

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 16.05.2024 16:40:38

Уникальный программный ключ:

ca953a01204891083f939673078ef1a989aae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

**«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»**

**Факультет физико-математических и естественных наук**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ 5G**

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

#### **09.04.03 ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

#### **ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И АНАЛИЗ ДАННЫХ**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

**2024 г.**

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G» входит в программу магистратуры «Искусственный интеллект и анализ данных» по направлению 09.04.03 «Прикладная информатика» и изучается в 1 семестре 1 курса. Дисциплину реализует Кафедра теории вероятностей и кибербезопасности. Дисциплина состоит из 3 разделов и 23 тем и направлена на изучение подходов к управлению качеством обслуживания в сотовых сетях связи текущего (LTE) следующего поколения (mmWave/5G+/6G).

Целью освоения дисциплины является рассмотрение вопросов качества в таких сетях на различных уровнях; знакомство с методами анализа и расчета показателей качества отдельных элементов сетей, а также сети в целом; освоение и исследование точных и приближенных методов анализа качества обслуживания в сотовых сетях связи следующего поколения.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

*Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)*

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации; УК-1.2 Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности; УК-1.3 Имеет практический опыт работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов;
ПК-1	Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	ПК-1.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных и коммуникационных технологий, принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и иностранном языках; способен осуществлять подготовку к публикации материалов в научно-технических изданиях; ПК-1.2 Умеет применять полученные знания в области математики и информатики, а также решать стандартные задачи собственной научно-исследовательской деятельности; умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей по тематике исследований в соответствии с выбранной методикой; ПК-1.3 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания; умеет вести корректную дискуссию в области информационных технологий, задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научного исследования; владеет навыками выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности; способен принимать участие в работе научных семинаров, научно-технических конференций;
ПК-2	Организационное и	ПК-2.2 Умеет применять в практической деятельности

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	технологическое обеспечение проектирования и дизайна ИС	профессиональные стандарты в области информационных технологий, проводить анализ требований к информационной системе, разрабатывать варианты реализации информационной системы, производить оценку качества, надежности и эффективности информационных систем;

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G» относится к блоку по выбору блока образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G».

*Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины*

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий		Технологическая (проектно-технологическая) практика; Научно- исследовательская работа; Преддипломная практика; Распознавание образов и обработка изображений; Математическая теория телетрафика; Прикладные методы компьютерной лингвистики; Методы интеллектуального анализа текстов; Ресурсные системы массового обслуживания; Показатели эффективности беспроводных сетей 5G; Нотации моделирования и анализ бизнес-процессов; Карта бизнес-процессов и информационная модель управления телекоммуникациями; Интеллектуальный анализ больших данных; Интеллектуальные системы и их применение; Объектные и распределенные базы данных; Математические основы защиты информации и информационной безопасности; Practicum in Artificial Intelligence;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ПК-1	Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований		<p>Научно- исследовательская работа;</p> <p>Преддипломная практика;</p> <p>Ознакомительная практика;</p> <p>Прикладные методы компьютерной лингвистики;</p> <p>Методы интеллектуального анализа текстов;</p> <p>Локальная организация интеллектуальных систем;</p> <p>Показатели эффективности беспроводных сетей 5G;</p> <p>Интеллектуальный анализ больших данных;</p> <p>Иностранный язык в профессиональной деятельности;</p> <p>Computer Skills for Scientific Writing;</p> <p>Ресурсные системы массового обслуживания;</p> <p>Математическая теория телетрафика;</p> <p>Practicum in Artificial Intelligence;</p> <p>Нотации моделирования и анализ бизнес-процессов;</p> <p>Карта бизнес-процессов и информационная модель управления телекоммуникациями;</p>
ПК-2	Организационное и технологическое обеспечение проектирования и дизайна ИС		<p>Распознавание образов и обработка изображений;</p> <p>Прикладные методы компьютерной лингвистики;</p> <p>Методы интеллектуального анализа текстов;</p> <p>Локальная организация интеллектуальных систем;</p> <p>Интеллектуальные системы и их применение;</p> <p>Программирование приложений для анализа данных;</p> <p>Показатели эффективности беспроводных сетей 5G;</p> <p>Математические основы защиты информации и информационной безопасности;</p> <p>Объектные и распределенные базы данных;</p> <p>Карта бизнес-процессов и информационная модель управления телекоммуникациями;</p>

<b>Шифр</b>	<b>Наименование компетенции</b>	<b>Предшествующие дисциплины/модули, практики*</b>	<b>Последующие дисциплины/модули, практики*</b>
			Нотации моделирования и анализ бизнес-процессов; Технологическая (проектно-технологическая) практика; Ознакомительная практика;

\* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

\*\* - элективные дисциплины /практики

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G» составляет «4» зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			1
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	36		36
Лекции (ЛК)	18		18
Лабораторные работы (ЛР)	0		0
Практические/семинарские занятия (СЗ)	18		18
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	108		108
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	0		0
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ак.ч.</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>зач.ед.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
Раздел 1	Эволюция беспроводных сотовых сетей	1.1	Особенности развития сетей связи, история развития ССС, процесс стандартизации ССС, назначение электромагнитного спектра	ЛК, СЗ
		1.2	Развитие сетей ССС, особенности поколения, технологические свойства и отличия	ЛК, СЗ
Раздел 2	Методы анализа сотовых сетей связи	2.1	Сети 4G+: сетевые механизмы наращивания емкости	ЛК, СЗ
		2.2	Сети 5G “Новое Радио” основные особенности	ЛК, СЗ
		2.3	Сети 5G “Новое Радио” функциональные особенности радиодоступа	ЛК, СЗ
		2.4	Сети 5G “Новое Радио” сценарии использования	ЛК, СЗ
		2.5	Сети терагерцового доступа 6G: приложения	ЛК, СЗ
		2.6	Сети терагерцового доступа 6G: открытые задачи	ЛК, СЗ
		2.7	Совмещение методов стохастической геометрии и СМО для анализа сетей 5G NR	ЛК, СЗ
Раздел 3	Математические модели для сетей LTE/5G/6G	3.1	Моделирование mmWave: потери распространения	ЛК, СЗ
		3.2	Моделирование mmWave: пространственные характеристики блокировки	ЛК, СЗ
		3.3	Моделирование mmWave: временные характеристики блокировки	ЛК, СЗ
		3.4	Моделирование mmWave: антенные решетки	ЛК, СЗ
		3.5	Моделирование mmWave: линейная шкала и особенности терагерцового распространения	ЛК, СЗ
		3.6	Моделирование mmWave: функциональные преобразования случайных величин для моделирования беспроводных сетей связи	ЛК, СЗ
		3.7	Моделирование mmWave: методы оценки помехи	ЛК, СЗ
		3.8	Моделирование mmWave: оценка помехи	ЛК, СЗ
		3.9	Моделирование mmWave: 3D модели оценки помехи. Параметризация ресурсных СМО	ЛК, СЗ
		3.10	Борьба с блокировками: мультисвязность для поддержки соединения	ЛК, СЗ
		3.11	Борьба с блокировками: мультисвязность для поддержки QoS	ЛК, СЗ
		3.12	Оценка SINR и емкости	ЛК, СЗ
		3.13	Ресурсные СМО	ЛК, СЗ
		3.14	Борьба с блокировками: резервация ресурсов	ЛК, СЗ

\* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)

Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Компьютер/ноутбук с доступом сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета, браузер, ПО для просмотра PDF, MS Teams.
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	ОС Windows или ОС Linux, офисный пакет MS Office или LibreOffice, ПО для просмотра pdf (например, acrobat reader или evince), интерпретатор Python версии 3.5 и старше, компилятор языка C/C++ gcc, редактор app-editors/jedit или аналог. Дополнительное ПО: OBS Studio.
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	ОС Windows или ОС Linux, офисный пакет MS Office или LibreOffice, ПО для просмотра pdf (например, acrobat reader или evince), интерпретатор Python версии 3.5 и старше, компилятор языка C/C++ gcc, редактор app-editors/jedit. Дополнительное ПО: OBS Studio.

\* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### *Основная литература:*

1. Молчанов Д.А., Бегишев В. О., Самуйлов К. Е., Кучерявый Е. А. Сети 5G/6G: архитектура, технологии, методы анализа и расчета: монография /. – Москва: РУДН, 2022. – 516 с.: ил.

2. Молчанов Д.А, Бегишев В.О., Самуйлов А.К., Самуйлов К.Е. Модели и методы оценки характеристик сетей связи 5G: учебно-методическое пособие. – Москва: РУДН, 2020. – 95 с.

3. Молчанов Д.А, Бегишев В.О., Сопин Э.С., Самуйлов А.К., Гайдамака Ю.В.// Построение моделей и анализ производительности беспроводных сетей радиодоступа 5G «Новое Радио»: учебное пособие / – Москва : РУДН, 2021. – 95 с.: ил.

4. Левин, Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Левин, Б. Р. – Советское радио, 1976.

5. Бочаров, П.П. Теория вероятностей. Математическая статистика / П.П. Бочаров, А.В. Печинкин. – 2-е изд. – Москва : Физматлит, 2005. – 296 с.

### *Дополнительная литература:*



1. Бегишев В.О., Сопин Э.С., Молчанов Д.А., Самуйлов А.К., Гайдамака Ю.В., Самуйлов К.Е.// статья: Оценка эффективности механизма резервирования полосы пропускания для технологии mmWave в сетях связи пятого поколения, изд-во: Информационно-управляющие системы, № 5 (102), 2019 г., стр. 51 - 63

2. Молчанов Д.А. Оценка характеристик интерференции при взаимодействии беспроводных устройств в смежных помещениях прямоугольной формы. / Ю.В. Гайдамака, А.К. Самуйлов, В.О. Бегишев и др. //Т-Comm. Связь. — 2015, — Т. 10, № 11, — С. 41–45. — 0,58 / 0,33 п.л.

*Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)

- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации

<http://docs.cntd.ru/>

- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>

- поисковая система Google <https://www.google.ru/>

- реферативная база данных SCOPUS

<http://www.elsevier.com/locate/scopus/>

*Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:*

1. Курс лекций по дисциплине «Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G».

2. Задания для практических работ.

\* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система\* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

\* - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.

## РАЗРАБОТЧИКИ:

Доцент кафедры теории  
вероятностей и  
кибербезопасности

---

*Должность, БУП*

---

*Подпись*

---

Бегишев В.О.

*Фамилия И.О.*

Профессор кафедры теории  
вероятностей и  
кибербезопасности

---

*Должность, БУП*

---

*Подпись*

---

Молчанов Д.А.

*Фамилия И.О.*

## РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Заведующий кафедрой теории  
вероятностей и  
кибербезопасности

---

*Должность БУП*

---

*Подпись*

---

Самуйлов К.Е.

*Фамилия И.О.*

## РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Заведующий кафедрой  
математического  
моделирования и  
искусственного интеллекта

---

*Должность, БУП*

---

*Подпись*

---

Малых М.Д.

*Фамилия И.О.*