

**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**  
**«Системы и сети связи с подвижными объектами»**

Направление подготовки  
11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность (профиль)  
«Сети, системы и устройства телекоммуникаций»

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 и задачами освоения дисциплины «Системы и сети связи с подвижными объектами» является подготовка в области построения и функционирования современных систем и сетей связи с подвижными объектами, включая сотовые, спутниковые и транкинговые системы и сети.

Дисциплина обеспечивает формирование представлений о принципах функционирования и подходах к построению современных систем и сетей связи с подвижными объектами, их особенностях, современных тенденциях, проблемах и перспективах развития, а также создает необходимую базу для успешного решения профессиональных задач в указанной области.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Она основывается на знаниях, умениях и навыках, полученных студентами при изучении дисциплин: «Математическое моделирование устройств и систем» и «Устройства генерирования и формирования сигналов в инфокоммуникационных системах».

Она тесно связана с дисциплинами: «Радиотехнические и телекоммуникационные системы», «Радиоканалы», «Устройства приема и обработки сигналов в инфокоммуникационных системах», «Системы позиционирования в телекоммуникациях», «Теория построения информационных систем и сетей».

Знания, умения и навыки, полученные при изучении данной дисциплины, используются студентами при изучении дисциплин: «Теория электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств и систем», «Цифровое телерадиовещание», «Обеспечение информационной безопасности в информационных сетях», а также ряда дисциплин по выбору.

## 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
<b>Профессиональные компетенции</b>		
ПК-1. Способен проводить обзор и анализ современных достижений науки, самостоятельно собирать и анализировать исходные данные, в том числе с использованием передовых ИКТСС, формулировать задачи профессиональной деятельности для дости-	ИД_ПК-1.2 Самостоятельно осуществляет анализ исходных данных для постановки задач профессиональной деятельности	Знать: основные стандарты и протоколы, используемые в современных системах и сетях связи с подвижными объектами; принципы построения и функционирования основных типов современных систем и сетей связи такого типа  Уметь: осуществлять моделирование отдельных частей систем связи с подвижными объектами с помощью стандартных пакетов прикладных программ; выбирать необходимые исходные данные и квалифицированно проводить расчеты наиболее важных параметров систем и сетей связи с

жения поставленной цели		<p>подвижными объектами</p> <p>Владеть:</p> <p>теоретическими методами исследования существующих и перспективных систем и сетей связи с подвижными объектами;</p> <p>методиками проектирования систем и сетей связи с подвижными объектами</p>
-------------------------	--	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную ра- боту студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего кон- троля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Общие сведения о систе- мах и сетях связи с по- движными объектами. Организации стандартиза- ции в области радиосетей	2	1	1				2	Задание для самостоя- тельной работы
2	Системы и сети транкин- говой связи. Цифровая сеть связи стандарта TETRA	2	1	2		1		5	Задание для самостоя- тельной работы
3	Принципы сотовой связи. Основные стандарты сото- вых сетей связи первого поколения	2	1	1				4	Задание для самостоя- тельной работы
4	Сотовые системы и сети связи второго поколения	2	1	1				5	Задание для самостоя- тельной работы
5	Сотовые сети связи стан- дарта GSM	2	1	2				5	Задание для самостоя- тельной работы
6	Системы и сети сотовой связи третьего поколения	2	1	3		1		5	Задание для самостоя- тельной работы
7	Перспективные системы сотовой связи (LTE, 5G, ...)	2		1				5	Задание для самостоя- тельной работы
8	Услуги, поддерживаемые сетями сотовой связи	2		1				4	Задание для самостоя- тельной работы
9	Системы и сети спутнико- вой связи	2	1	3		1		5	Задание для самостоя- тельной работы
10	Качество обслуживания в сетях связи с подвижными объектами		1	1				5	Задание для самостоя- тельной работы
	Всего		8	16		3		45	

		2				2	0,5	33,5	Экзамен
	<b>Всего с экзаменом</b>		<b>8</b>	<b>16</b>		<b>5</b>	<b>0,5</b>	<b>78,5</b>	

## Содержание разделов дисциплины

### Тема № 1

*Общие сведения о системах и сетях связи с подвижными объектами. Организации стандартизации в области радиосетей*

Общие сведения о сотовых, транкинговых, спутниковых сетях связи и сетях персонального радиовызова.

Организации стандартизации в области радиосетей.

### Тема № 2

*Системы и сети транкинговой связи. Цифровая сеть связи стандарта TETRA*

Принципы построения современных транкинговых сетей связи.

Цифровая сеть связи стандарта TETRA.

### Тема № 3

*Принципы сотовой связи. Основные стандарты сотовых сетей связи первого поколения*

Организация сотовой сети связи.

Элементы сотовой сети.

Принципы функционирования сотовых сетей первого поколения.

Стандарт аналоговых сетей связи NMT-450.

### Тема № 4

*Сотовые системы и сети связи второго поколения*

Принципы построения и функционирования сотовых сетей связи второго поколения.

Технология CDMA.

### Тема № 5

*Сотовые сети связи стандарта GSM*

Принципы построения и функционирования сотовых сетей стандарта GSM.

Технология GPRS.

Технология EDGE.

### Тема № 6

*Системы и сети сотовой связи третьего поколения*

Принципы построения и функционирования сотовых сетей третьего поколения.

Технология UMTS.

### Тема № 7

*Перспективные системы сотовой связи (LTE, 5G, ...)*

Основные перспективные системы сотовой связи.

Технология LTE.

Технологии OFDMA, SC-FDMA.

Технология 5G.

#### *Тема № 8*

##### *Услуги, поддерживаемые сетями сотовой связи*

Услуги сетей 1G.

Основные услуги сетей 2G.

Услуги WAP.

Услуги SMS.

Основные услуги сетей 3G.

Услуги перспективных сетей сотовой связи.

#### *Тема № 9*

##### *Системы и сети спутниковой связи*

Группировки спутников.

Характеристики спутниковых каналов связи.

Принципы управления в спутниковых сетях связи (ССС).

Основные методы модуляции и кодирования в СССР.

Типовые представители СССР.

#### *Тема № 10*

##### *Качество обслуживания в сетях связи с подвижными объектами*

Качество обслуживания в сетях связи с подвижными объектами – основные понятия.

Стандартизация качества обслуживания.

Критерии и показатели качества обслуживания в сетях связи с подвижными объектами.

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

В процессе обучения соответствующей дисциплине используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе ее изучения. 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. Приводятся основные организации стандартизации в данной области. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

**Академическая лекция** (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров из изучаемой области, научных доказательств, обоснований, фактов.

**Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекциях и в результате самостоятельной подготовки знаний.

**Консультация** – занятие перед проведением экзамена, на котором проводится консультирование по изученному материалу, формам заданий итогового контроля, ответы на вопросы студентов 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;
- 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](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. Величко В. В. Передача данных в сетях мобильной связи третьего поколения: [монография]. / В. В. Величко; [под ред Ю. Б. Зубарева] - М.: Радио и связь : Горячая линия - Телеком, 2005. - 331 с.
2. Дингес С.И. Оборудование систем мобильной связи: учебное пособие [Электронный ресурс] / С.И. Дингес. — М. : Московский технический университет связи и информатики, 2016. — 47 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/61747.html>

**б) дополнительная литература**

1. Богомолов, С.И. Введение в системы радиосвязи и радиодоступа : учебное пособие [Электронный ресурс] / С.И. Богомолов. - Томск : Эль Контент, 2012. - 152 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208609>
2. Берлин, А.Н. Сотовые системы связи : учебное пособие [Электронный ресурс] / А.Н. Берлин. - Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий, 2009. - 360 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232987>
3. Вишневский, В.М. Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G [Электронный ресурс] / В.М. Вишневский, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. - Москва : РИЦ "Техносфера", 2009. - 470 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89407>
4. Логвинов В.В. Приемники систем фиксированной и мобильной связи: учебное пособие [Электронный ресурс] / В.В. Логвинов. — М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2016. URL: <http://www.iprbookshop.ru/53840.html>
5. Системы мобильной связи: Учеб. пособие для вузов. / В. П. Ипатов и др.; УМО по образованию в обл. радиотехники, электроники, биомед. техники и автоматизации - М.: Горячая линия - Телеком, 2003. - 272с.
6. Весоловский К. Системы подвижной радиосвязи. / К. Весоловский; пер. с польск. Н. И. Рудинского ; под ред. А. И. Ледовского - М.: Горячая линия - Телеком, 2006. - 536 с.

7. Бабков В. Ю. Качество услуг мобильной связи: оценка, контроль и управление. / В. Ю. Бабков, П. В. Полинцев, В. И. Устюжанин - М.: Горячая линия-Телеком, 2005. - 160 с.

**в) ресурсы сети «Интернет»:**

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ  
([http://www.lib.uni-yar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uni-yar.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 практических занятий (семинаров);
- 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 лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) – списочному составу группы обучающихся.

Автор:

Профессор кафедры инфокоммуникаций  
и радиофизики, д.т.н.

\_\_\_\_\_ А.Л. Приоров

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Системы и сети связи с подвижными объектами»**

**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, ха-  
рактеризующих этапы формирования компетенций**

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

**Задания для самостоятельной работы**

1. *Задания по теме № 1*  
Подготовить краткий обзор наиболее характерных сотовых, транкинговых и спутниковых сетей связи, провести сравнение их основных характеристик.
2. *Задания по теме № 2*  
Рассчитать систему транкинговой сети с использованием заранее подготовленной карты местности и определённых параметров приемно-передающих устройств.
3. *Задания по теме № 3*  
При заданных характеристиках канала связи привести структуру и описать принцип работы кодера речи методом анализ через синтез в сетях 1G.
4. *Задания по теме № 4*  
Привести структуру и описать принцип работы кодера и декодера речи стандарта CDMA. Описать систему мягкого и жесткого хэндовера.
5. *Задания по теме № 5*  
Нарисовать основную структуру сети GSM. Описать реализации принципа коммутации каналов и принципа коммутации пакетов в сети 2G.
6. *Задания по теме № 6*  
Описать систему мобильной связи UMTS. Нарисовать архитектуру UMTS и объяснить ее отличие от сети 2G. Описать процедуры мягкого и жесткого хэндовера в UMTS.
7. *Задания по теме № 7*  
Произвести расчет базовой скорости передачи в сети LTE. Нарисовать комбинированную структуру сети LTE. Объяснить прием формирования кадров в сети LTE. Описать протоколы взаимодействия основных модулей сети LTE. Описать протоколы взаимодействия основных модулей сети 5G.
8. *Задания по теме № 8*  
Описать порядок формирования SMS пакета. Описать передачу сообщения, размер которого превышает базовый. Нарисовать структуру сети мобильной связи и описать контроллеры всех уровней.



9. Задания по теме № 9

Рассчитать параметры спутниковой системы связи. Произвести моделирование распространения декаметровых волн.

10. Задания по теме № 10

Описать алгоритмы формирования QoS в сетях мобильной связи. Привести пример формирования QoS в зависимости от сети и описать его с использованием структурной схемы сети мобильной связи.

**Критерии оценивания заданий для самостоятельной работы**

Критерий	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное ( <i>не относящееся к вопросу не подлежит проверке</i> )	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

**1.2 Список вопросов (заданий) для проведения промежуточной аттестации**

**Вопросы к экзамену**

1. История и современное состояние систем и сетей связи с подвижными объектами.
2. Классификация и основные понятия сетей подвижной связи взаимосвязанной сети связи Российской Федерации.
3. Общие принципы построения сотовой сухопутной подвижной системы связи.
4. Ведение абонента в сотовой сети связи. Роуминг. Каналы трафика и управления.
5. Функциональная схема сотовой сети связи. Принципы функционирования сотовых сетей связи первого поколения. Стандарт аналоговых сетей связи NMT-450.
6. Состав подсистемы базовой станции. Сетевая подсистема.
7. Подсистема эксплуатации и технического обслуживания.
8. Принципы построения современных транкинговых сетей связи. Функциональная схема транкинговой сети связи. Цифровая сеть связи стандарта TETRA.
9. Принципы дуплексного разделения каналов.
10. Особенности технологии CDMA.
11. Сетевая технология GSM. Основные понятия.
12. Структура сети GSM: основные элементы и их взаимосвязь.
13. Подсистема базовой станции сети GSM.
14. Домашний регистр HLR и центр аутентификации AuC.
15. Гостевой регистр VLR.
16. Центр коммутации MSC.
17. Регистр идентификации оборудования (EIR).
18. Услуги сетей 2G.
19. Системы третьего поколения. Выделение частот для систем третьего поколения.
20. Технологии радиоинтерфейсов систем третьего поколения.
21. Технология UMTS.
22. Архитектура сети UMTS.
23. Трафик в сети UMTS.

24. Услуги сетей 3G.
25. Перспективы развития сотовых систем связи. Технологии LTE, OFDMA, SC-FDMA.
26. Перспективы развития сотовых систем связи. Технологии 5G.
27. Принципы построения спутниковых систем связи: основные определения.
28. Службы спутниковой радиосвязи (классификация по типу земных станций).
29. Классификация спутниковых систем связи: по виду передаваемой информации, по назначению, по охватываемой территории.
30. Состав спутниковой сети связи.
31. Виды орбит спутниковых систем связи. Геостационарные орбиты.
32. Спутниковые системы связи с использованием средневысотных орбит.
33. Особенности спутниковых систем связи с использованием низких круговых орбит.
34. Спутниковые системы связи с использованием эллиптических орбит.
35. Перспективы развития спутниковых систем связи.
36. Качество обслуживания в сетях связи с подвижными объектами. Основные понятия.
37. Стандартизация качества обслуживания в сетях связи с подвижными объектами.
38. Критерии и показатели качества обслуживания в сетях связи с подвижными объектами.
39. Перспективы развития сетей связи с подвижными объектами.

### Критерии оценивания ответов на вопросы билета

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
<b>Соответствие ответа вопросу</b>	Хотя бы частичное ( <i>не относящееся к вопросу не подлежит проверке</i> )	Полное	Полное
<b>Наличие примеров</b>	Имеются отдельные примеры	Много примеров	Есть практически ко всем утверждениям
<b>Содержание ответа</b>	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	Исчерпывающий полный ответ

## 2 Описание процедуры выставления оценки

В экзаменационный билет включается два теоретических вопроса. На подготовку к ответу дается не менее 40 минут.

По итогам экзамена выставляется одна из оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

**Оценка «Отлично»** выставляется студенту, который демонстрирует глубокое и полное владение содержанием материала и понятийным аппаратом; осуществляет межпредметные связи; умеет связывать теорию с практикой. Студент дает развернутые, полные и четкие ответы на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы, соблюдает логическую последовательность при изложении материала. Грамотно использует терминологию.

**Оценка «Хорошо»** выставляется студенту, ответ которого на экзамене в целом соответствует указанным выше критериям, но отличается меньшей обстоятельностью, глубиной, обоснованностью и полнотой. В ответе имеют место отдельные неточности (несу-

щественные ошибки), которые исправляются самим студентом после дополнительных и (или) уточняющих вопросов экзаменатора.

**Оценка «Удовлетворительно»** выставляется студенту, который дает недостаточно полные и последовательные ответы на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы, но при этом демонстрирует умение выделить существенные и несущественные признаки и установить причинно-следственные связи. Ответы излагаются в научных терминах, но при этом допускаются ошибки в определении и раскрытии некоторых основных понятий, формулировке положений, которые студент затрудняется исправить самостоятельно. При аргументации ответа студент не обосновывает свои суждения. На часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

**Оценка «Неудовлетворительно»** выставляется студенту, который демонстрирует разрозненные, бессистемные знания; беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет выделять главное и второстепенное, не умеет соединять теоретические положения с практикой, не устанавливает межпредметные связи; допускает грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, явлений, вследствие непонимания их существенных и несущественных признаков и связей; дает неполные ответы, логика и последовательность изложения которых имеют существенные и принципиальные нарушения, в ответах отсутствуют выводы. Дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора не приводят к коррекции ответов студента. На основную часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

Оценка «Неудовлетворительно» выставляется также студенту, который взял экзаменационный билет, но отвечать отказался.

## **Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Системы и сети связи с подвижными объектами»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Основной формой усвоения учебного материала по дисциплине «Системы и сети связи с подвижными объектами» является самостоятельная работа студента, причем в достаточно большом объеме. По всем темам предусмотрены задания самостоятельной работы, на которых происходит закрепление изученного материала и отработка необходимых навыков.

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Оценка выставляется на основании уровня сформированности указанных компетенций, который оценивается как средняя оценка по совокупности параметров: оценки за самостоятельные задания и ответы на вопросы билета.

Освоить вопросы данной дисциплины самостоятельно студенту достаточно сложно. Посещение всех предусмотренных лекций и практических занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных самостоятельных занятий в течение семестра сдать экзамен практически невозможно.