

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 27.06.2022 11:51:29  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a9896ad18a

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

Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G  
(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МСЧН для направления подготовки:**

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)

2022 г.

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G» является введение учащихся в предметную область беспроводных сетей 5G/6G в части задач контроля перегрузки в телекоммуникационных сетях:

- ознакомить слушателей с текущим состоянием сетей беспроводных сотовых сетей связи и механизмов организации связи в беспроводных сетях 5G/6G;
  - сформировать навыки и подходы в области построения математических моделей и методов анализа и оптимизации сетей 5G/6G;
- обучить слушателей методам построения и анализа вероятностных характеристик функционирования систем беспроводных сетей связи 5G/6G

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G» 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
ОПК-1	Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы прикладной математики, фундаментальной информатики и информационных технологий	ОПК-1.1 Обладает фундаментальными знаниями в области математических и естественных наук, информатики и теории коммуникаций
		ОПК-1.2 Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические и информационные объекты
		ОПК-1.3 Имеет практический опыт работы с решением математических и информационных задач и применяет его в профессиональной деятельности
ПК-1	Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов	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

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	исследований	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 <b>ПК-1.2</b> 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
<b>ПК-2</b>	Организационное и технологическое обеспечение проектирования и дизайна ИС	<b>ПК-2.2</b> Умеет применять в практической деятельности 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 «Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 ОП ВО.

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G».

*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>
<b>УК-1</b>	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода,	Моделирование беспроводных сетей; Математические основы защиты информации и информационной безопасности;	Модели ресурсных систем массового обслуживания; Карта бизнес-процессов и информационная модель управления телекоммуникациями

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

<b>Шифр</b>	<b>Наименование компетенции</b>	<b>Предшествующие дисциплины/модули, практики</b>	<b>Последующие дисциплины/модули, практики</b>
	вырабатывать стратегию действий.	Методы стохастического анализа телекоммуникаций; Математическая теория телетрафика	
<b>ОПК-1</b>	Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы прикладной математики, фундаментальной информатики и информационных технологий	Моделирование беспроводных сетей; Математические основы защиты информации и информационной безопасности; Методы стохастического анализа телекоммуникаций; Математическая теория телетрафика	Модели ресурсных систем массового обслуживания; Карта бизнес-процессов и информационная модель управления телекоммуникациями
<b>ОПК-3</b>	Способен проводить анализ математических моделей, создавать инновационные методы решения прикладных задач профессиональной деятельности в области информатики и математического моделирования	Моделирование беспроводных сетей; Математические основы защиты информации и информационной безопасности; Методы стохастического анализа телекоммуникаций; Математическая теория телетрафика	Модели ресурсных систем массового обслуживания; Карта бизнес-процессов и информационная модель управления телекоммуникациями
<b>ОПК-4</b>	Способен оптимальным образом комбинировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	Моделирование беспроводных сетей; Математические основы защиты информации и информационной безопасности; Методы стохастического анализа телекоммуникаций; Математическая теория телетрафика	Модели ресурсных систем массового обслуживания; Карта бизнес-процессов и информационная модель управления телекоммуникациями
<b>ПК-1</b>	Проведение работ по обработке и анализу научно-технической	Моделирование беспроводных сетей; Математические основы	Модели ресурсных систем массового обслуживания; Карта бизнес-процессов и

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики	Последующие дисциплины/модули, практики
	информации и результатов исследований	защиты информации и информационной безопасности; Методы стохастического анализа телекоммуникаций; Математическая теория телетрафика	информационная модель управления телекоммуникациями
<b>ПК-2</b>	Организационное и технологическое обеспечение проектирования и дизайна ИС	Моделирование беспроводных сетей; Математические основы защиты информации и информационной безопасности; Методы стохастического анализа телекоммуникаций; Математическая теория телетрафика	Модели ресурсных систем массового обслуживания; Карта бизнес-процессов и информационная модель управления телекоммуникациями

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

Общая трудоемкость дисциплины «Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G» составляет 4 зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО

Вид учебной работы		ВСЕГО,	Семестр(-ы)
		ак.ч.	2
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>		36	36
Лекции (ЛК)		18	18
Лабораторные работы (ЛР)		-	-
Практические/семинарские занятия (СЗ)		18	18
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>		81	81
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>		27	27
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	ак.ч.	<b>144</b>	<b>144</b>
	зач.ед.	<b>4</b>	<b>4</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. Особенности беспроводных сетей 5G+	Тема 1.1. Борьба с блокировками: резервация + мультисвязность	ЛК, СЗ
	Тема 1.2. Услуга mMTC для Интернета Вещей	ЛК, СЗ
	Тема 1.3. Технология NB-IoT	ЛК, СЗ
	Тема 1.4. Анализ разделения ресурсов между LTE и NB-IoT	ЛК, СЗ
	Тема 1.5. Услуга URLLC	ЛК, СЗ
Раздел 2. Сети 5G на основе миллиметрового диапазона частот	Тема 2.1. Пространственно-временная динамика трафика в 5G	ЛК, СЗ
	Тема 2.2. Пространственно-временная динамика трафика в 5G: мобильные точки доступа	ЛК, СЗ
	Тема 2.3. Оптимизация положения мобильных точек доступа	ЛК, СЗ
	Тема 2.4. Коммуникационные мосты на основе БПЛА	ЛК, СЗ
	Тема 2.5. Мультикастинг в NR	ЛК, СЗ
	Тема 2.6. Моделирование гетерогенных сетей	ЛК, СЗ
Раздел 3. Сети 6G на основе терагерцового диапазона частот	Тема 3.1. Терагерцовые сети – возможности и ограничения	ЛК, СЗ
	Тема 3.2. Терагерцовые сети – свойства распространения	ЛК, СЗ
	Тема 3.3. Терагерцовые сети – окна прозрачности	ЛК, СЗ
	Тема 3.4. Терагерцовые сети – B2B	ЛК, СЗ
	Тема 3.5. Терагерцовые сети – сети на кристалле	ЛК, СЗ
	Тема 3.6. Терагерцовые сети – приложения макро мира	ЛК, СЗ
	Тема 3.7. Терагерцовые сети – микромобильность и поиск луча	ЛК, СЗ
	Тема 3.8. Терагерцовые сети – безопасность	ЛК, СЗ

2 - заполняется только по ОЧНОЙ форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – 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.
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)ГПУ, 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 «Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G».
2. Практические работы по дисциплине «Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G».

## **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 «Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

### **РАЗРАБОТЧИКИ:**

профессор кафедры прикладной информатики и теории вероятностей <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> Должность, БУП	 <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> Подпись	Д.А. Молчанов <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> Фамилия И.О.
<b>РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:</b> Зав. кафедрой прикладной информатики и теории вероятностей <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> Наименование БУП	 <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> Подпись	К.Е. Самуйлов <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> Фамилия И.О.
<b>РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:</b> Доцент кафедры информационных технологий <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> Должность, БУП	 <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> Подпись	М.Б. Фомин <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> 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.

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

*Кафедра прикладной информатики и теории вероятностей*

# **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

## **ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G

(наименование дисциплины)

09.04.03 — Прикладная информатика

(код и наименование направления подготовки)

«Искусственный интеллект и анализ данных»

(наименование профиля подготовки)

Магистр

Квалификация (степень) выпускника

**Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине**  
**Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G**

Направление: 09.04.03 — Прикладная информатика

Код контролируемой компетенции или ее части	Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	ФОСы (формы контроля уровня освоения ООП)				Баллы раздела
			Аудиторная работа		Самост. работа	Итоговый контроль (Экзамен)	
			Практические занятия	Тест	Выполнение практических заданий		
УК-1; ОПК-1; ПК-1; ПК-2	Особенности беспроводных сетей 5G+	Борьба с блокировками: резервация + мультисвязность; Услуга mMTC для Интернета Вещей Технология NB-IoT Анализ разделения ресурсов между LTE и NB-IoT Услуга URLLC	6	4	10	8	28
	Сети 5G на основе миллиметрового диапазона частот	Пространственно-временная динамика трафика в 5G Пространственно-временная динамика трафика в 5G: мобильные точки доступа Оптимизация положения мобильных точек доступа Коммуникационные мосты на основе БПЛА Мультикастинг в NR Моделирование гетерогенных сетей	8	6	16	7	37

	Сети 6G на основе терагерцового диапазона частот	Терагерцовые сети – возможности и ограничения Терагерцовые сети – свойства распространения Терагерцовые сети – окна прозрачности Терагерцовые сети – В2В Терагерцовые сети – сети на кристалле Терагерцовые сети – приложения макро мира Терагерцовые сети – микромобильность и поиск луча Терагерцовые сети – безопасность	8	6	16	5	35
<b>Итого:</b>			<b>22</b>	<b>16</b>	<b>42</b>	<b>20</b>	<b>100</b>

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: УК-1; ОПК-1; ПК-1; ПК-2  
(указываются в соответствии с ОС ВО РУДН)

<b>УК-1</b>	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
<b>ОПК-1</b>	Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы прикладной математики, фундаментальной информатики и информационных технологий
<b>ПК-1</b>	Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований
<b>ПК-2</b>	Организационное и технологическое обеспечение проектирования и дизайна ИС

## Балльно-рейтинговая система оценки уровня знаний

### Сводная оценочная таблица дисциплины

№	Раздел	Формы контроля уровня освоения ООП									Баллы раздела
		Выполнение Пр №1	Выполнение Пр №2	Выполнение Пр №3	Выполнение Пр №4	Выполнение Пр №5	Выполнение Пр №6	Выполнение Пр №7	Тест после кажд. лекц.	Итоговый контроль	
1	Эволюция беспроводных сотовых сетей	3	5			2	3	3	4	8	28
2	Математическое моделирование элементов сетей 4G/4G+/5G			8	8	8			6	7	37
3	Функциональные механизмы сетей 5G						12	12	6	5	35
<b>Итого</b>		<b>3</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>20</b>

### Таблица соответствия баллов и оценок

Баллы БРС	Традиционные оценки РФ	Оценки ECTS
95 - 100	5	A
86 - 94		B
69 - 85	4	C
61 - 68	3	D
51 - 60		E
31 - 50	2	FX
0 - 30		F
51-100	Зачет	Passed

## Правила применения БРС

- Раздел (тема) учебной дисциплины считается освоенной, если студент набрал более 50% от числа баллов, предусмотренных за данный раздел (тему).
- Студент не может быть аттестован по дисциплине, если им не освоены все темы всех разделов дисциплины.
- По решению преподавателя и с согласия студентов, не освоивших отдельные разделы (темы) изучаемой дисциплины, в течение учебного семестра могут быть повторно проведены мероприятия текущего контроля успеваемости или выданы дополнительные учебные задания по этим темам или разделам. При этом студентам за данную работу засчитывается минимально возможный положительный балл.
- При выполнении студентом дополнительных учебных заданий или повторного прохождения мероприятий текущего контроля, полученные им баллы засчитываются в конкретные темы. При этом итоговая сумма баллов не может превышать максимального количества баллов, установленного по данным темам.
- При подведении итогов семестровой промежуточной аттестации накопленные студентом баллы (по итогам семестра и за аттестационные испытания) переводятся в традиционную оценку по четырехбалльной шкале (неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично) и в оценку ECTS (A, B, C, D, E, FX, F). Оценки «неудовлетворительно», «FX» и «F» в зачетную книжку не проставляются.
- Пользоваться мобильными телефонами и другими электронными техническими средствами во время занятий и при проведении текущего контроля успеваемости можно только с разрешения преподавателя.
- График проведения мероприятий текущего контроля успеваемости формируется в соответствии с календарным планом курса.
- Студенты обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем.
- Время, которое отводится студенту на выполнение мероприятия текущего контроля успеваемости, устанавливается преподавателем. По завершении отведенного времени студент должен сдать работу преподавателю, вне зависимости от того, завершена она или нет.
- Использование источников (в том числе конспектов лекций и практических заданий) во время выполнения мероприятий текущего контроля успеваемости возможно только с разрешения преподавателя.
- Отсутствие студента на мероприятии текущего контроля успеваемости считается уважительным только в случае болезни студента, что подтверждается наличием у него медицинской справки, заверенной в КДЦ РУДН. Не позднее двух недель после выздоровления студент предъявляет справку преподавателю. В противном случае, отсутствие студента на мероприятии текущего контроля успеваемости признается не уважительным.
- Сдача мероприятий текущего контроля успеваемости по причине болезни студента проводится один раз в конце семестра (модуля) в день, установленный преподавателем.
- Итоговый контроль знаний проводится в форме теста и оценивается из 20 баллов независимо от оценки, полученной в семестре.
- Если в итоге за семестр (модуль) студент получил неудовлетворительную оценку, то студенту разрешается добор необходимого (до 51) количества баллов посредством повторного одnorазового выполнения предусмотренных контрольных мероприятий (повторная переаттестация). Ликвидация задолженностей проводится по согласованию с деканатом в соответствии с действующими локальными нормативными актами.

## Примерный перечень оценочных средств

п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<i><b>Аудиторная работа</b></i>			
1	Практические задания	Система практических заданий, направленных на формирование практических навыков у обучающихся	Фонд практических заданий
2	Тест	Тестовые задания после каждой лекции	База тестовых заданий
3	Экзамен в форме теста	Система стандартизированных заданий (вопросов), позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	База тестовых заданий
<i><b>Самостоятельная работа</b></i>			
1	Подготовка отчётов по результатам выполнения практических задания	Форма проверки качества выполнения студентами практических заданий в соответствии с утверждённой программой	Фонд практических заданий в рамках практических занятий по дисциплине

Оценка работы студента в течение семестра выставляется по сумме набранных баллов за практические задания и итогового теста.

Предлагаются к выполнению 8 практических заданий (3, 5, 8, 8, 10, 15, 15 в сумме 64 балла). Отчеты по практическим заданиям выполняются и готовятся студентом самостоятельно (индивидуально), на практическом занятии студент может получить консультацию и методические указания от преподавателя.

Итоговый контроль (экзамен) по дисциплине проводится в форме компьютерного тестирования. При необходимости может проводиться экзамен в устной (или письменной) форме по билетам.

### Темы практических занятий:

1. Знакомство со средой имитационного моделирования
2. Моделирование процесса обслуживания на NR БС
3. Процесс обслуживания сессий при наличии функции резервирования ресурсов
4. Процесс обслуживания сессий при наличии мультисвязности
5. Процесс обслуживания сессий при наличии мультисвязности и резервирования
6. Процесс обслуживания многоадресных сессий
7. Преобразование случайных величин
8. Модели стохастической геометрии

### **Методические указания и шкала оценок.**

**Порядок выполнения практических занятий заключается в следующем:**

- Ознакомиться с разделами методических указаний к данной работе.
- Выполнить задания лабораторной работы.
- Составить отчёт.
- Запись видеообъяснения (скринкаст) выполненного задания

**Отчёт должен содержать следующие разделы:**

1. Титульный лист;
2. Формулировку цели работы;
3. Описание результатов выполнения задания:
  - листинги программ;
  - результаты выполнения программ (снимок экрана);
4. Выводы, согласованные с целью работы.

## Критерии оценки по дисциплине

Оценивается полнота выполнения работы, оформление результатов расчетов и оценки производительности. Также оцениваются ответы на вопросы преподавателя по исходному тексту программы.

### Шкала оценок

*95-100 :*

- полное выполнение практических заданий;
- высокий уровень культуры исполнения практических заданий;
- активное участие в мероприятиях, предусмотренных программой дисциплины;
- систематизированное, глубокое и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- безупречное владение программным обеспечением, умение эффективно использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать поставленные задачи;
- полная самостоятельность и творческий подход при изложении материала по программе дисциплины;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой дисциплины и преподавателем.

*86- 94 :*

- полное выполнение практических заданий;
- высокий уровень культуры исполнения практических заданий;
- систематизированное, глубокое и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- хорошее владение программным обеспечением, умение эффективно использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать поставленные задачи в нестандартных производственных ситуациях;
- усвоение основной и дополнительной литературы, нормативных и законодательных актов, рекомендованных программой дисциплины и преподавателем.

*69-85 :*

- частичное выполнение практических заданий;
- хороший уровень культуры исполнения практических заданий;
- систематизированное и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- владение программным обеспечением, умение использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать проблемы в рамках программы дисциплины;
- усвоение основной литературы;

*51-68 :*

- частичное выполнение практических заданий;

- систематизированное и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- удовлетворительное владение программным обеспечением, умение использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность решать проблемы в рамках программы дисциплины;
- удовлетворительное усвоение основной литературы;

*31 - 50 – НЕ ЗАЧТЕНО:*

- частичное выполнение практических заданий;
- недостаточно полный объем навыков и компетенции в рамках программы дисциплины;
- неумение использовать в практической деятельности научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными стилистическими и логическими ошибками;
- слабое владение программным обеспечением по разделам программы дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) производственных задач;
- способность решать проблемы в рамках программы дисциплины;
- удовлетворительное усвоение основной литературы;

*0-30 – НЕ ЗАЧТЕНО:*

- отсутствие умений, навыков, знаний и компетенции в рамках программы дисциплины;
- невыполнение лабораторных заданий; отказ от ответа по программе дисциплины;
- игнорирование занятий по дисциплине по неуважительной причине.
- программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

## Фонд практических заданий

### Практическое задание №1. Знакомство со средой имитационного моделирования

1. Модуль расстановки БС
2. Модуль распространения
3. Модуль блокировки
4. Генератор трафика
5. Модуль обработки поступающих сессий
6. Модуль сбора статистических данных
7. Характеристики обслуживания
8. Пробные запуски имитатора

### Практическое задание №2. Моделирование процесса обслуживания на NR БС

1. Сконфигурировать имитатор для получения характеристик обслуживания на одной БС без резервирования ресурсов и мультисвязности для одноадресных соединений. Провести имитационное моделирование и получить статистические данные.
2. Построить зависимости вероятности потери новой сессии, вероятность потери сессии, принятой на обслуживание и коэффициент использования ресурсов системы как функции от интенсивности поступающих сессий и плотности блокаторов.
3. Проанализировать графики объяснив полученные зависимости.

### Практическое задание №3. Процесс обслуживания сессий при наличии функции резервирования ресурсов

1. Сконфигурировать имитатор для получения характеристик обслуживания на одной БС с резервированием ресурсов, но без мультисвязности для одноадресных соединений. Провести имитационное моделирование и получить статистические данные.
2. Построить зависимости вероятности потери новой сессии, вероятность потери сессии, принятой на обслуживание и коэффициент использования ресурсов системы как функции от количества зарезервированных ресурсов.
3. Проанализировать графики объяснив полученные зависимости. Сравнить с пунктом 3 в задаче 2. Почему происходят обнаруженные изменения в вероятностях и коэффициенте использования ресурсов системы?

### Практическое задание №4. Процесс обслуживания сессий при наличии мультисвязности

1. Сконфигурировать имитатор для получения характеристик обслуживания на трех БС без резервирования ресурсов, но с функцией мультисвязности для одноадресных соединений. Провести имитационное моделирование и получить статистические данные.
2. Построить зависимости вероятности потери новой сессии, вероятность потери сессии, принятой на обслуживание и коэффициент использования ресурсов системы как функции от количества одновременно поддерживаемых БС (1, 3 и 3).
3. Проанализировать графики объяснив полученные зависимости. Сравнить с пунктом 3 в задаче 2 и пунктом 3 в задаче 3. Почему происходят обнаруженные изменения в вероятностях и коэффициенте использования ресурсов системы? Для каких характеристик лучше использовать мультисвязность, для каких резервирование.

### **Практическое задание №5. Процесс обслуживания сессий при наличии мультисвязности и резервирования**

1. Сконфигурировать имитатор для получения характеристик обслуживания на трех БС с одновременным резервированием ресурсов мультисвязностью для одноадресных соединений. Провести имитационное моделирование и получить статистические данные.
2. Построить зависимости вероятности потери новой сессии, вероятность потери сессии, принятой на обслуживание и коэффициент использования ресурсов системы как функции от количества зарезервированных ресурсов и степени мультисвязности.
3. Проанализировать графики объяснив полученные зависимости. Сравнить с пунктами 3 в задачах 2, 3 и 4. Чего позволяет достичь одновременное использование функций? Какую функцию Вы рекомендуете для повышения коэффициента использования ресурсов, а какую для повышения вероятности потери сессии, уже принятой на обслуживание и новой сессии? Какую из функций проще реализовать на практике?

### **Практическое задание №6. Процесс обслуживания многоадресных сессий**

1. Сконфигурировать имитатор для получения характеристик обслуживания на одной БС без резервирования ресурсов, без мультисвязности *для одноадресных и многоадресных соединений*. Провести имитационное моделирование и получить статистические данные.
2. Построить зависимости вероятности потери новой сессии, вероятность потери сессии, принятой на обслуживание (как для одноадресных соединений так и для многоадресных соединений) и коэффициент использования ресурсов системы как функции от процента многоадресных соединений в общем потоке заявок.
3. Проанализировать графики объяснив полученные зависимости. Какой эффект наблюдается при повышении процента многоадресных соединений? Порассуждайте о справедливости разделения ресурсов. Какой из ранее рассмотренных механизмов Вы можете предложить для повышения справедливости. Нужен ли он в реальных сетях?

### **Практическое задание №7. Преобразование случайных величин**

1. Получить распределение расстояния от центра окружности радиуса  $R$  до точки, равномерно распределенной внутри нее. Показать промежуточные шаги. Нарисовать график плотности распределения полученного распределения.
2. Получить распределение расстояния от точки, равномерно распределенной внутри окружности радиуса  $R$ , до другой точки, также равномерно распределенной внутри данной окружности. Показать промежуточные шаги. Нарисовать график плотности распределения полученного распределения.

# Комплект заданий для экзамена

Дисциплина \_\_\_\_\_ Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G  
(наименование дисциплины)

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ЭКЗАМЕНА – БИЛЕТ № 1

1. Гетерогенные беспроводные сети. Примеры технологий с описанием. Сценарии взаимодействия беспроводных устройств.
2. Прямые соединения в сетях 5G/6G. Формула Шеннона

Составитель  
Заведующий кафедрой

Д.А. Молчанов  
К.Е. Самуйлов

Дисциплина \_\_\_\_\_ Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ЭКЗАМЕНА – БИЛЕТ № 2

1. Микро/пико/фемто соты. Примеры.
2. Миллиметровые технологии связи. Глобальные технологии IoT.

Составитель  
Заведующий кафедрой

Д.А. Молчанов  
К.Е. Самуйлов

Дисциплина \_\_\_\_\_ Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ЭКЗАМЕНА – БИЛЕТ № 3

1. Уплотнение сетей. Мобильные точки доступа (e.g., UAV).
2. Теория информации, энтропия и формула Шеннона.

Составитель  
Заведующий кафедрой

Д.А. Молчанов  
К.Е. Самуйлов

Дисциплина \_\_\_\_\_ Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ЭКЗАМЕНА – БИЛЕТ № 4

1. Локальные технологии IoT. Использование терагерцового диапазона.
2. Licensed assisted access (LAA) для LTE.

Составитель  
Заведующий кафедрой

Д.А. Молчанов  
К.Е. Самуйлов

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ЭКЗАМЕНА – БИЛЕТ № 5

1. Взаимодействие между машинами в mmWave диапазоне: V2V, V2I, V2X сценарии.
2. Приложения сетей терагерцового диапазона: 100+ Gbps сети доступа последнего метра.

Составитель  
Заведующий кафедрой

Д.А. Молчанов  
К.Е. Самуйлов

### Критерии оценки:

- выполнение мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
- уровень культуры выполнения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
- участие в мероприятиях, предусмотренных программой дисциплины
- оформление отчетных материалов по мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в строгом соответствии с требованиями программы дисциплины
- владение информационным обеспечением дисциплины, умение использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой дисциплины

## Список вопросов для итогового контроля знаний

1. Назовите основную организацию осуществляющую стандартизацию сотовых сетей связи.
2. Назовите одну из технологий сотовой связи второго поколения.
3. К какому поколению сетей связи относятся сети LTE?
4. Объясните понятие интерференции (помехи) в сотовых сетях связи.
5. Чем отличаются понятия SIR и SINR?
6. В каком диапазоне частот будут работать сети 5G?
7. Выпишите формулу Шеннона для теоретической скорости канала связи и объясните переменные, входящие в выражение?
8. Предположите основной способ наращивания емкости сотовой сети на абонентском участке доступа.
9. Назовите несколько принципиальных отличий сетей связи пятого поколения от сетей 4G.
10. Назовите несколько методов наращивания пропускной способности сетей связи на основе сетевых механизмов
11. Какие эффекты влияют на распространение радиоволн миллиметрового диапазона частот?
12. Опишите методологию использования стохастической геометрии для анализа беспроводных сетей связи.
13. Какой дополнительный элемент случайности вносят беспроводные сети по сравнению с проводными?
14. Какой эффект оказывает направленность антенн на SIR и SINR?
15. Дана случайная величина  $X$  с плотностью вероятности  $f_X(x)$ ,  $x > 0$ . Найти плотность вероятности случайной величины  $Y$  связанной с  $X$  функциональной зависимостью  $Y = A * X^B$ .
16. Предположим, что приемник и интерферирующее устройство находятся на расстоянии  $x$ , обладают диаграммами направленности с углом сектора антенны  $a$ , которые ориентированы случайно и равномерно в диапазоне  $(0, 2\pi)$  независимо друг от друга. Определите вероятность того, что интерферирующее устройство создает помеху на приемнике.
17. Предположим, что приемник и передатчик находятся на расстоянии  $x$  друг от друга. На плоскости определен Пуассоновский процесс блокаторов с интенсивностью  $a$ , блокаторов на квадратный метр. Высота приемника и передатчика равна,  $h$ , высоты блокаторов,  $h_B$ ,  $h_B > h$ , диаметр блокатора –  $r$ . Определите вероятность блокировки пути распространения сигнала между передатчиком и приемником. Подсказка: вероятность того, что в замкнутой области с площадью  $S$  отсутствуют точки Пуассоновского процесса с интенсивностью  $a$  равна:  $\exp(-aS)$ .
18. Что вызывает атмосферную абсорбцию в терагерцовом диапазоне частот?
19. Что такое окна прозрачности?
20. Что такое сети на кристалле?
21. В каких диапазонах проявляется эффект блокировки?
22. Что такое бимформинг?
23. В каких условиях распространение терагерцового сигнала лучше?
24. Что вызывает блокировку сигнала в миллиметровом диапазоне?
25. Что вызывает основные помехи в сотовых беспроводных сетях связи?
26. На что оказывает влияние использование антенных решеток в миллиметровых сетях доступа?
27. Возможна ли связи в видимом диапазоне частот?