

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

*Факультет физико-математических и естественных наук*

Рекомендовано МССН  
09.00.00 «Информатика и  
вычислительная техника»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Наименование дисциплины**

Модели для анализа качества сетей следующего поколения

**Рекомендуется для направления подготовки**

**09.03.03 — Прикладная информатика**

*(указываются код и наименования направления(ий) подготовки (специальности (ей) и/или профилей (специализаций))*

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

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

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является формирование у студентов профессиональных компетенции в области разработки и анализа моделей сетей следующего поколения.

Для достижения цели решаются следующие задачи:

- исследование сетей следующего поколения;
- исследование моделей с потоковым и эластичным трафиком;
- исследование двухсервисных моделей с однородным трафиком;
- исследование двухсервисных моделей с разнородным трафиком;
- исследование моделей доступа двух классов трафика с прерыванием обслуживания и снижением скорости передачи;
- исследование моделей доступа к ненадежному ресурсу с приостановкой сессии;
- исследование моделей доступа со случайным требованием к объему ресурса;
- исследование сетей массового обслуживания и пример их применения.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Модели для анализа качества сетей следующего поколения» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

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)
Универсальные компетенции			
1.	УК-1	-	-
Общепрофессиональные компетенции			
2.	УК-1, ОПК-1; ОПК-6, ОПК-10	Теория вероятностей и математическая статистика, Основы математической теории телетрафика	Анализ производительности сетей подвижной связи
Профессиональные компетенции			
3.	ПК-7	Теория вероятностей и математическая статистика, Основы математической теории телетрафика	Анализ производительности сетей подвижной связи

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:  
УК-1, ОПК-1; ОПК-6, ОПК-10; ПК-7

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

- УК-1.1 Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации, методики системного подхода для решения профессиональных задач
- УК-1.2 Умеет анализировать и систематизировать разнородные данные, оценивать эффективность процедур анализа проблем и принятия решений в профессиональной деятельности

- УК-1.3 Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений
- ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности:
- ОПК-1.1 Знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования
  - ОПК-1.2 Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования
  - ОПК-1.3 Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности
- ОПК-6 Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования
- ОПК-6.1 Знает основы теории систем и системного анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации и исследования операций, нечетких вычислений, математического и имитационного моделирования
  - ОПК-6.2 Умеет применять методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования для автоматизации задач принятия решений, анализа информационных потоков, расчета экономической эффективности и надежности информационных систем и технологий
  - ОПК-6.3 Владеет навыками проведения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и технологий
- ОПК-10. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.
- ОПК-10.1 Знает базовые принципы цифровых технологий и методов, необходимых в профессиональной деятельности в области прикладной информатики для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр.
  - ОПК-10.2 Умеет применять необходимые в профессиональной деятельности цифровые технологии и методы в области прикладной информатики для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр.
  - ОПК-10.3 Владеет необходимыми в профессиональной деятельности технологиями и методами в области прикладной информатики для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр. В результате изучения дисциплины студент должен
- ПК-7 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований
- ПК-7.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, знает основные методы решения прикладных задач, современные методы информационных технологий
  - ПК-7.2 Умеет применять полученные знания для решения стандартных задач в области информационных технологий и в собственной научно-исследовательской деятельности
  - ПК-7.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** Модели с потоковым и эластичным трафиком, двухсервисные модели с однородным и разнородным трафиками

**Уметь:** применять модели с потоковым и эластичным трафиком и двухсервисные модели с однородным и разнородным трафиками для анализа беспроводных сетей будущего поколения.

**Владеть:** способностью использовать и применять теоретические и практические знания в области моделирования беспроводных сетей будущего поколения.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр (модуль)	
		Семестр В (модуль 3)	Семестр С (модуль 4)
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	108	54	54
В том числе:	-	-	-
<i>Лекции</i>	36	18	18
<i>Практические работы (ПР)</i>	72	36	36
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	144	54	90
Общая трудоемкость час	252	108	144
зач. ед.	7	3	4

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)
Семестр В (модуль 3)		
1.	Сети следующего поколения	1. Сети следующего поколения: услуги и требования к качеству
2.	Модели с потоковым и эластичным трафиком	2. Первая модель Эрланга: одноадресный трафик
		3. Модель с многоадресным трафиком
		4. Модель с эластичным трафиком
3.	Двухсервисные модели с однородным трафиком	5. Двухсервисная модель Эрланга
		6. Двухсервисная модель с эластичным трафиком и требованием к минимальной скорости передачи
4.	Двухсервисные модели с разнородным трафиком	7. Модель с многоадресным и эластичным трафиком
		8. Модель с одноадресным и эластичным трафиком с порогами занятия ресурса для эластичного трафика
Семестр С (модуль 4)		
1.	Модели доступа двух классов трафика с прерыванием обслуживания и снижением скорости передачи	1. Модель доступа одноадресного и многоадресного трафика с прерыванием обслуживания одноадресного трафика и снижением скорости передачи многоадресного трафика для анализа предоставления услуг видео по требованию и видеоконференции
		2. Модель доступа двух классов эластичного трафика с требованием к минимальной скорости

		передачи и прерыванием обслуживания для анализа алгоритма выгрузки трафика сети LTE в сеть WiFi
2.	Модели доступа к ненадежному ресурсу с приостановкой сессии	3. Модель доступа одноадресного трафика к ненадежному ресурсу с приостановкой сессии для анализа системы совместного использования радиочастот LSA 4. Модель доступа эластичного трафика к ненадежному ресурсу для анализа передачи критически важных данных в беспроводной сети миллиметрового диапазона частот
3.	Модели доступа со случайным требованием к объему ресурса	5. Модель доступа одноадресного трафика к надежному ресурсу со случайным требованием к объему ресурса для анализа влияния затухания сигнала на качество услуг 6. Модель доступа одноадресного трафика к ненадежному ресурсу со случайным требованием к объему ресурса и снижением скорости передачи для анализа алгоритма адаптивного управления мощностью при затухании сигнала
4.	Сети массового обслуживания и пример их применения	7. Сети массового обслуживания 8. Модель мобильности пользователей в виде замкнутой сети массового обслуживания

## 5.2 Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семи н	СРС	Всего час.
Семестр В (модуль 3)							
1.	Сети следующего поколения	2	4	-	-	6	12
2.	Модели с потоковым и эластичным трафиком	6	12	-	-	18	36
3.	Двухсервисные модели с однородным трафиком	4	8	-	-	12	24
4.	Двухсервисные модели с разнородным трафиком	6	12			18	36
Семестр С (модуль 4)							
1.	Модели доступа двух классов трафика с прерыванием обслуживания и снижением скорости передачи	4	8			20	32
2.	Модели доступа к ненадежному ресурсу с приостановкой сессии	4	8			20	32
3.	Модели доступа со случайным требованием к объему ресурса	4	8			20	32
4.	Сети массового обслуживания и пример их применения	6	12			30	48

## 6. Лабораторный практикум (при наличии)

Не предусмотрено.

## 7. Практические занятия (семинары) (при наличии)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практической работы	Трудо-емкость (час.)
Семестр В (модуль 3)			
1.	1	Расчет вероятностных характеристик сетей следующего поколения	4
2.	2	Расчет вероятностных характеристик первой модели Эрланга,	12
3.	2	Расчет вероятностных характеристик моделей с многоадресным трафиком и моделей с эластичным трафиком	8
4.	3	Расчет вероятностных характеристик двухсервисной модели Эрланга и двухсервисной модели с эластичным трафиком и требованием к минимальной скорости передачи	12
5.	4	Расчет вероятностных характеристик модели с многоадресным и эластичным трафиком и модели с одноадресным и эластичным трафиком с порогами занятия ресурса для эластичного трафика	8
Семестр С (модуль 4)			
1.	5	Расчет вероятностных характеристик модели доступа двух классов трафика с прерыванием обслуживания и снижением скорости передачи	8
2.	6	Расчет вероятностных характеристик модели доступа к ненадежному ресурсу с приостановкой сессии	8
3.	7	Расчет вероятностных характеристик модели доступа со случайным требованием к объему ресурса	8
4.	8	Расчет вероятностных характеристик сетей массового обслуживания и модели мобильности пользователей в виде замкнутой сети массового обслуживания	12

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Мультимедийная аудитория для проведения лекционных занятий. Компьютерные (дисплейные) классы с доступом к сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета для выполнения обучающимися практических работ по дисциплине, для проведения обучающимися самостоятельной работы.

## 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), Camunda (Community Edition, <https://camunda.org/>, лицензия Apache License v2.0), Java OpenJDK (лицензия GPL-2 with the Classpath Exception)
- ОС Linux, офисный пакет LibreOffice (лицензия MPL-2.0), ПО для просмотра pdf (например, evince (лицензия GPL-2+ CC-BY-SA-3.0)), kde-apps/umbrello (лицензия GPL-2), Scilab scientific software sci-mathematics/scilab (лицензия GPL-2), sci-visualization/gnuplot (лицензия gnuplot)

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- телекоммуникационная учебно-информационная система (ТУИС) РУДН  
<http://esystem.pfur.ru/>
- ЭБС РУДН

## **10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### а) основная литература

- Мультипликативные решения конечных цепей Маркова [Электронный ресурс] : Монография / В.А. Наумов, К.Е. Самуйлов, Ю.В. Гайдамака. - Электронные текстовые данные. - М. : Изд-во РУДН, 2015. - 159 с. - ISBN 978-5-209-06342-1.  
[http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn\\_FindDoc&id=445040&idb=0](http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn_FindDoc&id=445040&idb=0)

### б) дополнительная литература

- 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)

- Управление качеством и вероятностные модели функционирования сетей связи следующего поколения [Текст/электронный ресурс] : Учебное пособие / Г.П. Башарин, Ю.В. Гайдамака. - М. : Изд-во РУДН, 2008. - 157 с. : ил. - (Приоритетный национальный проект "Образование": Комплекс экспортоориентированных инновационных образовательных программ по приоритетным направлениям науки и технологий ). - Приложение: CD ROM (Электр.ресурс). - 60.33.  
[http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn\\_FindDoc&id=287757&idb=0](http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn_FindDoc&id=287757&idb=0)

- Модели для анализа качества обслуживания в сетях связи следующего поколения [Текст/электронный ресурс] : Учебное пособие / Г.П. Башаров, Ю.В. Гайдамака; РУДН; Г.П.Башарин и др. - М. : Изд-во РУДН, 2008. - 137 с. : ил. - (Приоритетный национальный проект "Образование": Комплекс экспортоориентированных инновационных образовательных программ по приоритетным направлениям науки и технологий). - Приложение: CD ROM (Электр.ресурс). - 53.51.  
[http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn\\_FindDoc&id=287777&idb=0](http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn_FindDoc&id=287777&idb=0)

- Теория телетрафика : учебное пособие / авт.-сост. Н.Ю. Братченко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». - Ставрополь : СКФУ, 2014. - 177 с. : ил. - Библиогр.: с. 170 ; То же [Электронный ресурс]. - URL:  
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457764>

## **11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Учебным планом на изучение дисциплины отводится один семестр (один модуль). Выполнение заданий текущего контроля знаний, согласно БРС, оценивается суммарно в 80 баллов. По итогам текущего контроля проводится промежуточная аттестация, оцениваемая в 20 баллов. Сумма баллов, набранная по итогам текущего контроля знаний и промежуточной аттестации, составляет итоговую оценку.

## **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.

**Разработчик:**

доцент кафедры прикладной информатики  
и теории вероятностей, к.ф.-м.н., доц.



И.А. Кочеткова

**Заведующий кафедрой**

прикладной информатики  
и теории вероятностей, д.т.н., проф.



К.Е. Самуйлов

**Руководитель программы**

Заведующий кафедрой  
информационных технологий, д.ф.-м.н.

Ю.Н. Орлов



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

**Кафедра прикладной информатики и теории вероятностей**  
(наименование кафедры)

# **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

## **ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Модели для анализа качества сетей следующего поколения  
(наименование дисциплины)

09.03.03 — Прикладная информатика  
(код и наименование направления подготовки)

Бакалавр  
Квалификация (степень) выпускника

## Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Дисциплина: Модели для анализа качества сетей следующего поколения

Направление: 09.03.03 — Прикладная информатика

Код контролируемой компетенции или ее части	Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	ФОСы				Баллы темы	Баллы раздела		
			Аудиторная работа / Самост. работа						Экзамен	
			Выполн. ПР1	Выполн. ПР2	Выполн. ПР3	Выполн. ПР4				
УК-1, ОПК-1; ОПК-6, ОПК-10; ПК-7	Сети следующего поколения	1. Сети следующего поколения: услуги и требования к качеству	10				2	12	12	
	Модели с потоковым и эластичным трафиком	2. Первая модель Эрланга: одноадресный трафик	10				2	12		
		3. Модель с многоадресным трафиком		10			2	12		
		4. Модель с эластичным трафиком		10			2	12		
	Двухсервисные модели с однородным трафиком	5. Двухсервисная модель Эрланга			10		2	12	24	
		6. Двухсервисная модель с эластичным трафиком и требованием к минимальной скорости передачи			10		2	12		
	Двухсервисные модели с разнородным трафиком	7. Модель с многоадресным и эластичным трафиком				20	2	12	28	
		8. Модель с одноадресным и эластичным трафиком с порогом занятия ресурса для эластичного трафика					6	16		
	ИТОГО (Семестр В, модуль 3):			20	20	20	20	20	100	100
	УК-1, ОПК-1; ОПК-6, ОПК-10; ПК-7	Модели доступа двух классов трафика с прерыванием обслуживания и снижением скорости передачи	9. Модель доступа одноадресного и многоадресного трафика с прерыванием обслуживания одноадресного трафика и снижением скорости передачи многоадресного трафика для анализа предоставления услуг видео по требованию и видеоконференции	10				2	12	24
10. Модель доступа двух классов эластичного трафика с требованием к минимальной скорости передачи и прерыванием обслуживания для анализа			10				2	12		

		алгоритма выгрузки трафика сети LTE в сеть WiFi							
Модели доступа к ненадежному ресурсу с приостановкой сессии	11.	Модель доступа одноадресного трафика к ненадежному ресурсу с приостановкой сессии для анализа системы совместного использования радиочастот LSA		10			2	12	24
	12.	Модель доступа эластичного трафика к ненадежному ресурсу для анализа передачи критически важных данных в беспроводной сети миллиметрового диапазона частот		10			2	12	
Модели доступа со случайным требованием к объему ресурса	13.	Модель доступа одноадресного трафика к надежному ресурсу со случайным требованием к объему ресурса для анализа влияния затухания сигнала на качество услуг			10		2	12	24
	14.	Модель доступа одноадресного трафика к ненадежному ресурсу со случайным требованием к объему ресурса и снижением скорости передачи для анализа алгоритма адаптивного управления мощностью при затухании сигнала			10		2	12	
Сети массового обслуживания и пример их применения	15.	Сети массового обслуживания				20	2	12	28
	16.	Модель мобильности пользователей в виде замкнутой сети массового обслуживания					6	16	
		ИТОГО (Семестр С, модуль 4):	20	20	20	20	20	100	100

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1, ОПК-1; ОПК-6, ОПК-10; ПК-7

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

- УК-1.1 Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации, методики системного подхода для решения профессиональных задач
- УК-1.2 Умеет анализировать и систематизировать разнородные данные, оценивать эффективность процедур анализа проблем и принятия решений в профессиональной деятельности
- УК-1.3 Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности:

- ОПК-1.1 Знает основы математики, физики, вычислительной техники и програм-мирования
- ОПК-1.2 Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анали-за и моделирования
- ОПК-1.3 Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности

ОПК-6 Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования

- ОПК-6.1 Знает основы теории систем и системного анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации и исследования операций, нечетких вычислений, математического и имитационного моделирования
- ОПК-6.2 Умеет применять методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования для автоматизации задач принятия решений, анализа информационных потоков, расчета экономической эффективности и надежности информационных систем и технологий
- ОПК-6.3 Владеет навыками проведения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и технологий

ОПК-10. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.

- ОПК-10.1 Знает базовые принципы цифровых технологий и методов, необходимых в профессиональной деятельности в области прикладной информатики для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр.
- ОПК-10.2 Умеет применять необходимые в профессиональной деятельности цифровые технологии и методы в области прикладной информатики для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр.
- ОПК-10.3 Владеет необходимыми в профессиональной деятельности технологиями и методами в области прикладной информатики для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр. В результате изучения дисциплины студент должен

ПК-7 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований

- ПК-7.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, знает основные методы решения прикладных задач, современные методы информационных технологий
- ПК-7.2 Умеет применять полученные знания для решения стандартных задач в области информационных технологий и в собственной научно-исследовательской деятельности
- ПК-7.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий

# Балльно-рейтинговая система оценки уровня знаний

## 1. Сводная оценочная таблица дисциплины

Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	ФОСы				Экзамен	Баллы темы	Баллы раздела
		Аудиторная работа / СРС						
		Выполн. ПР1	Выполн. ПР2	Выполн. ПР3	Выполн. ПР4			
Сети следующего поколения	1. Сети следующего поколения: услуги и требования к качеству	10				2	12	12
Модели с потоковым и эластичным трафиком	2. Первая модель Эрланга: одноадресный трафик	10				2	12	36
	3. Модель с многоадресным трафиком		10			2	12	
	4. Модель с эластичным трафиком		10			2	12	
Двухсервисные модели с однородным трафиком	5. Двухсервисная модель Эрланга			10		2	12	24
	6. Двухсервисная модель с эластичным трафиком и требованием к минимальной скорости передачи			10		2	12	
Двухсервисные модели с разнородным трафиком	7. Модель с многоадресным и эластичным трафиком				20	2	12	28
	8. Модель с одноадресным и эластичным трафиком с пороговыми занятиями ресурса для эластичного трафика					6	16	
	ИТОГО (Семинар В, модуль 3):	20	20	20	20	20	100	100
Модели доступа двух классов трафика с прерыванием обслуживания и снижением	1. Модель доступа одноадресного и многоадресного трафика с прерыванием обслуживания одноадресного	10				2	12	24

скорости передачи	трафика и снижением скорости передачи многоадресного трафика для анализа предоставления услуг видео по требованию и видеоконференции							
	2. Модель доступа двух классов эластичного трафика с требованием к минимальной скорости передачи и прерыванием обслуживания для анализа алгоритма выгрузки трафика сети LTE в сеть WiFi	10				2	12	
Модели доступа к ненадежному ресурсу с приостановкой сессии	3. Модель доступа одноадресного трафика к ненадежному ресурсу с приостановкой сессии для анализа системы совместного использования радиочастот LSA		10			2	12	24
	4. Модель доступа эластичного трафика к ненадежному ресурсу для анализа передачи критически важных данных в беспроводной сети миллиметрового диапазона частот		10			2	12	
Модели доступа со случайным требованием	5. Модель доступа одноадресного трафика к			10		2	12	24

к объему ресурса	надежному ресурсу со случайным требованием к объему ресурса для анализа влияния затухания сигнала на качество услуг							
	6. Модель доступа одноадресного трафика к ненадежному ресурсу со случайным требованием к объему ресурса и снижением скорости передачи для анализа алгоритма адаптивного управления мощностью при затухании сигнала			10		2	12	
Сети массового обслуживани я и пример их применения	7. Сети массового обслуживания				20	2	12	28
	8. Модель мобильности пользователей в виде замкнутой сети массового обслуживания					6	16	
ИТОГО (модуль 4):		20	20	20	20	20	100	100

## 2. 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

## 3. Правила применения БРС

Правила применения БРС в соответствии со следующими нормативными документами:  
Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по учебным дисциплинам основных профессиональных образовательных программ бакалавриата, специалитета и магистратуры (утверждено приказом Ректора от 02.03.2020 г. № 112)



## Примерный перечень оценочных средств

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<i><b>Аудиторная работа</b></i>			
-	Практическая работа	Система практических заданий, направленных на формирование практических навыков у обучающихся.	Комплект заданий для практических работ
-	Экзамен	Оценка работы студента в течение семестра (года, всего срока обучения и др.) и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных им теоретических и практических знаний, приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления, умение синтезировать полученные знания и применять их в решении практических задач.	Комплект заданий для экзамена
<i><b>Самостоятельная работа</b></i>			
-	Практическая работа	Система практических заданий, направленных на формирование практических навыков у обучающихся.	Комплект заданий для практических работ

## Критерии оценки по дисциплине

Баллы БРС	Шкала оценивания
95 - 100 зачет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- полное выполнение мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации</li> <li>- высокий уровень культуры выполнения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации</li> <li>- активное участие в мероприятиях, предусмотренных программой дисциплины</li> <li>- оформление отчетных материалов по мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в строгом соответствии с требованиями программы дисциплины</li> <li>- систематизированные, глубокие и полные навыки и компетенции по всем разделам программы дисциплины</li> <li>- безупречное владение информационным обеспечением дисциплины, умение эффективно использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач</li> <li>- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой дисциплины</li> </ul>
86 - 94 зачет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- полное выполнение мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации</li> <li>- высокий уровень культуры выполнения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации</li> <li>- участие в мероприятиях, предусмотренных программой дисциплины</li> <li>- оформление отчетных материалов по мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в строгом соответствии с требованиями программы дисциплины</li> <li>- систематизированные, глубокие и полные навыки и компетенции по всем разделам программы дисциплины</li> <li>- безупречное владение информационным обеспечением дисциплины, умение эффективно использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач</li> <li>- полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой дисциплины</li> </ul>
69 - 85 зачет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнение мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации</li> <li>- высокий уровень культуры выполнения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации</li> <li>- участие в мероприятиях, предусмотренных программой дисциплины</li> <li>- оформление отчетных материалов по мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в соответствии с требованиями программы дисциплины</li> <li>- систематизированные, глубокие и полные навыки и компетенции по всем разделам программы дисциплины</li> <li>- владение информационным обеспечением дисциплины, умение использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач</li> <li>- полное усвоение основной литературы, рекомендованной программой дисциплины</li> </ul>

61 - 68 зачет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- неполное выполнение мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации</li> <li>- невысокий уровень культуры выполнения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации</li> <li>- оформление отчетных материалов по мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в неполном соответствии с требованиями программы дисциплины</li> <li>- полные навыки и компетенции по большинству разделов программы дисциплины</li> <li>- владение информационным обеспечением дисциплины, умение использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач</li> <li>- усвоение основной литературы, рекомендованной программой дисциплины</li> </ul>
51 - 60 зачет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- неполное выполнение мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации</li> <li>- низкий уровень культуры выполнения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации</li> <li>- оформление отчетных материалов по мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации не в соответствии с требованиями программы дисциплины</li> <li>- достаточно полные навыки и компетенции по некоторым разделам программы дисциплины</li> <li>- владение информационным обеспечением дисциплины, умение использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач</li> <li>- частичное усвоение основной литературы, рекомендованной программой дисциплины</li> </ul>
31 - 50 незачет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не выполнение мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации</li> <li>- недостаточные навыки и компетенции по разделам программы дисциплины</li> <li>- слабое владение информационным обеспечением дисциплины, неумение использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач</li> <li>- слабое усвоение основной литературы, рекомендованной программой дисциплины</li> </ul>
0 - 30 незачет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не выполнение мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации</li> <li>- отсутствие навыков и компетенций по разделам программы дисциплины</li> </ul>

# Комплект заданий для зачета (семестр В модуль 3)

Дисциплина                      Модели для анализа качества сетей следующего поколения  
(наименование дисциплины)

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЧЕТА – БИЛЕТ № 1

1. Сети следующего поколения: услуги и требования к качеству
2. Модель с одноадресным и эластичным трафиком с порогами занятия ресурса для эластичного трафика

Составитель  
Заведующий кафедрой

И.А. Кочеткова  
К.Е. Самуйлов

---

Дисциплина                      Модели для анализа качества сетей следующего поколения  
(наименование дисциплины)

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЧЕТА – БИЛЕТ № 2

1. Первая модель Эрланга: одноадресный трафик
2. Модель с многоадресным и эластичным трафиком

Составитель  
Заведующий кафедрой

И.А. Кочеткова  
К.Е. Самуйлов

---

Дисциплина                      Модели для анализа качества сетей следующего поколения  
(наименование дисциплины)

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЧЕТА – БИЛЕТ № 3

1. Модель с многоадресным трафиком
2. Двухсервисная модель с эластичным трафиком и требованием к минимальной скорости передачи

Составитель  
Заведующий кафедрой

И.А. Кочеткова  
К.Е. Самуйлов

---

Дисциплина                      Модели для анализа качества сетей следующего поколения  
(наименование дисциплины)

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЧЕТА – БИЛЕТ № 4

1. Модель с эластичным трафиком
2. Двухсервисная модель Эрланга

Составитель  
Заведующий кафедрой

И.А. Кочеткова  
К.Е. Самуйлов

# Комплект заданий для экзамена (семестр С модуль 4)

Дисциплина \_\_\_\_\_ Модели для анализа качества сетей следующего поколения  
(наименование дисциплины)

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ЭКЗАМЕНА – БИЛЕТ № 1

1. Модель доступа одноадресного и многоадресного трафика с прерыванием обслуживания одноадресного трафика и снижением скорости передачи многоадресного трафика для анализа предоставления услуг видео по требованию и видеоконференции
2. Модель мобильности пользователей в виде замкнутой сети массового обслуживания

Составитель  
Заведующий кафедрой

И.А. Кочеткова  
К.Е. Самуйлов

---

Дисциплина \_\_\_\_\_ Модели для анализа качества сетей следующего поколения  
(наименование дисциплины)

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ЭКЗАМЕНА – БИЛЕТ № 2

1. Модель доступа двух классов эластичного трафика с требованием к минимальной скорости передачи и прерыванием обслуживания для анализа алгоритма выгрузки трафика сети LTE в сеть WiFi
2. Сети массового обслуживания

Составитель  
Заведующий кафедрой

И.А. Кочеткова  
К.Е. Самуйлов

---

Дисциплина \_\_\_\_\_ Модели для анализа качества сетей следующего поколения  
(наименование дисциплины)

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ЭКЗАМЕНА – БИЛЕТ № 3

1. Модель доступа одноадресного трафика к ненадежному ресурсу с приостановкой сессии для анализа системы совместного использования радиочастот LSA
2. Модель доступа одноадресного трафика к ненадежному ресурсу со случайным требованием к объему ресурса и снижением скорости передачи для анализа алгоритма адаптивного управления мощностью при затухании сигнала

Составитель  
Заведующий кафедрой

И.А. Кочеткова  
К.Е. Самуйлов

---

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ ЭКЗАМЕНА – БИЛЕТ № 4**

1. Модель доступа эластичного трафика к ненадежному ресурсу для анализа передачи критически важных данных в беспроводной сети миллиметрового диапазона частот
2. Модель доступа одноадресного трафика к надежному ресурсу со случайным требованием к объему ресурса для анализа влияния затухания сигнала на качество услуг

Составитель  
Заведующий кафедрой

И.А. Кочеткова  
К.Е. Самуйлов

## Комплект практических заданий

по дисциплине \_\_\_\_\_ Модели для анализа качества сетей следующего поколения  
(наименование дисциплины)

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №1

#### Расчет вероятностных характеристик первой и двухсервисной модели Эрланга (одноадресный трафик), модели с многоадресным трафиком

Для первой модели Эрланга (одноадресный трафик):

а) для заданных исходных данных (сценарий с фиксированным параметрами) записать выполнение пунктов ниже от руки на листе / в тетради:

- определить случайный процесс, который будет описывать функционирование системы;

- записать пространство состояний случайного процесса;

- построить граф интенсивностей переходов;

- записать матрицу интенсивностей переходов;

- записать систему уравнений глобального баланса;

- записать систему уравнений локального баланса;

- вывести распределение вероятностей;

- вывести среднее число заявок в системе;

- выразить вероятность блокировки через полученное распределение вероятностей

(способ 1);

- вывести вероятность блокировки по рекуррентной формуле (способ 2);

- сравнить полученные результаты по двум способам расчета вероятности блокировки;

б) написать программу на языке Python и для заданных исходных данных (сценарий с частью фиксированных параметров и частью переменных параметров) провести расчеты, которые оформить в виде таблиц (DataFrame) и графиков:

- найти распределение вероятностей как решение системы уравнений равновесия (способ 1);

- найти распределение вероятностей по явной формуле (с использованием операций возведения в степень и факториала) (способ 2);

- найти распределение вероятностей по рекуррентной формуле (с использованием уравнений локального баланса) (способ 3);

- сравнить полученные результаты по трем способам расчета распределения вероятностей;

- найти среднее число заявок в системе;

- найти вероятность блокировки через полученное распределение вероятностей

(способ 1);

- найти вероятность блокировки по рекуррентной формуле (способ 2);

- сравнить полученные результаты по двум способам расчета вероятности блокировки.

Для двухсервисной модели Эрланга (одноадресный трафик):

а) для заданных исходных данных (сценарий с фиксированным параметрами) записать выполнение пунктов ниже от руки на листе / в тетради:

- определить случайный процесс, который будет описывать функционирование системы;

- записать пространство состояний случайного процесса;
- построить граф интенсивностей переходов;
- задать лексикографический порядок на пространстве состояний;
- записать матрицу интенсивностей переходов;
- записать систему уравнений глобального баланса;
- проверить выполнение критерия Колмогорова на обратимость случайного процесса;
- записать систему уравнений частичного баланса;
- вывести распределение вероятностей при помощи системы уравнений частичного баланса (способ 1);
- вывести распределение вероятностей при помощи сужения случайного процесса (способ 2);
- сравнить полученные результаты по двум способам расчета распределения вероятностей;
- вывести среднее число заявок в системе первого и второго типа;
- вывести вероятность блокировки заявок первого и второго типа;
- б) написать программу на языке Python и для заданных исходных данных (сценарий с частью фиксированных параметров и частью переменных параметров) провести расчеты, которые оформить в виде таблиц (DataFrame) и графиков:
  - найти распределение вероятностей как решение системы уравнений равновесия (способ 1);
  - найти распределение вероятностей по явной формуле (с использованием операций возведения в степень и факториала) (способ 2);
  - найти распределение вероятностей по рекуррентной формуле (с использованием уравнений локального баланса) (способ 3);
  - сравнить полученные результаты по трем способам расчета распределения вероятностей;
  - найти среднее число заявок в системе первого и второго типа;
  - найти вероятность блокировки заявок первого и второго типа через полученное распределение вероятностей (способ 1);
  - найти вероятность блокировки заявок первого и второго типа по рекуррентной формуле Кауфмана-Робертса (способ 2);
  - сравнить полученные результаты по двум способам расчета вероятности блокировки.
- Для модели с многоадресным трафиком (сценарий с услугой видеоконференция):
  - а) для заданных исходных данных (сценарий с фиксированными параметрами) записать выполнение пунктов ниже от руки на листе / в тетради:
    - определить случайный процесс, который будет описывать функционирование системы;
    - записать пространство состояний случайного процесса;
    - построить граф интенсивностей переходов;
    - записать матрицу интенсивностей переходов;
    - записать систему уравнений глобального баланса;
    - записать систему уравнений локального баланса;
    - вывести распределение вероятностей;
    - вывести среднее число заявок в системе;
  - б) написать программу на языке Python и для заданных исходных данных (сценарий с частью фиксированных параметров и частью переменных параметров) провести расчеты, которые оформить в виде таблиц (DataFrame) и графиков:
    - найти распределение вероятностей;
    - найти среднее число заявок в системе.
- Для модели с многоадресным трафиком (сценарий с услугой телевидения):



а) для заданных исходных данных (сценарий с фиксированным параметрами) записать выполнение пунктов ниже от руки на листе / в тетради:

- определить случайный процесс, который будет описывать функционирование системы;

- записать пространство состояний случайного процесса;

- построить граф интенсивностей переходов;

- записать матрицу интенсивностей переходов;

- записать систему уравнений глобального баланса;

- записать систему уравнений локального баланса;

- вывести распределение вероятностей;

- вывести среднее число заявок в системе;

б) написать программу на языке Python и для заданных исходных данных (сценарий с частью фиксированных параметров и частью переменных параметров) провести расчеты, которые оформить в виде таблиц (DataFrame) и графиков:

- найти распределение вероятностей;

- найти среднее число заявок в системе.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №2**

### **Расчет вероятностных модели с эластичным трафиком, мультисервисной модели с эластичным трафиком**

Для модели с эластичным трафиком:

а) для заданных исходных данных (сценарий с фиксированным параметрами) записать выполнение пунктов ниже от руки на листе / в тетради:

- определить случайный процесс, который будет описывать функционирование системы;

- записать пространство состояний случайного процесса;

- построить граф интенсивностей переходов;

- записать матрицу интенсивностей переходов;

- записать систему уравнений глобального баланса;

- записать систему уравнений локального баланса;

- вывести распределение вероятностей;

- выразить вероятность блокировки;

- вывести среднее число заявок в системе;

- вывести среднее время обслуживания заявки;

б) написать программу на языке Python и для заданных исходных данных (сценарий с частью фиксированных параметров и частью переменных параметров) провести расчеты, которые оформить в виде таблиц (DataFrame) и графиков:

- найти распределение вероятностей как решение системы уравнений равновесия (способ 1);

- найти распределение вероятностей по явной формуле (с использованием операций возведения в степень и факториала) (способ 2);

- найти распределение вероятностей по рекуррентной формуле (с использованием уравнений локального баланса) (способ 3);

- сравнить полученные результаты по трем способам расчета распределения вероятностей;

- найти вероятность блокировки;

- найти среднее число заявок в системе;

- найти среднее время обслуживания заявки.

Для мультисервисной модели с эластичным трафиком:

а) для заданных исходных данных (сценарий с двумя услугами и фиксированным параметрами) записать выполнение пунктов ниже от руки на листе / в тетради:

- определить случайный процесс, который будет описывать функционирование системы;
- записать пространство состояний случайного процесса;
- построить граф интенсивностей переходов;
- задать лексикографический порядок на пространстве состояний;
- записать матрицу интенсивностей переходов;
- записать систему уравнений глобального баланса;
- проверить выполнение критерия Колмогорова на обратимость случайного процесса;
- записать систему уравнений частичного баланса;
- вывести распределение вероятностей при помощи системы уравнений частичного баланса;
- вывести вероятность блокировки заявок первого и второго типа;
- вывести среднее число заявок в системе первого и второго типа;
- вывести среднее время обслуживания заявок первого и второго типа;

б) написать программу на языке Python и для заданных исходных данных (сценарий с двумя услугами, частью фиксированных параметров и частью переменных параметров) провести расчеты, которые оформить в виде таблиц (DataFrame) и графиков:

- найти распределение вероятностей как решение системы уравнений равновесия (способ 1);
- найти распределение вероятностей по явной формуле (с использованием операций возведения в степень и факториала) (способ 2);
- найти распределение вероятностей по рекуррентной формуле (с использованием уравнений локального баланса) (способ 3);
- найти распределение вероятностей по рекуррентному алгоритму (способ 4);
- сравнить полученные результаты по четырем способам расчета распределения вероятностей;
- найти вероятность блокировки заявок первого и второго типа;
- найти среднее число заявок в системе первого и второго типа;
- найти среднее время обслуживания заявок первого и второго типа.

### **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №3**

**Расчет вероятностных характеристик модели приоритетного управления доступом к надежному ресурсу одноадресного и многоадресного трафика**

Для модели приоритетного управления доступом к надежному ресурсу одноадресного и многоадресного трафика:

а) для заданных исходных данных (сценарий с фиксированным параметрами) записать выполнение пунктов ниже от руки на листе / в тетради:

- определить случайный процесс, который будет описывать функционирование системы;
- записать пространство состояний случайного процесса;
- построить граф интенсивностей переходов;
- задать лексикографический порядок на пространстве состояний;
- записать матрицу интенсивностей переходов;
- записать систему уравнений глобального баланса;

- проверить выполнение критерия Колмогорова на обратимость случайного процесса;

- вывести распределение вероятностей при помощи рекуррентного алгоритма;
- вывести среднее число одноадресных и многоадресных заявок в системе;
- вывести вероятность блокировки одноадресной заявки;
- вывести вероятность прерывания обслуживания одноадресной заявки;

б) написать программу на языке Python и для заданных исходных данных (сценарий с частью фиксированных параметров и частью переменных параметров) провести расчеты, которые оформить в виде таблиц (DataFrame) и графиков:

- найти распределение вероятностей как решение системы уравнений равновесия (способ 1);

- найти распределение вероятностей по рекуррентному алгоритму (способ 2);

- сравнить полученные результаты по двум способам расчета распределения вероятностей;

- найти среднее число одноадресных и многоадресных заявок в системе;
- найти вероятность блокировки одноадресной заявки;
- найти вероятность прерывания обслуживания одноадресной заявки.

#### **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №4**

**Расчет вероятностных характеристик модели с одноадресным трафиком на ненадежном ресурсе для анализа совместного использования радиочастот, модели с эластичным трафиком на ненадежном ресурсе миллиметрового диапазона радиочастот**

Для модели с одноадресным трафиком на ненадежном ресурсе для анализа совместного использования радиочастот:

а) для заданных исходных данных (сценарий с фиксированным параметрами) записать выполнение пунктов ниже от руки на листе / в тетради:

- определить случайный процесс, который будет описывать функционирование системы;

- записать пространство состояний случайного процесса;

- построить граф интенсивностей переходов;

- задать лексикографический порядок на пространстве состояний;

- записать матрицу интенсивностей переходов;

- записать систему уравнений глобального баланса;

- проверить выполнение критерия Колмогорова на обратимость случайного процесса;

- вывести среднее число заявок в системе;

- вывести среднее число заявок в очереди;

- вывести среднее число вновь поступивших заявок в очереди;

- вывести среднее число заявок в очереди, обслуживание которых было прервано;

- вывести вероятность блокировки заявки;

- вывести вероятность прерывания обслуживания заявки.

б) написать программу на языке Python и для заданных исходных данных (сценарий с частью фиксированных параметров и частью переменных параметров) провести расчеты, которые оформить в виде таблиц (DataFrame) и графиков:

- найти распределение вероятностей как решение системы уравнений равновесия;

- найти среднее число заявок в системе;

- найти среднее число заявок в очереди;

- найти среднее число вновь поступивших заявок в очереди;
- найти среднее число заявок в очереди, обслуживание которых было прервано;
- найти вероятность блокировки заявки;
- найти вероятность прерывания обслуживания заявки.

Для модели с эластичным трафиком на ненадежном ресурсе миллиметрового диапазона радиочастот:

а) для заданных исходных данных (сценарий с фиксированным параметрами) записать выполнение пунктов ниже от руки на листе / в тетради:

- определить случайный процесс, который будет описывать функционирование системы;
- записать пространство состояний случайного процесса;
- построить граф интенсивностей переходов;
- задать лексикографический порядок на пространстве состояний;
- записать матрицу интенсивностей переходов;
- записать систему уравнений глобального баланса;
- проверить выполнение критерия Колмогорова на обратимость случайного процесса;
- вывести среднее число заявок в системе;
- вывести среднее число заявок в очереди;
- вывести вероятность блокировки заявки;
- вывести вероятность прерывания обслуживания заявки.

б) написать программу на языке Python и для заданных исходных данных (сценарий с частью фиксированных параметров и частью переменных параметров) провести расчеты, которые оформить в виде таблиц (DataFrame) и графиков:

- найти распределение вероятностей как решение системы уравнений равновесия;
- найти среднее число заявок в системе;
- найти среднее число заявок в очереди;
- найти вероятность блокировки заявки;
- найти вероятность прерывания обслуживания заявок