

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 10.06.2022 10:31:23

Уникальный программный ключ:

ca953a0120d891083f939673078ef1a9896ae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский университет дружбы народов»**

**Факультет физико-математических и естественных наук**

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

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Моделирование беспроводных сетей

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки:**

02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

(код и наименование направления подготовки/специальности)

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

Управление инфокоммуникациями и интеллектуальные системы

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

**2022 г.**

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Моделирование беспроводных сетей» является освоение учащимися навыков моделирования беспроводных сетей 5G New Radio (5G NR).

Для достижения цели решаются следующие задачи:

- Оценивание характеристик производительности сетей доступа 5G New Radio;
- Формирование устойчивых навыков решения задач математического моделирования и постановки модельного компьютерного эксперимента.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Моделирование беспроводных сетей» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций): УК-1; УК-7; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ПК-1

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 поиск, 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.
УК-7	Способен: искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного	УК-7.1. Знает принципы применения цифровых технологий для сбора, отбора и обобщения информации.
		УК-7.2. Умеет применять цифровые технологии для поиска, обработки, анализа, хранения и представления информации в области фундаментальной информатики и информационных технологий.

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	использования полученной информации для решения задач; проводить оценку информации, ее достоверность, строить	<b>УК-7.3.</b> Владеет навыками применения цифровых технологий и методов поиска, обработки, анализа, хранения и представления информации в области фундаментальной информатики и информационных технологий.
<b>ОПК-1</b>	Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы прикладной математики, фундаментальной информатики и информационных технологий	<p><b>ОПК-1.1</b> Обладает фундаментальными знаниями в области математических и естественных наук, теории коммуникаций</p> <p><b>ОПК-1.2</b> Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты</p> <p><b>ОПК-1.3</b> Имеет практический опыт работы с решением математических задач и применяет его в профессиональной деятельности</p>
<b>ОПК-2</b>	Способен применять компьютерные/суперкомпьютерные методы, современное программное обеспечение (в том числе отечественного производства) для решения задач профессиональной деятельности.	<p><b>ОПК-2.1</b> Знает основные положения и концепции в области программирования, архитектуру языков программирования, теории коммуникации, знает основную терминологию, знаком с перечнем ПО, включенного в Единый Реестр Российских программ.</p> <p><b>ОПК-2.2</b> Умеет анализировать типовые языки программирования, составлять программы.</p> <p><b>ОПК-2.3</b> Имеет практический опыт решения задач анализа, интеграции различных типов программного обеспечения, анализа типов коммуникации</p>
<b>ОПК-3</b>	Способен проводить анализ математических моделей, создавать инновационные методы решения прикладных задач профессиональной деятельности в области информатики и математического моделирования.	<p><b>ОПК-3.1</b> Знает методы теории алгоритмов, методы системного и прикладного программирования, основные положения и концепции в области математических, информационных и имитационных моделей.</p> <p><b>ОПК-3.2</b> Умеет соотносить знания в области программирования, интерпретацию прочитанного, определять и создавать информационные ресурсы глобальных сетей, образовательного контента, средств тестирования систем</p> <p><b>ОПК-3.3</b> Имеет практический опыт применения и разработки программного обеспечения, тестирования программных продуктов.</p>
<b>ПК-1</b>	Проведение работ по обработке и анализу	<b>ПК-1.3</b> Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	научно-технической информации и результатов исследований	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

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Моделирование беспроводных сетей» относится к обязательной части блока Б1 ОП ВО.

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Моделирование беспроводных сетей».

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

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики	Последующие дисциплины/модули, практики <sup>1</sup>
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий.	—	Математическая теория телетрафика Модели ресурсных систем массового обслуживания, Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G, Модели мультисервисных сетей, Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G
УК-7	Способен: искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием	—	Математическая теория телетрафика Модели ресурсных систем массового обслуживания, Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G, Модели мультисервисных сетей, Показатели эффективности

1 - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики	Последующие дисциплины/модули, практики
	цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач; проводить оценку информации, ее достоверность, строить логические умозаключения на основании поступающих информации и данных.		беспроводных сетей 5G/6G
<b>ОПК-1</b>	Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы прикладной математики, фундаментальной информатики и информационных технологий	—	Математическая теория телетрафика Модели ресурсных систем массового обслуживания, Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G, Модели мультисервисных сетей, Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G
<b>ОПК-2</b>	Способен применять компьютерные/суперкомпьютерные методы, современное программное обеспечение (в том числе отечественного производства) для решения задач профессиональной деятельности.	—	Математическая теория телетрафика Модели ресурсных систем массового обслуживания, Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G, Модели мультисервисных сетей, Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G
<b>ОПК-3</b>	Способен проводить анализ математических	—	Математическая теория телетрафика Модели ресурсных систем

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики	Последующие дисциплины/модули, практики
	моделей, создавать инновационные методы решения прикладных задач профессиональной деятельности в области информатики и математического моделирования.		массового обслуживания, Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G, Модели мультисервисных сетей, Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G
ПК-1	Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	—	Математическая теория телетрафика Модели ресурсных систем массового обслуживания, Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G, Модели мультисервисных сетей, Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G

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

Общая трудоемкость дисциплины «Моделирование беспроводных сетей» составляет 5 зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)
		1
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	36	36
Лекции (ЛК)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Практические/семинарские занятия (СЗ)	-	-
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	117	117
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	27	27
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	ак.ч.	<b>180</b>
	зач.ед.	<b>5</b>

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы <sup>2</sup>
Раздел 1. Архитектура сетей доступа 5G NR Модели компонентов сетей связи 5G NR и методология оценки базовых характеристик систем 5G NR	Тема 1.1. Гетерогенность, требования к обслуживанию, основные услуги, стандартизация беспроводных сетей	ЛК, ЛР
Раздел 2. Модели компонентов сетей связи 5G NR и методология оценки базовых характеристик систем 5G NR	Тема 2.1. Двухмерные и трехмерные сценарии применения антенн	ЛК, ЛР
	Тема 2.2. Модели компонентов: размещения пользователей, распространения сигнала, антенн, блокировки в двух и трехмерных сценариях	ЛК, ЛР
	Тема 2.3. Интерференция, функциональные преобразования случайных величин, прямое взаимодействия устройств	ЛК, ЛР
Раздел 3. Архитектура сетей доступа 5G NR	Тема 3.1. Общая модель на основе случайных полей, статическая модель блокировки	ЛК, ЛР
	Тема 3.2. Вероятность экспозиции, вероятность экспозиции совместно с вероятностью блокировки	ЛК, ЛР
	Тема 3.3. Формула Кэмпбелла для оценки интерференции	ЛК, ЛР
	Тема 3.4. Анализ интерференции для разных типов антенн, формула Шеннона, спектральная эффективность	ЛК, ЛР

## 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	Компьютер/ноутбук с доступом сети Интернет и электронно-образовательной

2 - заполняется только по ОЧНОЙ форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – семинарские занятия.



Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
	мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	среде Университета, браузер, ПО для просмотра PDF, MS Teams.
Компьютерный класс	Компьютерный класс для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная персональными компьютерами (в количестве ___ шт.), доской (экраном) 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 обучающихся	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

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### *Основная литература:*

1. 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.
2. 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.
3. Левин, Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Левин, Б. Р. – Советское радио, 1976.



4. Молчанов, Д.А. Оценка отношения сигнал-шум в беспроводных сетях доступа пятого поколения. / Д.А. Молчанов, Р.Н. Ковальчуков, А.Я. Ометов, и др. // Электросвязь. — 2019, — № 9, — С. 37–44. — 0,92 / 0,45 п.л.
5. Молчанов, Д.А. Анализ интерференции в беспроводных сетях связи терагерцового диапазона частот. / В.И. Петров, Д.А. Молчанов, Е.А. Кучерявый, // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. — 2017, — Т. 10, № 1, — С. 27–36. — 1,27 / 0,66 п.л.
6. Молчанов Д.А. Оценка отношения сигнал/помеха в беспроводных сетях связи терагерцового диапазона частот / В.И. Петров, Д.А. Молчанов, Е.А. Кучерявый, // Электросвязь. — 2017. — № 10. — С. 24-29. — 0,43 / 0,17 п.л.
7. Современные информационные каналы и системы связи: учебник / В.А. Майстренко, А.А. Соловьев, М.Ю. Пляскин, А.И. Тихонов ; Минобрнауки России, Омский государственный технический университет, Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Академия военных наук Российской Федерации. - Омск : Издательство ОмГТУ, 2017. - 452 с. : табл., граф., схем., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8149-2458-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493441>
8. Мультисервисные сети связи [Текст/электронный ресурс]: Учебно-методический комплекс / К.Е. Самуйлов, П.О. Абаев. - Электронные текстовые данные. - М. : Изд-во РУДН, 2013. - 363 с. - ISBN 978-5-209-05014-8 : 389.82. - [http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn\\_FindDoc&id=403183&idb=0](http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn_FindDoc&id=403183&idb=0)
9. Мицель А.А., Катаев М.Ю., Математическое и имитационное моделирование: Методические указания к выполнению практических работ по курсу «Математическое и имитационное моделирование» для студентов, обучающихся по направлению 09.03.03 «Прикладная информатика» всех форм обучения. Юрга: Изд-во ЮТИ(филиал)ТПУ, 2016. – 110 с.
10. 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. DOI <https://doi.org/10.31799/1684-8853-2019-5-51-63>.
3. Молчанов Д.А. Моделирование отношения сигнал/интерференция в мобильной сети со случайным блужданием взаимодействующих устройств / Ю.В. Гайдамака, Ю.Н. Орлов, Д.А. Молчанов, и др. // Информатика и её применения. — 2017. — Т.11, №2, — С. 50–58. — 1,03 / 0,64 п.л.

4. 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.
5. Молчанов Д.А. Анализ пропускной способности и характеристик частотного спектра в сетях связи сверхмалого радиуса действия в терагерцовом диапазоне / Боронин П.Н., Кучерявый Е.А., Молчанов Д.А. // Электросвязь. — 2014. — № 11. — С. 18-21. — 0,32 / 0,15 п.л.
6. Кисель, Н.Н. Моделирование распространения радиоволн в пакете Wireless InSite : учебное пособие / Н.Н. Кисель ; Министерство науки и высшего образования РФ, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Инженерно-технологическая академия. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2018. - 108 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9275-2698-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499698>
7. Бочаров П. П. Теория массового обслуживания : учебник для вузов / П. П. Бочаров, А. В. Печинкин. - Москва: Изд-во РУДН, 1995. [Электронный ресурс]. - URL: <http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUbooks27620>
8. Rappaport T. S. et al. Wireless communications: principles and practice. – New Jersey: prentice hall PTR, 1996. – Т. 2.
9. Andrews, Jeffrey G., et al. "Femtocells: Past, present, and future." IEEE Journal on Selected Areas in Communications 30.3 (2012): 497-508

*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 «Лань» <http://e.lanbook.com/>
  - 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.elsevierscience.ru/products/scopus/>
  - IETF <https://www.ietf.org/rfc.html>
  - 3GPP <https://www.3gpp.org>


Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля<sup>3</sup>:

1. Курс лекций по дисциплине «Моделирование беспроводных сетей».
2. Лабораторный практикум по дисциплине «Моделирование беспроводных сетей».


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

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система<sup>4</sup> оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Моделирование беспроводных сетей» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.


### РАЗРАБОТЧИКИ:

Доцент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей		В.О. Бегишев
Должность, БУП	Подпись	Фамилия И.О.

### РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Зав. кафедрой прикладной информатики и теории вероятностей		К.Е. Самуйлов
Наименование БУП	Подпись	Фамилия И.О.

### РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Зав. кафедрой прикладной информатики и теории вероятностей		К.Е. Самуйлов
Должность, БУП	Подпись	Фамилия И.О.

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

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