

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 27.06.2022 11:51:29

Уникальный программный ключ:

ca953a0120d891083f939673078ef1a9896ad18a

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

**Факультет физико-математических и естественных наук**

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

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Ресурсные системы массового обслуживания  
(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки:**

09.04.03 — Прикладная информатика  
(код и наименование направления подготовки/специальности)

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

Искусственный интеллект и анализ данных  
(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

**2022 г.**

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Ресурсные системы массового обслуживания» является изучение теории ресурсных систем массового обслуживания, как наиболее адекватного аппарата для описания и исследования процессов предоставления и разделения ресурсов в телекоммуникационных сетях, включая беспроводные сети.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Ресурсные системы массового обслуживания» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций): УК-1; ОПК-1; ОПК-7; ПК-1.

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

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
УК-1	Способен осуществлять 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
		УК-1.3. Имеет практический опыт работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов
ОПК-1	Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	ОПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями в области математических и естественных наук, информатики и теории коммуникаций
		ОПК-1.2. Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические и информационные объекты
		ОПК-1.3. Имеет практический опыт работы с решением математических и информационных задач и применяет его в профессиональной деятельности
ОПК-7	Способен использовать методы научных исследований и математического моделирования в области проектирования и управления информационными системами;	ОПК-7.1. Знает логические методы и приемы научного исследования, методологические принципы современной науки, приемы работы с ними в области информатики и коммуникаций
		ОПК-7.2. Умеет осуществлять методологическое обоснование при решении профессиональных задач
ПК-1	Проведение работ по обработке и анализу	ПК-1.2. Умеет применять полученные знания в области математики и информатики, а также решать

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	научно-технической информации и результатов исследований	стандартные задачи собственной научно-исследовательской деятельности; умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей по тематике исследований в соответствии с выбранной методикой

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Ресурсные системы массового обслуживания» относится к обязательной части блока Б1 ОП ВО.

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Ресурсные системы массового обслуживания».

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

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики	Последующие дисциплины/модули, практики <sup>1</sup>
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.	Архитектура беспроводных сетей; Математическая теория телетрафика	-
ОПК-1	Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы прикладной математики, фундаментальной информатики и информационных технологий	Архитектура беспроводных сетей; Математическая теория телетрафика	-
ОПК-7	Способен использовать методы научных исследований и математического моделирования в области проектирования и управления	Математическая теория телетрафика	-

<sup>1</sup> - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики	Последующие дисциплины/модули, практики <sup>1</sup>
	информационными системами;		
ПК-1	Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	Архитектура беспроводных сетей; Математическая теория телетрафика	-

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

Общая трудоемкость дисциплины «Ресурсные системы массового обслуживания» составляет 4 зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)
		3
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	54	54
Лекции (ЛК)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Практические/семинарские занятия (СЗ)	36	36
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	63	63
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	27	27
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	ак.ч.	<b>144</b>
	зач.ед.	<b>4</b>

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы <sup>2</sup>
Раздел 1. Сети массового обслуживания (СеМО)	Тема 1.1. Принципы построения математических моделей сетей массового обслуживания.	ЛК
	Тема 1.2. Открытые и замкнутые однородные экспоненциальные сети.	ЛК, СЗ
	Тема 1.3. Быстродействие и длительность обслуживания в узле сети, условия перегрузок, интенсивности потоков, частота посещения заявкой узлов сети.	ЛК, СЗ

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

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы <sup>2</sup>
Раздел 2. Математические модели телекоммуникационных систем сложной структуры	Тема 1.4. Равновесное распределение числа заявок в узлах. Рекуррентные алгоритмы расчета характеристик сети.	ЛК, СЗ
	Тема 2.1. Общий подход к построению моделей телекоммуникационных систем сложной структуры в виде системы массового обслуживания (СМО) (S, A) с ресурсами некоторой структуры S и алгоритмом A их распределения между входящими потоками заявок.	ЛК, СЗ
	Тема 2.2. Математическая модель буферизации в узле коммутации пакетов в виде СМО (S1, Au), u=1..5.	ЛК, СЗ
	Тема 2.3. Основные параметры модели фрагмента системы спутниковой связи (S2, A5).	ЛК, СЗ
Раздел 3. Управление доступом для мультисервисных СМО	Тема 3.1. Стратегии доступа: основные определения. Стратегия резервирования каналов. Координатно выпуклые стратегии.	ЛК, СЗ
	Тема 3.2. Системы уравнений глобального (СУГБ) и частичного (СУЧБ) балансов.	ЛК, СЗ
	Тема 3.3. Основные типы координатно выпуклых стратегий. Об оптимизации стратегии доступа.	ЛК, СЗ

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Компьютер/ноутбук с доступом сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета, браузер, ПО для просмотра PDF, MS Teams.
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и	-

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
	индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы обучающихся	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	Компьютер/ноутбук с доступом сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета, браузер, ПО для просмотра PDF, MS Teams.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### *Основная литература:*

1. Самуйлов К.Е., Шалимов И.А., Кулябов Д.С. Сети и системы передачи информации: телекоммуникационные сети. Уч. и практикум для академ. бакалавриата. М.: Юрайт, 2016. – 364 с.
2. Наумов В.А., Самуйлов К.Е., Гайдамака Ю.В. Мультипликативные решения конечных цепей Маркова: монография. М.: Изд-во РУДН, 2015. – 159 с.

### *Дополнительная литература:*

1. Башарин Г.П. Лекции по математической теории телетрафика: Учеб. пособие. Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: РУДН. - 2009. – 342 с.
2. Вишневский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. – М.: Техносфера. – 2003. – 512 с.
3. Ивницкий В.А. Теория сетей массового обслуживания. – М.: Физматлит. – 2004. – 772 с.
4. Jackson, James R. (Oct 1963). "Jobshop-like Queueing Systems". Management Science. 10 (1): 131–142. doi:10.1287/mnsc.1040.0268. JSTOR 2627213.
5. Gordon, W. J.; Newell, G. F. (1967). Closed Queueing Systems with Exponential Servers // Operations Research. 15 (2): 254. doi:10.1287/opre.15.2.254. JSTOR 168557.
6. Baskett, F.; Chandy, K. Mani; Muntz, R.R.; Palacios, F.G. (1975). Open, closed and mixed networks of queues with different classes of customers // Journal of the ACM. 22 (2): 248–260. doi:10.1145/321879.321887.
7. Buzen, J.P. (1973). Computational algorithms for closed queueing networks with exponential servers // Communications of the ACM. 16 (9): 527. doi:10.1145/362342.362345.

## *Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

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

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН  
<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

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

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

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

- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>

- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы:

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации  
<http://docs.cntd.ru/>

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

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

- реферативная база данных SCOPUS  
<http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

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

1. Курс лекций по дисциплине «Ресурсные системы массового обслуживания».

2. Задания для выполнения на практических занятиях о дисциплине «Ресурсные системы массового обслуживания».

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

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

---

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

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

**РАЗРАБОТЧИКИ:**

Профессор кафедры прикладной информатики и теории вероятностей



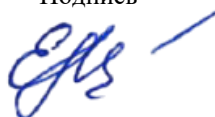
Ю.В. Гайдамака

Должность, БУП

Подпись

Фамилия И.О.

Старший преподаватель кафедры прикладной информатики и теории вероятностей



Е.Г. Медведева

Должность, БУП

Подпись

Фамилия И.О.

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

Зав. кафедрой прикладной информатики и теории вероятностей



К.Е. Самуйлов

Наименование БУП

Подпись

Фамилия И.О.

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

Доцент кафедры информационных технологий



М.Б. Фомин

Должность, БУП

Подпись

Фамилия И.О.



*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**

**Ресурсные системы массового обслуживания**  
(наименование дисциплины)

**09.04.03 — Прикладная информатика**

(код и наименование направления подготовки)

**Искусственный интеллект и анализ данных**  
(наименование профиля подготовки)

**магистр**

---

Квалификация (степень) выпускника

**Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине** Ресурсные системы массового обслуживания

Направление: 09.04.03 — Прикладная информатика  
шифр название

Код контр. компетенции или ее части	Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	Наименование оценочного средства				Баллы темы	Баллы разделов
			Выполнение ПЗ	Промежуточный контроль	Опрос	Итог. контр. знаний		
УК-1, ОПК-1, ОПК-7, ПК-1	Ресурсные сети массового обслуживания (РСМО)	Введение в СеМО. Математическая модель.	10	15	10	20	100	100
		Открытая однородная экспоненциальная СеМО (сеть Джексона).						
		Замкнутая СеМО.	10					
		Рекуррентные алгоритмы вычисления характеристик замкнутой СеМО.						
	Математические модели телекоммуникационных систем с ресурсами сложной структуры	Модель буферной памяти узла коммутации пакетов.	10	15				
		Модель разделения пропускной способности ретранслятора системы спутниковой связи.						
Управление доступом к ресурсу для мультисервисных СМО	Функция управления доступом. Стратегии доступа.	10						
	Координатно-выпуклые стратегии доступа.							
	Примеры оптимизации стратегии доступа для мультисервисных СМО.							
		<b>ИТОГО</b>	40		30	10	20	100

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций УК-1, ОПК-1,7, ПК-1  
*(в соответствии с ОС ВО РУДН)*

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

ОПК-1Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте

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

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

## Балльно-рейтинговая система оценки уровня знаний

### Сводная оценочная таблица дисциплины

Раздел	Формы контроля уровня освоения ООП				Баллы темы	Баллы раздела
	Опрос	Выполнение ДЗ	Пром. контроль (контр. работа)	Итог. контроль (тест)		
Основные понятия и определения ресурсных СМО и СеМО. Открытые однородные экспоненциальные сети	10	10	15	20	100	100
Замкнутые однородные экспоненциальные сети. Рекуррентные алгоритмы вычисления характеристик замкнутой сети		10				
Математическая модель буферизации в узле коммутации пакетов в виде СМО (S1, Au), u=1..5.		10	15			
Основные параметры модели фрагмента системы спутниковой связи (S2, Au), u=1..5.		10				
Управление доступом к ресурсу для мультисервисных РСМО			10			
	<b>10</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>20</b>		<b>100</b>

### **Соответствие БРС системам оценок**

Соответствие систем оценок (используемых ранее оценок итоговой академической успеваемости, оценок ECTS и балльно-рейтинговой системы (БРС) оценок текущей успеваемости):

<b>Баллы БРС</b>	<b>Традиционные оценки в РФ</b>	<b>Баллы для перевода оценок</b>	<b>Оценки</b>	<b>Оценки ECTS</b>
86 - 100	5	95 - 100	5+	A
		86 - 94	5	B
69 - 85	4	69 - 85	4	C
51 - 68	3	61 - 68	3+	D
		51 - 60	3	E
0 - 50	2	31 - 50	2+	FX
		0 - 30	2	F

### **Правила применения БРС**

- Максимальное число баллов, набранных в семестре по дисциплине – 100.
- Раздел дисциплины считается выполненным, если студент набрал более 50% от возможного числа баллов по этому разделу дисциплины.
- Студент не может быть аттестован по дисциплине, если он не освоил все темы и разделы дисциплины.
- Студенты обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем.
- Отсрочка в прохождении мероприятий текущего контроля успеваемости считается уважительной только в случае болезни студента, что подтверждается наличием у него медицинской справки, предоставляемой преподавателю дисциплины не позднее двух недель после выздоровления. В этом случае выполнение контрольных мероприятий осуществляется после выздоровления студента в срок, назначенный преподавателем дисциплины. В противном случае, отсутствие студента на контрольном мероприятии признается не уважительным.
- Использование источников (в том числе конспектов лекций и практических занятий) во время проведения экзамена возможно только с разрешения преподавателя.
- Время, которое отводится студенту на подготовку к ответу на экзамен, устанавливается преподавателем. По завершении отведённого времени студент должен быть готов сдавать экзамен преподавателю, вне зависимости от того, завершена или нет его подготовка.
- Отсрочка в передаче контрольных мероприятий дисциплины считается уважительной только в случае болезни студента, что подтверждается наличием у него медицинской справки. В этом случае выполнение контрольных мероприятий осуществляется после выздоровления студента в срок, назначенный преподавателем.
- Студент допускается к итоговой контрольной работе с любым количеством баллов, набранным в семестре.
- Если в итоге за семестр студент получил неудовлетворительную оценку (0-50 баллов), то ему разрешается добор необходимого (до 51) количества баллов. Добор баллов осуществляется путем повторного одноразового выполнения предусмотренных контрольных мероприятий, при этом по усмотрению преподавателя аннулируются соответствующие предыдущие результаты. Ликвидация задолженностей проводится в согласованные с деканатом сроки в соответствии с действующими локальными нормативными актами

## *Критерии оценки по дисциплине*

### 95-100 баллов:

- полное выполнение контрольных работ;
- высокий уровень культуры исполнения контрольных работ;
- активное участие в мероприятиях, предусмотренных программой дисциплины;
- систематизированное, глубокое и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- точное и методически обоснованное определение цели и задач деятельности по дисциплины с учетом отраслевой специфики;
- 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 в нестандартных производственных ситуациях;
- полная самостоятельность и творческий подход при изложении материала по программе дисциплины;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы (в том числе при необходимости нормативных и законодательных актов), рекомендованной программой дисциплины и преподавателем.

### 86- 94 балла:

- полное выполнение контрольных работ;
- высокий уровень культуры исполнения контрольных работ;
- участие в мероприятиях, предусмотренных программой дисциплины;
- систематизированное, глубокое и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- точное и методически обоснованное определение цели и задач деятельности по практике с учетом отраслевой специфики;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение программным обеспечением, умение эффективно использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать поставленные задачи в нестандартных производственных ситуациях;
- усвоение основной и дополнительной литературы, нормативных и законодательных актов, рекомендованных программой дисциплины и преподавателем.

### 69-85 баллов:

- частичное выполнение контрольных работ;
- высокий уровень культуры исполнения контрольных работ;
- участие в мероприятиях, предусмотренных программой дисциплины;
- систематизированное, глубокое 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 и дополнительной литературы, нормативных и законодательных актов, рекомендованных программой дисциплины;

#### 51-68 баллов:

- частичное выполнение контрольных работ;
- участие в мероприятиях, предусмотренных программой дисциплины;
- достаточно полные и систематизированные навыки и компетенции в объеме программы дисциплины;
- владение программным обеспечением по разделам программы практики, умение использовать его в решении учебных и профессиональных задач;
- использование необходимой научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках программы дисциплины;
- усвоение основной литературы, нормативных и законодательных актов, по разделам программы дисциплины;

#### 31 - 50 баллов – НЕ ЗАЧТЕНО:

- невыполнение контрольных работ;
- пассивность при выполнении общественных поручений, низкий уровень культуры исполнения 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;
- знание части основных нормативных и законодательных актов по разделам программы дисциплины.

#### 0-30 баллов, НЕ ЗАЧТЕНО:

- отсутствие умений, навыков, знаний и компетенции в рамках программы дисциплины;
- невыполнение домашних заданий; отказ от ответа по программе дисциплины;
- игнорирование мероприятий по дисциплине по неуважительной причине.

### *Примерный перечень вопросов итогового испытания по дисциплине*

1. Сеть массового обслуживания, в которой несколько типов заявок, различающихся временами обслуживания в каждом узле называется
  - неоднородной
  - однородной
  - незамкнутой
  - замкнутой
  - сложной
  
2. В контексте курса «Управление качеством и вероятностные модели функционирования сетей связи следующего поколения», МСС расширяется как
  - мультисервисная сеть связи
  - международный союз связи
  - моносервисные служебные системы
  - множество случайных сред
  - международные системы связи
  
3. Маршрутом заявки по открытой сети управляет
  - начальный вектор  $\alpha$  и вложенная по моментам поступления в узлы простая однородная и поглощающая цепь Маркова с матрицей переходных вероятностей
  - только начальный вектор  $\alpha$
  - начальное распределение
  - начальное распределение и простая однородная цепь Маркова  $M, \theta >$ , вложенная по моментам завершения обслуживания в узлах сети
  - поглощающая цепь Маркова с матрицей переходных вероятностей
  
4. Сеть Джексона обозначается  $Q_0 = M_0, \theta_0, \lambda_0; \mu_i, c_i, r_i = \infty, i \in M; FCFS >$ , где
  - $\lambda_0$  постоянная интенсивность поступления пуассоновского потока заявок;  $c_i$  число приборов в узле;  $1/\mu_i$  средняя длительность обслуживания в узле;  $\theta_0$  стохастическая маршрутная матрица.
  - $\lambda_0$  постоянная интенсивность поступления пуассоновского потока заявок;  $c_i$  число приборов в узле;  $\mu_i$  средняя длительность обслуживания в узле;  $\theta_0$  стохастическая маршрутная матрица
  - $1/\lambda_0$  постоянная интенсивность поступления пуассоновского потока заявок;  $c_i$  число приборов в узле;  $1/\mu_i$  средняя длительность обслуживания в узле;  $\theta_0$  стохастическая маршрутная матрица
  - $1/\lambda_0$  постоянная интенсивность поступления экспоненциального потока заявок;  $c_i$  количество мест в очереди;  $1/\mu_i$  средняя длительность обслуживания в узле;  $\theta_0$  стохастическая маршрутная матрица
  - $\lambda_0$  постоянная интенсивность поступления пуассоновского потока заявок;  $c_i$  количество мест в очереди;  $1/\mu_i$  средняя длительность обслуживания в узле;  $\theta_0$  стохастическая маршрутная матрица
  
5. Суммарная интенсивность всех стационарных потоков, поступающих на  $j$ -узел
  - $\lambda_j = \sum_{i \in M_0} \lambda_{ij}$



- $\lambda_{.j} = \sum_{i \in M_0} \lambda_{ij}$
- $\lambda_{.j} = \sum_{j \in M_0} \lambda_j$
- $\lambda_{.j} = \lambda_{ij} \sum_{j \in M_0} \alpha_j \lambda_j$
- $\lambda_{.j} = \lambda_j \sum_{j \in M_0} \alpha_j$

6. «Если матрица  $\theta$  замкнутой экспоненциальной сети  $Q$  неразложима, то у описывающего марковского процесса независимо от начального распределения существует равновесное распределение мультипликативного вида

$$p(n) = G^{-1}(M, N) \prod_{i=1}^M \frac{d_i^{n_i}}{\beta_i(n_i)}, d_i = \frac{h_i}{\mu_i}, n \in D(M, N).$$

Это формулировка

- Теоремы Gordon-Newell
- Условия эргодичности
- Теоремы Джексона
- Теоремы о равновесном распределении
- Второй теоремы о равновесном распределении

7. Что из перечисленного НЕ является координатно-выпуклой стратегией?

- Стратегия сокращения
- Полнодоступная стратегия
- Стратегия полного разделения
- Стратегия разделения
- Пороговая стратегия

8. Если узел  $i$  - ... , то независимо от числа линий в остальных узлах в закрытой

$$\text{СеМО } EX(n) = G^{-1}(M, N) \prod_{i=1}^M \frac{d_i^{n_i}}{\beta_i(n_i)}, d_i = \frac{h_i}{\mu_i}, n \in D(M, N)$$

- однолинейный
- замкнутый
- маргинальный
- открытый
- начальный

9. В открытой однородной экспоненциальной сети (сеть Джексона) среднее время пребывания заявки в  $i$ -узле вычисляется по формуле...

$$\begin{aligned} & - \frac{1}{\mu_i(1-\rho_i)} \\ & - \frac{1}{(1-\rho_i)} \\ & - \frac{1}{N} \\ & - \frac{\mu_i(1-\rho_i)}{n\rho} \\ & - \frac{\mu_i(1-\rho_i)}{1} \\ & - \frac{1}{\mu_i\rho_i} \end{aligned}$$

10. Дана открытая СМО с общей памятью и выделенными приборами с параметрами:  $K = 2, C = 6, b_1 = 2, b_2 = 3, w_1 = 1, w_2 = 2, \lambda_1 = 1, \lambda_2 = 1, \mu_1 = 1, \mu_2 = 2$

Что из перечисленного является пространством состояний для  $S(f)$ ?

- $S(f) = \{(0,0), (0,1), (0,2), (1,0), (1,1), (2,0), (3,0)\}$

- $S(f) = \{(0,0), (0,2), (1,0), (1,1), (2,0), (3,0)\}$
- $S(f) = \{(0,0), (0,1), (0,2), (1,0), (1,1), (2,0), (3,0), (3,1)\}$
- $S(f) = \{(0,0), (0,1), (0,2), (1,0), (1,1)\}$
- $S(f) = \{(0,0), (0,1), (1,0), (1,1), (2,0), (3,0), (3,1)\}$

11. Для замкнутой однородной экспоненциальной сети среднее значение суммарной трудоемкости вычисляется по формуле...

$$\begin{aligned}
 & - \frac{h_i}{\mu_i} \\
 & - \frac{\lambda_i}{\mu_i} \\
 & - \lambda \\
 & - \frac{\rho}{(1-\rho_i)} \\
 & - \frac{h_i}{\mu_i \rho_i}
 \end{aligned}$$

12. В контексте курса «Управление качеством и вероятностные модели функционирования сетей связи следующего поколения», ПП расшифровывается как

- пуассоновский поток
- потенциал потока
- прямой поток
- первое поколение
- полный переход

13. Что такое сеть связи?

- Совокупность ресурсов (оборудования, программных средств, данных), обеспечивающая реализацию служб.
- Сеть, узлы которой представляют собою системы массового обслуживания
- Сеть передачи данных общего пользования
- Сотовая сеть подвижной связи
- Телефонная сеть общего пользования

14. Рассмотрим  $v$ -линейную СМО с  $r$  местами для ожидания, одним обслуживающим прибором, на которую поступает ПП однородных заявок с постоянной интенсивностью  $\lambda$ , а длительности обслуживания заявок независимы и имеют идентичное экспоненциальное распределение с интенсивностью  $\mu$ . Каково поведение системы, если на приборе находится одна заявка, в очереди  $r$ , и в систему поступает ещё одна заявка?

- заявка теряется
- система создаёт дополнительное место в очереди для новой поступившей заявки
- система заканчивает обслуживание заявки на приборе и принимает только что поступившую заявку
- система блокируется
- ничего из вышеперечисленного

15. Для открытой СМО с функцией доступа  $f$  и пространством состояний  $S(f)$  формула  $W(f) := \sum_{n \in S(f)} w(n) p_f(n)$ , где  $w(n) = \sum_{k=1}^K w_k(n_k)$ ,  $p_f(n) = p_1(n_1) * \dots * p_K(n_K)$ ,  $n \in \Omega$  означает

- средняя интенсивность увеличения дохода
- равновесное распределение мультипликативного вида
- среднее значение суммарной трудоёмкости
- среднее число заявок в сети
- частота посещения  $i$ -го узла

### **Перечень вопросов для опроса**

1. Что такое сеть массового обслуживания (СМО).
2. Что такое открытая/замкнутая СМО.
3. Что такое однородная/неоднородная СМО.
4. Какие типы систем массового обслуживания (СМО) Вы знаете.
5. Поясните классификацию СМО по Кенделлу.
6. Функция распределения длительности обслуживания заявок в экспоненциальном узле.
7. Закон сохранения работы.
8. Обозначения множества узлов СМО, с пояснениями.
9. Пуассоновский поток первого и второго рода.
10. Понятие маршрутной матрицы.
11. Условие стохастичности маршрутной матрицы.
12. Условие А.
13. Вектора входа и выхода в/из СМО.
14. Запись стохастической маршрутной матрицы для открытой и замкнутой сети.
15. Определение сети Джексона и пояснение всех ее компонент.
16. Быстродействие узла.
17. Условие эргодичности. Другое его название.
18. Как определяется интенсивность потоков в сети.
19. Вид матрицы переходных вероятностей на  $n$ -м шаге для соответствующей цепи Маркова.
20. Теорема о равновесном распределении числа заявок в узлах.
21. СУГБ и СУЧБ для сети Джексона. Пояснение переходов.
22. Равновесное маргинальное распределение числа заявок в одном узле.
23. Пояснение отсутствия компонентной независимости.
24. Перечень характеристик производительности узла и сети в целом.
25. Определение замкнутой сети и пояснение всех ее компонент.
26. Определить пространство состояний случайного процесса, описывающего обслуживание заявок в сети Джексона.
27. Теорема Gordon-Newell.
28. Доказательства свойств нормирующей константы.
29. Таблица рекуррентного расчета нормирующей константы. Пояснение хода рекурсии.
30. Характеристики производительности узлов замкнутой сети. Доказательства теорем и лемм.
31. Описание математической модели буферизации в узле коммутации пакетов.
32. Частные случаи математической модели буферизации в узле коммутации пакетов.
33. Пояснение переходов между всеми случаями математической модели буферизации в узле коммутации пакетов.

34. Описание математической модели фрагмента системы спутниковой связи.
35. Частные случаи математической модели фрагмента системы спутниковой связи.
36. Пояснение переходов между всеми случаями математической модели фрагмента системы спутниковой связи.
37. СУГБ и СУЧБ для математической модели фрагмента системы спутниковой связи. Пояснение переходов.
38. Равновесное распределение для математической модели фрагмента системы спутниковой связи.
39. Определение вероятностей потерь, различного рода интенсивностей при поступлении заявок, пропускной способности ретранслятора.
40. Функция управления доступом.
41. Полнодоступная стратегия доступа (Complete Sharing, CS).
42. Стратегия доступа с резервированием каналов (Trunk Reservation Policy, TRP).
43. Мультипликативность стационарного распределения с использованием стратегий доступа.
44. СУГБ и СУЧБ для математической модели с управлением доступом. Пояснение переходов.
45. Определение координатно-выпуклого подмножества.
46. Определение координатно-выпуклой стратегии.
47. Примеры координатно-выпуклых стратегий.
48. Описание математической модели ШЦЛ с индивидуальными потолками.
49. Вложенность стратегий доступа.
50. Описание стратегии доступа для системы с общей памятью и выделенными приборами.
51. Описание стратегии доступа для системы без мест для ожидания.
52. Определение легкого и тяжелого трафика.

**Примерный перечень задач для домашнего задания**

Дано: Сеть Джексона (рис.1) с параметрами  $M = 3, \lambda_0 = 0.5, \mu_1 = 0.5, \mu_2 = 1,$

**Задача №1.**

$\mu_3 = 1.5, c_1 = 3, c_2 = 1, c_3 = 2, r_i = \infty, i = \overline{1,3}.$

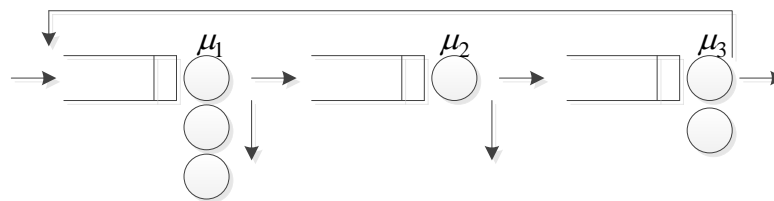


Рис. 1. Сеть Джексона.

$\Theta_0$	0	1	2	3
0	0	1	0	0
1	0.5	0	0.5	0
2	0.75	0	0	0.25
3	0.2	0.8	0	0

Задания:

- 1) найти  $\lambda_i, i = \overline{1,3}$  по формулам (3.10)-(3.11) [3].
- 2) выписать матрицу интенсивностей  $\Lambda_0$ ;

3) найти  $\lambda_i, i = \overline{1,3}$  в матричном виде по формуле (3.12) [3];

4) проверить условие отсутствия перегрузки;

Замкнутая сеть (рис.2) с параметрами  $M = 3, N = 4, \mu_1 = 0.5 \frac{\text{заявок}}{c}, \mu_2 = 1 \frac{\text{заявок}}{c},$

**Задача №2.**

$\mu_3 = 1 \frac{\text{заявок}}{c}, c_1 = 3, c_2 = 1, c_3 = 2, r_i = N, i = \overline{1,3}.$

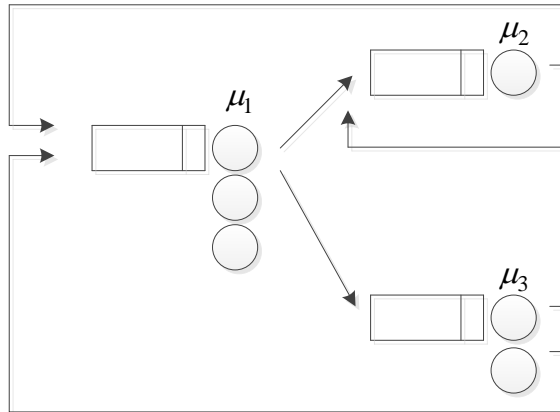


Рис. 2. Замкнутая сеть.

$\Theta$	1	2	3
1	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$
2	1	0	0
3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0

Задания:

1) выписать пространство состояний  $D(M, N)$  и найти  $D(M, N)$ ;

2) найти среднее число  $h_i$  посещений узла  $i, i = \overline{1,3}$ ;

3) найти среднее значение  $d_i$  суммарной трудоемкости, предъявляемой каждой заявкой узлу  $i, i = \overline{1,3}.$

**Задача №3.** Система со стратегией резервирования каналов с параметрами:  $K = 2, C = 9, b_1 = 2, b_2 = 1, t_1 = 3, t_2 = 2.$

1) Построить пространства  $S$  и  $S(\mathbf{f})$ , разметить возможные переходы в  $S(\mathbf{f})$ . Подобрать такие параметры  $t_1$  и  $t_2$  для системы  $\Pi$ , чтобы состояние  $(3,1)$  принадлежало пространству  $S(\mathbf{f})$ , а состояние  $(4,0)$  - не принадлежало.

2) Выписать функцию  $f_k(\mathbf{n})$  и соответствующие подпространства  $S_k(\mathbf{f})$  и  $\bar{S}_k(\mathbf{f}), k = 1,2.$

# Комплект заданий для промежуточного контроля знаний

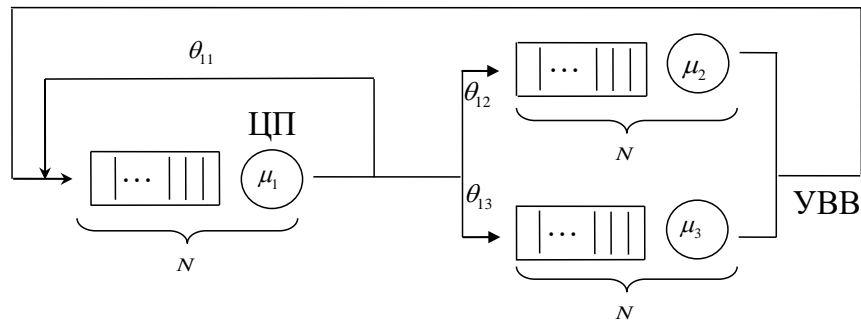
Промежуточный контроль знаний проводится в форме контрольной работы по всем темам и разделам дисциплины.

## Примерный вариант промежуточного контроля знаний

### Задание 1.

Дано: замкнутая СеМО с параметрами  $M = 3, N=10, \mu_1 = 2, \mu_2 = \mu_3 = 1, \theta_{11} = 0.1, \theta_{1i} = \frac{1-\theta_{11}}{2}, i = 2,3$ . Найти

- 1)  $UTIL_i = 1 - p_i(0), TH_i = \lambda_i, EX_i, i = \overline{1,3}$ ;
- 2) пропускную способность (throughput) СеМО, т.е.  $TH = \lambda_2 + \lambda_3$



### Задание 2.

Управление доступом с резервированием. Дано:  $V = 6, K = 2, b_1 = b_2 = 1, t_1 = 0, t_2 = 2$ . Построить пространство  $S$  и разметить возможные переходы; привести  $f_k(n)$  и соответствующие подпространства  $S_k$  и  $\bar{S}_k, k = 1,2$ .