

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

Модели ресурсных систем массового обслуживания

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 (профиль) программы

Управление инфокоммуникациями и интеллектуальные системы

Квалификация (степень) выпускника магистр

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

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью освоения дисциплины 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.

Задачей дисциплины является обучение студентов методам анализа производительности телекоммуникационных сетей на примере ресурсных систем сложной структуры с учетом механизмов управления ресурсами, включая доступ к ресурсам и их распределение в мультисервисных сетях. Также задачей является знакомство с классическими вычислительными алгоритмами расчета характеристик РСМО, соответствующих показателям качества функционирования отдельных элементов сетей, а также сети в целом; освоение и исследование точных и приближенных методов анализа качества обслуживания в телекоммуникационных сетях.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина «Модели ресурсных систем массового обслуживания» относится к обязательной части блока 1 учебного плана.

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			
	УК-1, УК-7	Моделирование беспроводных сетей, Методы стохастического анализа телекоммуникаций, Математическая теория телетрафика	-
Общепрофессиональные компетенции			
	ОПК-1	Моделирование беспроводных сетей, Методы стохастического анализа телекоммуникаций, Математическая теория телетрафика	-
Профессиональные компетенции (тип задач профессиональной деятельности научно-исследовательский)			
	ПК-1	Моделирование беспроводных сетей, Методы стохастического анализа телекоммуникаций, Математическая теория телетрафика	-
Профессионально-специализированные компетенции специализации			
		-	-

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.

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

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1, 7, ОПК-1, ПК-1.

(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

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

- **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

В результате изучения дисциплины студент должен

знать основные понятия и определения, относящиеся к теории ресурсных систем массового обслуживания; методы построения математических моделей с помощью аппарата РСМО для описания и исследования процессов предоставления и разделения ресурсов в телекоммуникационных сетях;

уметь моделировать отдельные функциональные элементы исследуемых систем, включая телекоммуникационные сети, с применением аппарата РСМО; проводить исследование построенной модели системы, получать ее вероятностные характеристики, требующиеся для анализа показателей производительности системы; использовать изученные методы и принципы при разработке моделей и анализе качества обслуживания для реальных телекоммуникационных сетей;

владеть точными и приближенными методами исследования и анализа моделей сетей и систем телекоммуникаций.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

№	Вид учебной работы	Всего часов	Семестр (модуль)
			Семестр 3, модуль 6
1.	Контактные часы (всего)	36	36
	Лекции (Л)	18	18
	Практические занятия (ПЗ)	18	18
2.	Самостоятельная работа студентов (ак. часов)	72	72
3.	Общая трудоемкость (ак. часов)	108	108
4.	Общая трудоемкость (зачетных единиц)	3	3

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)
1.	Ресурсные сети массового обслуживания	Ресурсные системы и ресурсные сети массового обслуживания. Принципы построения математических моделей сетей массового обслуживания. Открытые и замкнутые однородные экспоненциальные сети. Быстродействие и длительность обслуживания в узле сети, условия перегрузок, интенсивности потоков, частота посещения заявкой узлов сети. Равновесное

		распределение числа заявок в узлах. Рекуррентные алгоритмы расчета характеристик сети.
2.	Математические модели телекоммуникационных систем с ресурсами сложной структуры	Общий подход к построению моделей телекоммуникационных систем сложной структуры в виде ресурсной системы массового обслуживания (S, A) с ресурсами некоторой структуры S и алгоритмом A их распределения между входящими потоками заявок. Математическая модель буферизации в узле коммутации пакетов в виде СМО (S1, Au), u=1..5. Основные параметры модели фрагмента системы спутниковой связи (S2, Au), u=1..5.
3.	Управление доступом к ресурсу для мультисервисных РСМО	Стратегии доступа: основные определения. Стратегия резервирования каналов. Координатно-выпуклые стратегии. Системы уравнений глобального и частичного балансов. Основные типы координатно-выпуклых стратегий. Об оптимизации стратегии доступа.

5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	СРС	Контроль	Все-го час.
1.	Ресурсные сети массового обслуживания	9	9	15	9	42
2.	Математические модели телекоммуникационных систем с ресурсами сложной структуры	6	6	15	9	36
3.	Управление доступом к ресурсу для мультисервисных РСМО	3	3	15	9	30
Итого:		18	18	45	27	108

6. Лабораторный практикум

Не предусмотрено

7. Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Трудоемкость (час.)
1.	1	СеМО. Описание модели	4
2.	1	Открытые однородные экспоненциальные сети	4
3.	1	Замкнутые однородные экспоненциальные сети	2
4.	1	Рекуррентные алгоритмы вычисления характеристик замкнутой сети	2
5.	2	Математическая модель буферизации в узле коммутации пакетов	2
6.	2	Математическая модель фрагмента системы спутниковой связи	2
7.	3	Стратегии доступа	1
8.	3	Координатно-выпуклые стратегии	1
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 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/>

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) 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. Мультипликативные решения конечных цепей Маркова : 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

б) дополнительная литература и источники Интернет

3. Лекции по математической теории телетрафика : учебное пособие / Г.П. Башарин. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Изд-во РУДН, 2010. - 346 с. - ISBN 978-5-209-03058-4 : 199.45.
4. Вишневский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. – М.: Техносфера. – 2003. – 512 с.
5. Ивницкий В.А. Теория сетей массового обслуживания. – М.: Физматлит. – 2004. – 772 с.
6. Jackson, James R. (Oct 1963). "Jobshop-like Queueing Systems". *Management Science*. 10 (1): 131–142. doi:10.1287/mnsc.1040.0268. JSTOR 2627213.
7. 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.
8. 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.
9. 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.

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

Курс включает в себя 4 домашних работы. В курсе предусмотрено два промежуточных контроля знаний и итоговая аттестация.

Промежуточный контроль знаний № 1 осуществляется в виде выполнения письменного контрольной работы №1, включающего 1 задачу вычислительно-алгоритмического характера на применение модели открытой однородной экспоненциальной сети массового обслуживания.

Промежуточный контроль знаний № 2 осуществляется в виде выполнения письменного контрольной работы № 2, включающего задачи аналитического и вычислительно-алгоритмического характера на применение модели замкнутой однородной экспоненциальной сети массового обслуживания, модели буферной памяти узла коммутации пакетов, модели разделения пропускной способности ретранслятора системы спутниковой связи, теории координатно-выпуклых стратегий доступа.

Итоговая аттестация осуществляется в виде тестирования, включающего вопросы по темам №1-8 курса.

Примерный перечень задач домашнего задания № 1

Задача 1.

Дано: экспоненциальная открытая СеМО (сеть Джексона)

Для исходных данных задачи найти:

- ▲ интенсивности поступления заявок в узлы СеМО.
- ▲ частоты посещения узлов;
- ▲ условие эргодичности;
- ▲ стационарные вероятности;
- ▲ среднее число заявок в узлах;
- ▲ среднее число заявок в сети N ;
- ▲ среднее время пребывания в узле;
- ▲ среднее время пребывания в сети U .

Исследовать производительность сети (получить результаты с точностью до 3 знаков после запятой):

Примерный перечень задач домашнего задания № 2

Для случая $M=2$ или $M=3$ изобразить диаграммы интенсивностей переходов при глобальном и частичном балансе. Выписать СУГБ, СУЧБ и равновесное распределение при $c_1=1, c_2=2, c_3=3$.

Задача 1.

Получить из СУГБ для открытой сети СУГБ для замкнутой сети. Из СУЧБ получить СУЧБ.

Примерный перечень задач домашнего задания №3

Задача 1.

Дано: замкнутая СеМО с заданными параметрами.

Найти: $UTIL, EX, TH$ для каждого узла СеМО.

Построить: графики TH в зависимости от ср. времени обслуживания для разных переходных вероятностей между узлами и разного числа заявок в СеМО;

Задача 2.

- а) Для модели буферной памяти БП в узле КП типа (S1, Au), $u=1..5$ построить и улучшить рис. 5.2, сопроводив его рисунками для каждого из 5 случаев
б) (факультативно) Выполнить аналогичную работу для модели CCC (S2, Au), $u=1..5$.

Примерный перечень задач домашнего задания №4

Задача 1.

Для исходных данных задачи 4.3 Прил. Г ([3] стр. 322) построить пространство S и разметить возможные переходы; привести функцию управления доступом и соответствующие подпространства приема и блокировки для обоих потоков.

Задача 2.

Для исходных данных задачи 4.4 Прил. Г ([3] стр. 322) построить пространство S и разметить возможные переходы; привести функцию управления доступом и соответствующие подпространства приема и блокировки для обоих потоков.

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:

профессор кафедры прикладной информатики и теории вероятностей



Ю.В. Гайдамака

Руководитель программы

Заведующий кафедрой прикладной информатики и теории вероятностей



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

Модели ресурсных систем массового обслуживания
(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) выпускник

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине Модели ресурсных систем массового обслуживания

Направление: 02.04.02 — Фундаментальная информатика и информационные технологии

шифр

название

Распределение баллов по формам контроля и темам дисциплины

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, УК-7, ОПК-1, ПК-1	Ресурсные сети массового обслуживания (РСМО)	Введение в СеМО. Математическая модель.	10	15			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					10	20
		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.									
ИТОГО			40		30	10	20	100	100	

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций
(в соответствии с ОС ВО РУДН)

УК-1,7, ОПК-1, ПК-1

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

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

- **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

Балльно-рейтинговая система оценки уровня знаний

Для оценки результатов освоения дисциплины применяется балльно-рейтинговая система (БРС). Работа в семестре по БРС оценивается следующим образом:

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				
	10	40	30	20		100

Соответствие БРС системам оценок

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

Баллы БРС	Традиционные оценки в РФ	Баллы для перевода оценок	Оценки	Оценки ECTS
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

1. Максимальное число баллов, набранных в семестре по дисциплине – 100.
2. Раздел дисциплины считается выполненным, если студент набрал более 50% от возможного числа баллов по этому разделу дисциплины.
3. Студент не может быть аттестован по дисциплине, если он не освоил все темы и разделы дисциплины.
4. Студенты обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем.
5. 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.
6. Использование источников (в том числе конспектов лекций и практических занятий) во время проведения экзамена возможно только с разрешения преподавателя.
7. 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.
8. 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.
9. Студент допускается к итоговой контрольной работе с любым количеством баллов, набранным в семестре.
10. 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 расшифровывается 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 α и вложенная по моментам поступления в узлы простая однородная и поглощающая цепь Маркова с матрицей переходных вероятностей
 - только начальный вектор α
 - начальное распределение
 - начальное распределение и простая однородная цепь Маркова $\langle M, \theta \rangle$, вложенная по моментам завершения обслуживания в узлах сети
 - поглощающая цепь Маркова с матрицей переходных вероятностей
4. Сеть Джексона обозначается $Q_0 = \langle M_0, \theta_0, \lambda_0; \mu_i, c_i, r_i = \infty, i \in M; FCFS \rangle$, где
 - λ_0 постоянная интенсивность поступления пуассоновского потока заявок; c_i число приборов в узле; $1/\mu_i$ средняя длительность обслуживания в узле; θ_0 стохастическая маршрутная матрица
 - λ_0 постоянная интенсивность поступления пуассоновского потока заявок; c_i число приборов в узле; μ_i средняя длительность обслуживания в узле; θ_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; θ_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; θ_0 стохастическая маршрутная матрица
 - λ_0 постоянная интенсивность поступления пуассоновского потока заявок; c_i количество мест в очереди; $1/\mu_i$ средняя длительность обслуживания в узле; θ_0 стохастическая маршрутная матрица
5. Суммарная интенсивность всех стационарных потоков, поступающих на j -узел
 - $\lambda_{.j} = \sum_{i \in M_0} \lambda_{ij}$
 - $\lambda_{.j} = \sum_{j \in M_0} \lambda_{ij}$
 - $\lambda_{.j} = \sum_{j \in M_0} \lambda_j$
 - $\lambda_{.j} = \lambda_{ij} \sum_{j \in M_0} \alpha_j \lambda_j$
 - $\lambda_{.j} = \lambda_j \sum_{j \in M_0} \alpha_j$

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

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

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 СеМО

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

- 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 $S(\mathbf{f})$?

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

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 λ , а длительности обслуживания заявок независимы и имеют идентичное экспоненциальное распределение с интенсивностью μ . 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 \mathbf{f} и пространством состояний $S(\mathbf{f})$ формула $W(\mathbf{f}) := \sum_{\mathbf{n} \in S(\mathbf{f})} w(\mathbf{n}) p_{\mathbf{f}}(\mathbf{n})$, где $w(\mathbf{n}) = \sum_{k=1}^K w_k(n_k)$, $p_{\mathbf{f}}(\mathbf{n}) = p_1(n_1) * \dots * p_K(n_K)$, $\mathbf{n} \in \Omega$ 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 (СеМО).
2. Что такое открытая/замкнутая СеМО.
3. Что такое однородная/неоднородная СеМО.
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 СеМО, 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 СеМО.
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

Задача №1. Дано: Сеть Джексона (рис.1) с параметрами $M = 3$, $\lambda_0 = 0.5$, $\mu_1 = 0.5$, $\mu_2 = 1$, $\mu_3 = 1.5$, $c_1 = 3$, $c_2 = 1$, $c_3 = 2$, $r_i = \infty$, $i = \overline{1,3}$.

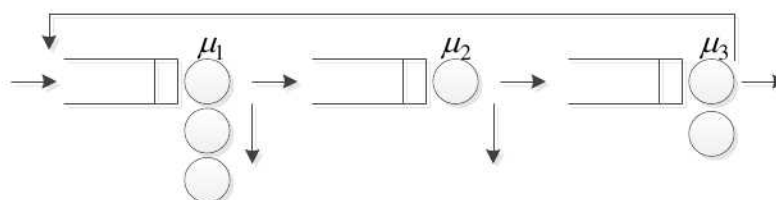


Рис. 1. Сеть Джексона.

Θ_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 λ_i , $i = \overline{1,3}$ по формулам (3.10)-(3.11) [3].
- 2) выписать матрицу интенсивностей Λ_0 ;
- 3) найти λ_i , $i = \overline{1,3}$ в матричном виде по формуле (3.12) [3];
- 4) проверить условие отсутствия перегрузки;

Задача №2. Замкнутая сеть (рис.2) с параметрами $M = 3$, $N = 4$, $\mu_1 = 0.5$ заявок/с, $\mu_2 = 1$ заявок/с, $\mu_3 = 1$ заявок/с, $c_1 = 3$, $c_2 = 1$, $c_3 = 2$, $r_i = N$, $i = \overline{1,3}$.

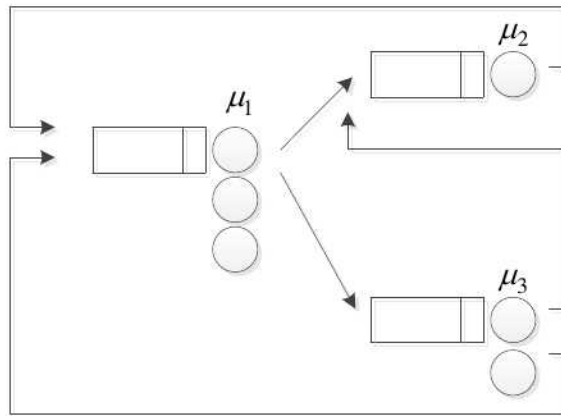


Рис. 2. Замкнутая сеть.

Θ	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 Π , 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.

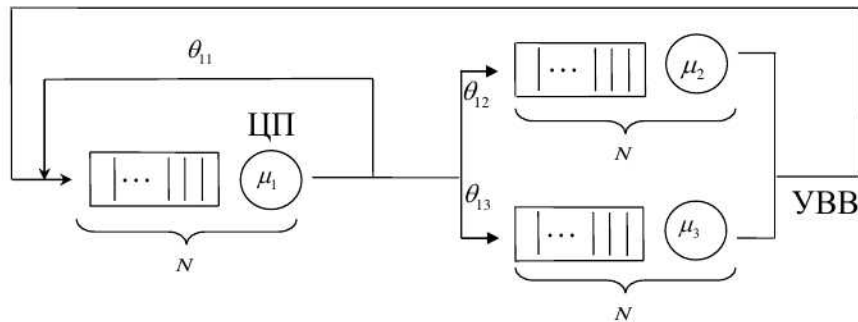
Примерный вариант промежуточного контроля знаний

Задание 1.

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

$\theta_{ii} = \frac{1 - \theta_{11}}{2}$, $i = 2, 3$. 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 $f_k(\mathbf{n})$ и соответствующие подпространства S_k и \bar{S}_k , $k = 1, 2$.