

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

Факультет физико-математических и естественных наук

Рекомендовано МССН
02.00.00 «Компьютерные
и информационные науки»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины

Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G

Рекомендуется для направления подготовки

02.04.02 — Фундаментальная информатика и информационные технологии

(указываются код и наименования направления(ий))

подготовки (специальности (ей) и/или профилей (специализаций))

Направленность программы

«Управление инфокоммуникациями и интеллектуальные системы»

(наименование образовательной программы в соответствии с направленностью (профилем))

Квалификация (степень) выпускника магистр

(указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ОС ВО РУДН)

1. Цели и задачи дисциплины:

Основной целью и задачей курса 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. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 учебного плана, дисциплина по выбору.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Общекультурные компетенции			
1	УК-1, УК-7	Моделирование беспроводных сетей; Методы стохастического анализа телекоммуникаций; Математическая теория телетрафика; Модели мультисервисных сетей, Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G	Модели ресурсных систем массового обслуживания; Карта бизнес-процессов и информационная модель управления телекоммуникациями
Общепрофессиональные компетенции			
2	ОПК-1; ОПК-3; ОПК-4;	Моделирование беспроводных сетей; Методы стохастического анализа телекоммуникаций; Математическая теория телетрафика; Модели мультисервисных сетей, Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G	Модели ресурсных систем массового обслуживания; Карта бизнес-процессов и информационная модель управления телекоммуникациями
Профессиональные компетенции (вид профессиональной деятельности - научно-исследовательская деятельность)			
3	ПК-1	Моделирование беспроводных сетей;	Модели ресурсных систем массового обслуживания;

		Методы стохастического анализа телекоммуникаций; Математическая теория телетрафика; Модели мультисервисных сетей, Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G	Карта бизнес-процессов и информационная модель управления телекоммуникациями
Профессиональные компетенции (вид профессиональной деятельности - производственно-технологический)			
4	ПК-2	Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G	-

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.

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 использования полученной информации для решения задач; проводить оценку информации, ее достоверность, строить логические умозаключения на основании поступающих информации и данных.

ОПК-1 Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы прикладной математики, фундаментальной информатики и информационных технологий.

ОПК-3 Способен проводить анализ математических моделей, создавать инновационные методы решения прикладных задач профессиональной деятельности в области информатики и математического моделирования.

ОПК-4 Способен оптимальным образом комбинировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности.

ПК-1 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

ПК-2 Организационное и технологическое обеспечение проектирования и дизайна ИС.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: УК-1; ОПК-1; ОПК-3; ОПК-4; ПК-1; ПК-2

(указываются в соответствии с ОС ВО РУДН)

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 использования полученной информации для решения задач; проводить оценку информации, ее достоверность, строить логические умозаключения на основании поступающих информации и данных.

- **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.
- **УК-7.3.** Владеет навыками применения цифровых технологий и методов поиска, обработки, анализа, хранения и представления информации в области фундаментальной информатики и информационных технологий.

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, теории коммуникаций
- **ОПК-1.2** Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты
- **ОПК-1.3** Имеет практический опыт работы с решением математических задач и применяет его в профессиональной деятельности

ОПК-3 Способен проводить анализ математических моделей, создавать инновационные методы решения прикладных задач профессиональной деятельности в области информатики и математического моделирования.

- **ОПК-3.1** Знает методы теории алгоритмов, методы системного и прикладного программирования, основные положения и концепции в области математических, информационных и имитационных моделей.

ОПК-4 Способен оптимальным образом комбинировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности

- **ОПК-4.1** Знает принципы сбора и анализа информации, создания информационных систем на стадиях жизненного цикла
- **ОПК-4.2** Умеет осуществлять управление проектами информационных систем
- **ОПК-4.3** Имеет практический опыт анализа и интерпретации информационных систем

ПК-1 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований:

- **ПК-1.2** Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и иностранном языке; способен готовить публикации в научно-технических тематических изданиях
- **ПК-1.3** Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ 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-2 Организационное и технологическое обеспечение проектирования и дизайна ИС

- **ПК-2.4** Умеет проводить анализ требований к информационной системе; разрабатывать варианты реализации информационной системы; проводить оценку качества, надежности и эффективности информационной системы

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- современные концепции инфокоммуникаций в области принципов и методов расчета основных характеристик современных беспроводных сетей.

Уметь:

- осуществлять анализ в области построения математических моделей и методов анализа беспроводных сетей.

Владеть:

- навыками и подходами в области постановки задач математического моделирования механизмов сетей 5G/6G.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц.

№	Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
			Семестр 2 (модуль 4)
1.	Аудиторные занятия (всего)	36	36
1.1	Лекции	18	18
1.2.1	Практические занятия (ПЗ)	18	18
1.2.2	Семинары (С)	-	-
1.2.3	Лабораторные работы (ЛР)	-	-
2.	Самостоятельная работа студентов (ак. часов)	108	108
3.	Общая трудоемкость (ак. часов)	144	144
4.	Общая трудоемкость (зачетных единиц)	4	4

5. Содержание дисциплины**5.1. Содержание разделов дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)
1.	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
2.	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
3.	Сети 6G на основе терагерцового диапазона частот	Терагерцовые сети – возможности и ограничения Терагерцовые сети – свойства распространения Терагерцовые сети – окна прозрачности Терагерцовые сети – B2B Терагерцовые сети – сети на кристалле Терагерцовые сети – приложения макро мира Терагерцовые сети – микромобильность и поиск луча Терагерцовые сети – безопасность

5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	СР	Конт роль	Все-го час.
1.	Особенности беспроводных сетей 5G+	7	7		20	6	40
2.	Сети 5G на основе миллиметрового диапазона частот	7	7		28	10	52
3.	Сети 6G на основе терагерцового диапазона частот	4	4		33	11	52
	Итого:	18	18		81	27	144

6. Лабораторный практикум – не предусмотрен программой курса

7. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических работ	Трудоемкость (час.)
1.	1	Знакомство со средой имитационного моделирования	1
2.	1	Моделирование процесса обслуживания на NR БС	3
3.	2	Процесс обслуживания сессий при наличии функции резервирования ресурсов	2
4.	2	Процесс обслуживания сессий при наличии мультисвязности	2
5.	2	Процесс обслуживания сессий при наличии мультисвязности и резервирования	2
6.	3	Процесс обслуживания многоадресных сессий	2
7.	3	Преобразование случайных величин	3
8.	3	Модели стохастической геометрии	3
		Итого:	18

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мультимедийная учебная аудитория для проведения учебных занятий (в том числе для практического и лекционного типов занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации)

Компьютерные (дисплейные) классы с доступом к сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета для проведения обучающимися самостоятельной работы и проведения компьютерного тестирования обучающихся (при необходимости).

9. Информационное обеспечение дисциплины

а) программное обеспечение:

- ОС Windows, MS Office (программа корпоративного лицензирования (Microsoft Subscription) Enrollment for Education Solutions), браузер Firefox (лицензия MPL-2.0) или браузер Chrome (лицензия Google Chrome Terms of Service); Adobe Reader (Adobe Software License Agreement).

- ОС Linux, офисный пакет LibreOffice (лицензия MPL-2.0), ПО для просмотра pdf (например, evince (лицензия GPL-2+ CC-BY-SA-3.0)).
- б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:
- Сайт библиотеки РУДН <http://lib.rudn.ru/>
 - ТУИС <http://esystem.pfur.ru/>
 - IETF <https://www.ietf.org/rfc.html>
 - IEL IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (Доступ по IP-адресам РУДН (Грант МОН)) Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>
 - Science Direct <http://www.sciencedirect.com> Описание: Ресурс содержит коллекцию научной, технической полнотекстовой и библиографической информации. База данных мультидисциплинарного характера включает научные журналы по точным и техническим наукам.
 - Springer/Kluwer <http://www.springerlink.com>. Журналы и книги издательства Springer/Kluwer охватывают различные области знания и разбиты на предметные категории.
 - American Mathematical Society <http://www.ams.org/> Ресурс американского математического общества.
 - European Mathematical Society <http://www.euro-math-soc.eu/> Ресурс европейского математического общества.
 - Portal to Mathematics Publications <http://www.emis.de/projects/EULER/>
 - Каталог математических интернет ресурсов <http://www.mathtree.ru/>
 - Zentralblatt MATH (zbMATH) <https://zbmath.org>
 - Общероссийский математический портал mathnet.ru
 - Web of Science <http://www.isiknowledge.com>
 - Ресурсы Института научной информации по общественным наукам Российской академии наук (ИНИОН РАН) <http://elibrary.ru>.

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. 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.
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. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.

б) 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 DOI <https://doi.org/10.31799/1684-8853-2019-5-51-63>.
2. 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.

11. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:

Учебным планом на изучение дисциплины отводится один семестр (один модуль). В течение семестра проводятся лекционные и практические занятия, самостоятельная работа и контрольные мероприятия. В конце семестра производится итоговый контроль знаний - экзамен

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

ФОС по дисциплине представлен в приложении к данной программе.
Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Разработчики:

доцент кафедры прикладной информатики
и теории вероятностей, д.т.н.



Д.А. Молчанов

Руководитель программы
Заведующий кафедрой
прикладной информатики
и теории вероятностей, д.т.н., проф.



К.Е. Самуйлов

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

Факультет физико-математических и естественных наук

Кафедра прикладной информатики и теории вероятностей

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

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

02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии
(код и наименование направления подготовки)

«Управление инфокоммуникациями и интеллектуальные системы»
(наименование профиля подготовки)

Магистр
Квалификация (степень) выпускника

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

Направление: 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

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, УК-7,; ОПК-1; ОПК-3; ОПК-4; 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 – B2B Терагерцовые сети – сети на кристалле Терагерцовые сети – приложения макро мира Терагерцовые сети – микромобильность и поиск луча Терагерцовые сети – безопасность	8	6	16	5	35
Итого:			22	16	42	20	100

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1, УК-7; ОПК-1; ОПК-3; ОПК-4; ПК-1; ПК-2

(указываются в соответствии с ОС ВО РУДН)

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать 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 использования полученной информации для решения задач; проводить оценку информации, ее достоверность, строить логические умозаключения на основании поступающих информации и данных.

- **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.
- **УК-7.3.** Владеет навыками применения цифровых технологий и методов поиска, обработки, анализа, хранения и представления информации в области фундаментальной информатики и информационных технологий.

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, теории коммуникаций
- **ОПК-1.2** Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты
- **ОПК-1.3** Имеет практический опыт работы с решением математических задач и применяет его в профессиональной деятельности

ОПК-3 Способен проводить анализ математических моделей, создавать инновационные методы решения прикладных задач профессиональной деятельности в области информатики и математического моделирования.

- **ОПК-3.1** Знает методы теории алгоритмов, методы системного и прикладного программирования, основные положения и концепции в области математических, информационных и имитационных моделей.

ОПК-4 Способен оптимальным образом комбинировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности

- **ОПК-4.1** Знает принципы сбора и анализа информации, создания информационных систем на стадиях жизненного цикла
- **ОПК-4.2** Умеет осуществлять управление проектами информационных систем
- **ОПК-4.3** Имеет практический опыт анализа и интерпретации информационных систем

ПК-1 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований:

- **ПК-1.2** Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и иностранном языке; способен готовить публикации в научно-технических тематических изданиях
- **ПК-1.3** Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ 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-2 Организационное и технологическое обеспечение проектирования и дизайна ИС

- **ПК-2.4** Умеет проводить анализ требований к информационной системе; разрабатывать варианты реализации информационной системы; проводить оценку качества, надежности и эффективности информационной системы

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	Выполнение Пр №8	Тест после кажд. лекц.	Итоговый контроль		
1	Эволюция беспроводных сотовых сетей	8	8								4	8	28
2	Математическое моделирование элементов сетей 4G/4G+/5G			8	8	8					6	7	37
3	Функциональные механизмы сетей 5G						8	8	8	8	6	5	35
Итого		8	8	8	8	8	8	8	8	8	12	20	20

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

1. Раздел (тема) учебной дисциплины считается освоенной, если студент набрал более 50% от числа баллов, предусмотренных за данный раздел (тему).
2. Студент не может быть аттестован по дисциплине, если им не освоены все темы всех разделов дисциплины.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Пользоваться мобильными телефонами и другими электронными техническими средствами во время занятий и при проведении текущего контроля успеваемости можно только с разрешения преподавателя.
7. График проведения мероприятий текущего контроля успеваемости формируется в соответствии с календарным планом курса.
8. Студенты обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем.
9. 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.
10. Использование источников (в том числе конспектов лекций и практических заданий) во время выполнения мероприятий текущего контроля успеваемости возможно только с разрешения преподавателя.
11. 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.
12. Сдача мероприятий текущего контроля успеваемости по причине болезни студента проводится один раз в конце семестра (модуля) в день, установленный преподавателем.
13. Итоговый контроль знаний проводится в форме теста и оценивается из 20 баллов независимо от оценки, полученной в семестре.
14. Если в итоге за семестр (модуль) студент получил неудовлетворительную оценку, то студенту разрешается добор необходимого (до 51) количества баллов посредством повторного одноразового 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>Аудиторная работа</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>Самостоятельная работа</i>			
4	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 (8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8 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.

Практическое задание №8. Модели стохастической геометрии

1. Путем имитационного моделирования рассчитать вероятность случайно брошенной точки в квадратную область со стороной A попасть во внутрь одного из N кругов радиуса R , центры которых также были случайно расположены внутри данной области. Нарисовать набор графиков для нескольких различных наборов исходных данных.
2. Путем имитационного моделирования привести примеры траекторий Random direction model (RDM) и Random waypoint model (RWP) моделей случайного движения. Также показать основные особенности данных моделей

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 Д.А. Молчанов

Заведующий кафедрой 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 Д.А. Молчанов

Заведующий кафедрой 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 Шэннона.

Составитель Д.А. Молчанов

Заведующий кафедрой 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 Д.А. Молчанов

Заведующий кафедрой 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

Д.А. Молчанов

Заведующий кафедрой

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 α , 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 равны, 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?