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

Кафедра интеллектуальных информационных радиофизических систем

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета
_____ И.С. Огнев
(подпись)

«17» мая 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
«Основы беспроводных телекоммуникаций»

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль)
Телекоммуникационные системы и технологии

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «28» апреля 2022 года, протокол № 9

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «11» мая 2022 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Основы беспроводных телекоммуникаций» являются: ознакомление слушателей с принципами построения беспроводных систем и сетей; ознакомление с существующими стандартами связи; формирование представлений об основах проектирования систем и сетей связи.

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина «Основы беспроводных телекоммуникаций» относится к блоку Б1 и является курсом по выбору.

Для освоения данной дисциплиной студенты должны владеть математическим аппаратом линейной алгебры, дифференциального исчисления и теории вероятности, знать специальные функции математической физики и их свойства, основы электродинамики, распространения электромагнитных волн, теории цепей и статистической радиофизики.

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Основы беспроводных телекоммуникаций», используются обучаемыми при работе над курсовыми и выпускными квалификационными работами.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

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**
Общепрофессиональные компетенции		
ПК-2 Способен применять современные теоретические и (или) экспериментальные методы исследования с целью анализа текущего состояния телекоммуникационных устройств, систем и сетей	ИД_ПК-2.1 Знает основные характеристики телекоммуникационных устройств, систем и сетей. ИД_ПК-2.2 Применяет экспериментальные методы исследования радиофизических процессов. ИД_ПК-2.3 Проводит теоретические исследования телекоммуникационных устройств, систем и сетей. ИД_ПК-2.4 Оформляет отчеты в соответствии предъявляемыми требованиями.	**Знает:** – основные принципы, особенности построения и функционирования современных систем передачи информации; – особенности распространения радиоволн в приземной атмосфере. **Умеет:** – использовать математические модели для анализа работоспособности современных беспроводных систем – применять компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и исследования работы радиотехнических систем. **Владеет:** – навыками практической работы по расчету беспроводных радиосистем; – навыками составления отчётов при исследовании и анализе характеристик беспроводных радиосистем.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 акад. часа.

Дисциплина реализуется с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ), предоставляемых образовательной площадкой «Электронный университет Moodle ЯрГУ».

№ 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)* *Формы ЭО и ДОТ (при наличии)*
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Введение.	8	1						
	в том числе с ЭО и ДОТ								
2	Современные системы беспроводной радиосвязи	8	4			1		10	Устный опрос
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	
3	Распространение радиоволн в приземном атмосферном радиоканале	8	3			1		10	Устный опрос
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	
4	Основы анализа электромагнитной совместимости радиосистем	8	1			1		10	Устный опрос
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	
5	Геоинформационные системы.	8	1			1		10	Устный опрос
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	
6	Проектирование современных аналоговых и цифровых систем связи	8			35	1		15	Защита лабораторных работ
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	
		8					0,3	4,7	Зачёт
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	
	Всего за 8 семестр 108 часов		**10**		**35**	**5**	**0,3**	**59,7**	
	в том числе с ЭО и ДОТ							**12**	
	ИТОГО		**10**		**35**	**5**	**0,3**	**59,7**	
	в том числе с ЭО и ДОТ							**12**	

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1

Введение

Основные задачи курса. Роль радиотелекоммуникаций в современном мире.

Раздел 2

Современные системы беспроводной радиосвязи

Обзор и классификация систем и сетей радиосвязи. Системы радиотелефонной связи, принципы построения и архитектуры сетей. Транкинговые системы. DECT. Системы сотовой связи стандартов GSM и LTE. Стандарты сетей широкополосного доступа (802.11a,b,g (WiFi), 802.16 (WiMax)).

Раздел 3

Распространение радиоволн в приземном атмосферном радио*канале*

Распространение радиоволн. Геометрические характеристики трассы распространения. Прямая видимость. Радиофизический радиус Земли. Зоны Френеля. Физические характеристики трассы распространения. Эффекты подстилающей поверхности. Многолучёвое распространение. Рефракция. Затухание в гидрометеорах. Статистическая методика моделирования.

Раздел 4

Основы анализа электромагнитной совместимости радиосистем

Понятие частотно пространственного ресурса. Виды помех. Модели передатчиков. Основной и зеркальный каналы приёма. Блокирование. Интермодуляция. Принципы расчёта обеспечения ЭМС.

Раздел 5

Геоинформационные системы*.*

Современные геоинформационные системы. Основные компоненты геоинформационных систем. Описание принципов функционирования и основных задач программного обеспечения ПИАР. Форматы представления данных. Цифровые модели местности. Модели приемника и передатчика. Антенны и антенно-фидерные тракты.

Раздел 6

Проектирование современных аналоговых и цифровых систем связи

Аналоговые системы связи. Системы телевизионного и радиовещания. Обеспечение минимальных уровней напряженности. Помеховое влияние. Защитное соотношение. Обеспечение необходимой зоны покрытия. Цифровые системы связи. Системы сотовой связи. Помехоустойчивость. Цифровое телерадиовещание.

Список лабораторных работ

Лабораторная работа №1 «Моделирование радиотрасс для систем связи типа «точка-точка»»

Лабораторная работа №2 «Моделирование систем связи типа «точка-зона»»

Лабораторная работа №3 «Анализ влияния метеоусловий на работоспособность радиосистем»

Лабораторная работа №4 «Анализ влияния электромагнитной совместимости на работоспособность радиосистем»

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:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция с элементами лекции-беседы – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

Задействованы:

– интерактивная лекция.

Лабораторное занятие – дает возможность получить навыки практической работы с лабораторными макетами электронных устройств, а также с современной измерительной аппаратурой и системами компьютерного моделирования.

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.

Асинхронная консультация (в рамках онлайн курса) – занятие по окончанию модуля, на котором проводится консультация по изученному материалу, формам заданий текущего контроля, ответы на вопросы студентов по дисциплине.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Основы беспроводных телекоммуникаций» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины;
- представлены правила прохождения аттестации по дисциплине.

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;
- издательская система LaTex;
- Adobe Acrobat Reader.

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. Радиосистемы передачи информации: учеб. пособие для вузов / В. А. Васин, В. В. Калмыков, Ю. Н. Себекин и др., М. : Горячая линия - Телеком, 2005. 472 с.
2. Хабаров, С. П. Основы моделирования беспроводных сетей. Среда OMNeT++ : учебное пособие / С. П. Хабаров. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 260 с. — ISBN 978-5-8114-3658-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/119639
3. Журавлев, А. Е. Инфокоммуникационные системы. Аппаратное обеспечение : учебник для вузов / А. Е. Журавлев, А. В. Макшанов, А. В. Иванищев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 392 с. — ISBN 978-5-8114-5342-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/147334
4. 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. Электронный вариант: http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20040701.pdf

б) дополнительная литература

1. Пуговкин, А. В. Основы построения инфокоммуникационных сетей и систем : учебное пособие для вузов / А. В. Пуговкин, Д. А. Покаместов, Я. В. Крюков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-5905-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/156402
2. Яковлев О.И., Якубов В.П., Урядов В.П., Павельев А.Г. Распространение радиоволн. М. Ленанд, 2009. 491 с.
3. Калачев, А. В. Основы работы с технологией Bluetooth Low Energy : учебное пособие / А. В. Калачев, М. В. Лапин, М. Е. Пелихов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-4737-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/140774

4. Проектирование и моделирование сетей связи. Лабораторный практикум : учебное пособие / В. Н. Тарасов, Н. Ф. Бахарева, С. В. Малахов, Ю. А. Ушаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-3298-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/111917

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).

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 занятий лекционного типа;
- 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 к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

Старший преподаватель кафедры
инфокоммуникаций и радиофизики А.А. Афонин

должность, ученая степень *И.О. Фамилия*

Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Основы беспроводных телекоммуникаций»

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

Устный опрос

Устный опрос проводится по вопросам из списка вопросов к зачёту.

Критерии оценивания ответов на вопросы опроса

Критерий	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (*не относящееся к вопросу не подлежит проверке*)	Полное	Полное
Полнота ответа	Вопрос раскрыт на 50 и более %	Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Ответ полный и без ошибок

Список лабораторных работ

Лабораторная работа №1 «Моделирование радиотрасс для систем связи типа «точка-точка»»

Лабораторная работа №2 «Моделирование систем связи типа «точка-зона»»

Лабораторная работа №3 «Анализ влияния метеоусловий на работоспособность радиосистем»

Лабораторная работа №4 «Анализ влияния электромагнитной совместимости на работоспособность радиосистем»

Защита лабораторных работ

Перед выполнением лабораторных работ необходимо сдать теоретический минимум – ответить кратко, но верно на вопросы из списка вопросов к зачету, относящиеся к теме данной работы.

В ходе защиты лабораторной работы необходимо продемонстрировать адекватность результатов, а также ответить на типичные вопросы и вопросы по теме.

Критерии оценивания ответов на вопросы при допуске и защите лабораторных работ

Критерий	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Ответы на вопросы при допуске и защите	Правильные ответы на большинство вопросов, однако, излишне краткие или с ошибками в терминологии.	Полные ответы практически на все вопросы с незначительными недостатками и некоторой нехваткой терминологической лексики	Развёрнутые, корректные ответы на все вопросы, с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная.

Критерии оценивания выполнения и защиты лабораторных работ

Выполнение работы оценивается бинарно («зачтено»/«не зачтено»):

«зачтено» - задание выполнено полностью, корректно, в отчёте представлены все необходимые в соответствии с заданием элементы, ответы на вопросы по заданию верные;

«не зачтено» - задание выполнено не полностью, есть ошибки, в отчёте представлены не все необходимые в соответствии с заданием элементы, ответы на вопросы по заданию неверные или не на все вопросы дан ответ.

Итоговая оценка за лабораторную работу определяется оценкой за ответы на вопросы, при условии, что за выполнение получено «зачтено».

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Вопросы к зачёту по дисциплине

1. Классификация систем радиосвязи.
2. Системы радиотелефонной радиосвязи: обзор систем и принципы построения.
3. Транкинговые системы радиосвязи. Стандарты и архитектура систем.
4. Система радиотелефонной связи стандарта DECT.
5. Принципы построения систем сотовой связи. Система связи стандарта GSM.
6. Передача данных в сетях сотовой связи стандарта GSM. GPRS.
7. Система сотовой связи с кодовым разделением каналов.
8. Перспективные системы сотовой связи 3-го и 4-го поколений. Краткие характеристики.
9. Стандарт системы широкополосного радиодоступа 802.11a,b,g.
10. Стандарт системы широкополосного радиодоступа 802.16. Основные принципы организации и характеристики систем.
11. Приземный атмосферный канал. Радиоволны в свободном пространстве. Зона существенная для распространения. Ослабление поля в свободном пространстве. Множитель ослабления.
12. Влияние земной поверхности на пространственное распределение поля. Решение Фока. Расстояние прямой видимости и классификация зон.
13. Интерференционные формулы. Критерий неровности Рэлея. Учет кривизны Земли в интерференционных формулах. Поле в области тени и полутени.
14. Строение атмосферы Земли. Особенности тропосферы. Основные эффекты, существенные для тропосферных каналов.
15. Рефракция радиоволн. Радиус кривизны луча. Эквивалентный радиус Земли. Дальность прямой видимости с учетом рефракции.
16. Виды рефракции.

17. Поглощение радиоволн атмосферными газами. Окна прозрачности.
18. Ослабление излучения в гидрометеорах.
19. Электромагнитная совместимость РЭС. Модель передатчиков, основное и не основное излучения. Мощность излучения на гармониках. Прочие излучения. Классы излучения.
20. Модель радиоприемника. Область восприимчивости по основному и соседним каналам. Восприимчивость приёмника по зеркальному каналу. Побочные каналы приёма на гармониках гетеродина. Восприимчивость приёмника к помехам блокирования и интермодуляции.
21. Виды шумов и помех. Определение снижения реальной чувствительности приёмных устройств при воздействии помех различного вида. Влияние антенн. Критерии ЭМС.

3. Описание процедуры выставления оценки

Для успешного освоения дисциплины обязательно:

- ответы на вопросы устных опросов (являются формой текущей аттестации);
- выполнение и защита всех лабораторных работ (являются формой текущей аттестации и допуском к зачёту).

Правила выставления оценки на зачёте

В билет включается один теоретический вопрос. На подготовку к ответу дается не менее 0,5 часа.

По итогам зачёта выставляется одна из оценок: «зачтено», «не зачтено».

Критерии оценивания ответов на вопросы билета

Критерий	Пороговый уровень (на «зачтено»)
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (*не относящееся к вопросу не подлежит проверке*)
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры
Содержание ответа	Понятийные вопросы изложены с классификациями, проблемные с постановкой проблемы и изложением различных точек зрения. Имеются ошибки или пробелы.