплине «Беспроводные сети связи» являются практические занятия и лабораторные работы.

Для успешного выполнения лабораторных работ необходимо своевременно осуществлять самостоятельную подготовку, включающую в себя в том числе и материал из дисциплин, освоенных в предыдущих семестрах. При выполнении лабораторных работ в аудитории стоит особое внимание уделять советам и рекомендациям преподавателя. Для успешного выполнения лабораторных работ рекомендуется анализировать получаемые результаты в процессе их получения. После выполнения работы рекомендуется проверить, полностью ли выполнена вся работа, сохранены ли все ее результаты. При необходимости можно обратиться за помочью к преподавателю. Перед сдачей лабораторных работ необходимо изучить (повторить) всю необходимую теорию, проанализировать результаты работы.