

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета информационных
технологий и компьютерной безопасности


/ П.Ю. Гусев /
И.О. Фамилия
«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
«Системы массового обслуживания»**

Направление подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Профиль (специализация) Вычислительные машины, комплексы, системы и сети

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.

Форма обучения Очная/ Заочная

Год начала подготовки 2019 г.

Автор программы _____  / С.А. Олейникова /
подпись

Заведующий кафедрой
Автоматизированных и
вычислительных систем
_____  / В.Ф. Барабанов/
подпись

Руководитель ОПОП
_____  / С.Л. Подвальный /
подпись

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель дисциплины состоит в приобретении студентами умений и навыков, позволяющих получать характеристики сложных объектов с помощью аппарата систем массового обслуживания, а также анализировать и оптимизировать функционирование таких объектов

1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучение студентами основных подходов, позволяющих получить математические зависимости характеристик объектов от известных стохастических исходных данных, описывающих специфику потока заявок и обслуживающих устройств;
- овладение навыками анализа функционирования сложных обслуживающих устройств с помощью аппарата массового обслуживания и средств вычислительной техники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Системы массового обслуживания» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Системы массового обслуживания» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 – Способен обосновывать проектные решения, проверять их корректность и эффективность

ПК-2 – Способен проектировать и разрабатывать компоненты программных комплексов и информационных систем, используя современные технологии программирования и инструментальные средства разработки

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	<p>Знать методики анализа систем массового обслуживания</p> <p>Уметь выполнять все этапы для получения характеристик систем массового обслуживания: описывать функционирование систем с помощью графа состояний, получать на его основе системы алгебраических уравнений и, решая их, находить требуемые характеристики</p> <p>Владеть методами получения аналитических и численных характеристик обслуживающих систем, а также методиками проверки их корректности и эффективности</p>
ПК-2	<p>Знать возможности существующих современных программных продуктов для получения характеристик систем массового обслуживания</p> <p>Уметь использовать известные закономерности для расчета требуемых параметров систем массового обслуживания</p> <p>Владеть методиками применения современных технологий для анализа и оптимизации систем массового обслуживания</p>

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Системы массового обслуживания» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		6	
Аудиторные занятия (всего)	54	54	
В том числе:			
Лекции	18	18	
Лабораторные работы (ЛР)	36	36	
Самостоятельная работа	54	54	
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+	
Общая трудоемкость:			
академические часы	108	108	
зач.ед.	3	3	

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		8	
Аудиторные занятия (всего)	16	16	
В том числе:			
Лекции	4	4	
Лабораторные работы (ЛР)	12	12	
Самостоятельная работа	88	88	
Контрольная работа	+	+	
Часы на контроль	4	4	
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+	
Общая трудоемкость:			
академические часы	108	108	
зач.ед.	3	3	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	CPC	Всего, час
1	Введение в системы массового обслуживания	Случайные процессы и их классификация. Марковские случайные процессы. Цепи Маркова. Уравнения Колмогорова-Чепмена для цепей Маркова. Пример использования. Граф состояний. Дискретные марковские процессы. Уравнения Колмогорова. Пример использования. Простейший поток и его свойства. Обобщения простейшего потока	4	4	28	36

2	Классические системы массового обслуживания	Предмет теории массового обслуживания. Классификация систем массового обслуживания. Системы массового обслуживания с отказами. Системы массового обслуживания с очередью ограниченной длины. Системы массового обслуживания с очередью неограниченной длины. Системы массового обслуживания с очередью, ограниченной временем ожидания	8	16	12	36
3	Анализ сложных обслуживающих систем	Особенности функционирования сложных обслуживающих систем. Классификация систем. Анализ систем массового обслуживания с дисциплиной ожидания, отличной от FIFO. Оптимизация систем массового обслуживания.	6	16	14	36
Итого			18	36	54	108

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в системы массового обслуживания	Случайные процессы и их классификация. Марковские случайные процессы. Цепи Маркова. Уравнения Колмогорова-Чепмена для цепей Маркова. Пример использования. Граф состояний. Дискретные марковские процессы. Уравнения Колмогорова. Пример использования. Простейший поток и его свойства. Обобщения простейшего потока	-	4	28	32
2	Классические системы массового обслуживания	Предмет теории массового обслуживания. Классификация систем массового обслуживания. Системы массового обслуживания с отказами. Системы массового обслуживания с очередью ограниченной длины. Системы массового обслуживания с очередью неограниченной длины. Системы массового обслуживания с очередью, ограниченной временем ожидания	2	4	30	36
3	Анализ сложных обслуживающих систем	Особенности функционирования сложных обслуживающих систем. Классификация систем. Анализ систем массового обслуживания с дисциплиной ожидания, отличной от FIFO. Оптимизация систем массового обслуживания.	2	4	30	36
Итого			4	12	88	104

5.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа 1. Цепи Маркова

Лабораторная работа 2. СМО с отказами

Лабораторная работа 3. СМО с очередью ограниченной и неограниченной длины

Лабораторная работа 4. СМО с очередью, ограниченной временем ожидания

Лабораторная работа 5. СМО с различными дисциплинами ожидания

Лабораторная работа 6. Немарковские СМО

Лабораторная работа 7. Оптимизация СМО

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы). Для бакалавров заочной формы обучения предусмотрена контрольная работа.

Контрольная работа предусматривает решение двух практических задач с помощью аналитических методов и аппарата имитационного моделирования. Варианты контрольных работ приведены ниже.

Задание 1. Системы массового обслуживания с отказами

По заданному варианту найти аналитические характеристики одноканальной и многоканальной систем с отказами и сравнить их с результатами имитационного моделирования.

Время поступления и обслуживания подчинены экспоненциальному закону распределения.

Варианты заданий

№ п/п	Время поступления (ср.)	Время обслуживания (ср.)	Число каналов
1	50	150	3
2	40	160	4
3	20	100	5
4	30	90	3
5	40	150	4
6	50	240	5
7	20	70	3
8	30	110	4
9	40	210	5
10	60	170	3
11	50	190	4
12	20	100	5

Задание 2. Системы массового обслуживания с очередью ограниченной длины

По заданному варианту найти аналитические характеристики системы массового обслуживания с очередью ограниченной длины и сравнить их с результатами имитационного моделирования.

Время поступления и обслуживания подчинены экспоненциальному закону распределения.

Варианты заданий

В приведенной таблице используются следующие обозначения:

n – число каналов обслуживания;

m – число мест в очереди;

$t_{\text{пост}}$ – среднее время поступления заявок (экспоненциальный закон распределения);

$t_{\text{обсл}}$ – среднее время обслуживания заявок (экспоненциальный закон распределения).

№ п/п	n	m	$t_{\text{пост}}$	$t_{\text{обсл}}$
1	3	4	20	65
2	4	5	40	150
3	5	3	30	150
4	3	5	50	140

5	4	4	20	70
6	5	3	40	180
7	3	6	10	25
8	4	4	30	120
9	5	4	60	280
10	3	5	40	100
11	4	5	100	390
12	5	4	70	300

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

- «аттестован»;
- «не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	Знать методики анализа систем массового обслуживания	Активная работа на занятиях, ответы на теоретические вопросы при защите лабораторных работ и курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь выполнять все этапы для получения характеристик систем массового обслуживания: описывать функционирование систем с помощью графа состояний, получать на его основе системы алгебраических уравнений и, решая их, находить требуемые характеристики	Активная работа на занятиях, ответы на теоретические вопросы при защите лабораторных работ и курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методами получения аналитических и численных характеристик обслуживающих систем, а также методиками проверки их	Активная работа на занятиях, ответы на теоретические вопросы при защите лабораторных работ и курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	корректности и эффективности			
ПК-2	Знать возможности существующих современных программных продуктов для получения характеристик систем массового обслуживания	Активная работа на занятиях, ответы на теоретические вопросы при защите лабораторных работ и курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь использовать известные закономерности для расчета требуемых параметров систем массового обслуживания	Активная работа на занятиях, ответы на теоретические вопросы при защите лабораторных работ и курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методиками применения современных технологий для анализа и оптимизации систем массового обслуживания	Активная работа на занятиях, ответы на теоретические вопросы при защите лабораторных работ и курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для очной формы обучения, 8 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-1	Знать методики анализа систем массового обслуживания	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь выполнять все этапы для получения характеристик систем массового обслуживания: описывать функционирование систем с помощью графа состояний, получать на его основе системы алгебраических уравнений и, решая их, находить требуемые характеристики	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	Владеть методами получения аналитических и численных характеристик обслуживающих систем, а также методиками проверки их корректности и эффективности	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-2	Знать возможности существующих современных программных продуктов для получения характеристик систем массового обслуживания	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь использовать известные закономерности для расчета требуемых параметров систем массового обслуживания	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть методиками применения современных технологий для анализа и оптимизации систем массового обслуживания	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Фиксируется количество автомобилей на автозаправке в течение некоторого временного интервала. Данное количество будет представлять собой:

- а) Случайный процесс с дискретным временем и дискретными состояниями.
- б) Случайный процесс с дискретным временем и непрерывными состояниями.
- в) Случайный процесс с непрерывным временем и дискретными состояниями.
- г) Случайный процесс с непрерывным временем и непрерывными состояниями.

Правильный ответ в)

2. Если вероятность попадания во временной интервал Δt и более событий есть величина $O(\Delta t)$, то такой поток называется:

- а) Стационарным.
- б) Ординарным.
- в) Потоком без последствия.
- г) Простейшим.

Правильный ответ б)

3. Марковская цепь называется однородной, если:

а) Вероятности перехода системы из некоторого состояния в любые другие состояния в любой момент времени одинаковы.

б) Вероятность перехода из одного состояния в другое не зависит от самого состояния.

в) Вероятность перехода из одного состояния в другое не зависит от времени.

г) Вероятности пребывания системы в начальный момент времени во всех состояниях одинаковы.

Правильный ответ в)

4. Если вероятность появления определенного числа событий в некотором временном интервале зависит только от ширины интервала, но не зависит от его расположения на временной оси, то это:

- а) Стационарный поток.
- б) Ординарный поток.
- в) Поток без последствия.
- г) Простейший поток.

Правильный ответ в)

5. Какое понятие не является обязательным описательным атрибутом в системе массового обслуживания:

- а) Входящий поток требований или заявок
- б) Очередь
- в) Приборы (или каналы обслуживания)
- г) Выходящий поток заявок

Правильный ответ б)

6. Сколько возможных состояний имеет одноканальная СМО с отказами:

- а) 0
- б) 1
- в) 2
- г) Много

Правильный ответ в)

7. Сколько возможных состояний имеет n-канальная СМО с отказами:

- а) 0
- б) 1
- в) n

г) $n+1$

Правильный ответ г)

8. Сколько возможных состояний имеет n -канальная СМО с очередью, рассчитанной не более, чем на m мест:

а) 0

б) 1

в) n

г) $n+1$

д) $n+m$

е) $n+m+1$

9. Рассматривается n -канальная СМО с очередью, рассчитанной не более, чем на m мест. Чему равна вероятность отказа в обслуживании:

а) 0

б) 1

в) P_0^*

г) P_n^*

д) P_{n+m}^*

Правильный ответ д)

10. Рассматривается n -канальная СМО с неограниченной очередью. Чему равна вероятность отказа в обслуживании:

а) 0

б) 1

в) P_0^*

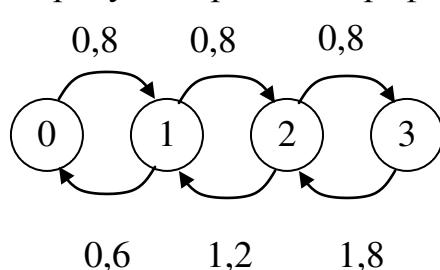
г) P_n^*

д) P_{n+m}^*

Правильный ответ а)

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. На рисунке приведен график состояний некоторой системы:



Чему равна интенсивность обслуживания:

А. 0.8?

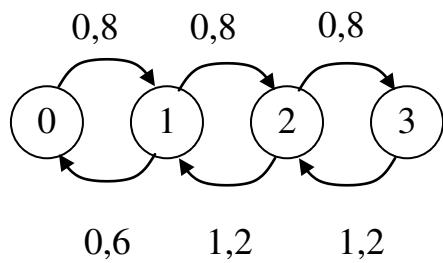
Б. 0.6?

В. 1.2?

Г. 1.8?

Правильный ответ б)

2. На рисунке приведен график состояний некоторой системы:



Исходя из данного графа, определите вид СМО:

- а) одноканальная СМО с отказами
- б) двухканальная СМО с отказами
- в) трехканальная СМО с отказами
- г) двухканальная СМО с очередью

Правильный ответ г)

3. Данна матрица вероятностей перехода за один шаг:

$$P = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.3 & 0.5 \\ 0.1 & 0.6 & 0.3 \\ 0.2 & 0.2 & 0.6 \end{pmatrix}$$

Чему равна вероятность перехода из состояния 1 в состояние 3 за один шаг:

- а) 0.2
- б) 0.3
- в) 0.5
- г) 0.6

Правильный ответ в)

4. Относительная пропускная способность системы Q определяется по формуле:

- а) $Q = \lambda \cdot P_{\text{обсл}}$
- б) $Q = \mu \cdot P_{\text{обсл}}$
- в) $Q = \frac{\lambda}{\mu} \cdot P_{\text{обсл}}$
- г) $Q = P_{\text{обсл}}$

Правильный ответ г)

5. В какой системе вероятность отказа определяется формулой

$$P_{\text{отк}} = \frac{\alpha^n}{\sum_{i=0}^n \frac{\alpha^i}{i!}} :$$

- а) В многоканальной системе с отказами
- б) В многоканальной системе с очередью ограниченной длины
- в) В многоканальной системе с очередью неограниченной длины
- г) В многоканальной системе с очередью, ограниченной временем ожидания

Правильный ответ а)

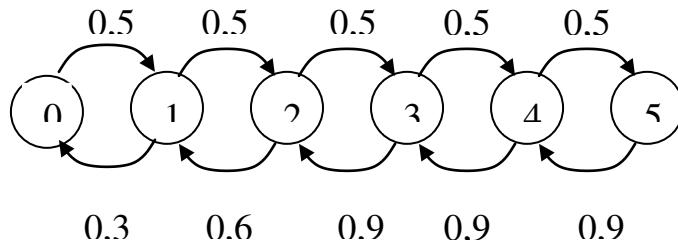
6. Для какой системы вероятность пребывания в состоянии «все каналы свободны» определяется по формуле:

$$P_0^* = \begin{cases} \frac{1}{\sum_{i=0}^n \frac{\alpha^i}{i!} + \frac{\alpha^n}{n!} \cdot m}, & \gamma = 1 \\ \frac{1}{\sum_{i=0}^n \frac{\alpha^i}{i!} + \frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{\gamma \cdot (1 - \gamma^m)}{1 - \gamma}}, & \gamma \neq 1 \end{cases}$$

- а) Для многоканальной системы с отказами
- б) Для многоканальной системы с очередью ограниченной длины
- в) Для многоканальной системы с очередью неограниченной длины
- г) Для многоканальной системы с очередью, ограниченной временем ожидания

Правильный ответ б)

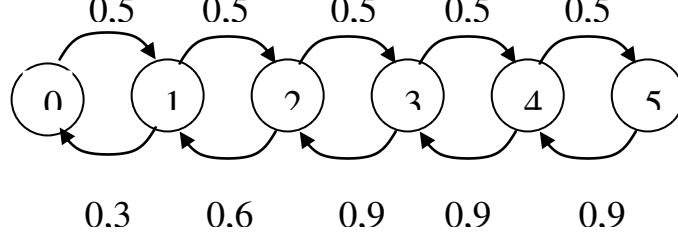
7. На рисунке приведен граф состояний некоторой системы:



К какому классу принадлежит данная система:

- а) Многоканальная система с отказами
 - б) Многоканальная система с очередью, ограниченной временем ожидания
 - в) Многоканальная система с неограниченной очередью
 - г) Многоканальная система с очередью ограниченной длины
- Правильный ответ г)

8. На рисунке приведен граф состояний некоторой системы:



Сколько каналов обслуживания у данной системы:

- а) 1
 - б) 2
 - в) 3
 - г) 4
 - д) 5
- Правильный ответ 5

9. Абсолютная пропускная способность системы Q определяется по формуле:

а) $A = \lambda \cdot P_{обсл}$

б) $A = \mu \cdot P_{обсл}$

в) $A = \frac{\lambda}{\mu} \cdot P_{обсл}$

г) $A = P_{обсл}$

Правильный ответ а)

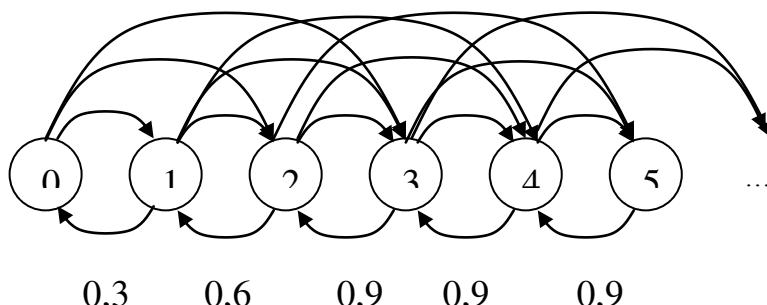
10. На рисунке приведен пример сложной СМО, отличающейся от классического варианта несоблюдением свойства:

А) стационарности

Б) отсутствия последствия

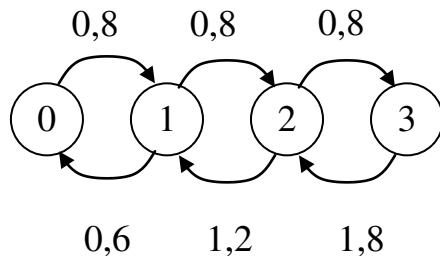
В) ординарности

Г) всех вышеперечисленных



7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. На рисунке приведен граф состояний некоторой системы:



Чему равна вероятность отказа:

а) 0,28

б) 0,37

в) 0,24

г) 0,11

Правильный ответ г)

2. Данна матрица вероятностей перехода за один шаг:

$$P = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.3 & 0.5 \\ 0.1 & 0.6 & 0.3 \\ 0.2 & 0.2 & 0.6 \end{pmatrix}$$

Чему равно распределение вероятностей перехода за два шага, если

начальное распределение вероятностей следующее: (1 0 0)

- а) (0.2 0.3 0.5)
- б) (0.1 0.6 0.3)
- в) (0.2 0.2 0.6)
- г) (0.17 0.34 0.49)

Правильный ответ г)

3. Для некоторой системы рассчитана вероятность отказа. Она составляет 0.25. Чему равна вероятность обслуживания

- а) 0.75
- б) 0.5
- в) 0.25

г) вероятность обслуживания будет зависеть от того, какая система рассматривается

Правильный ответ а)

4. Данна матрица вероятностей перехода за один шаг:

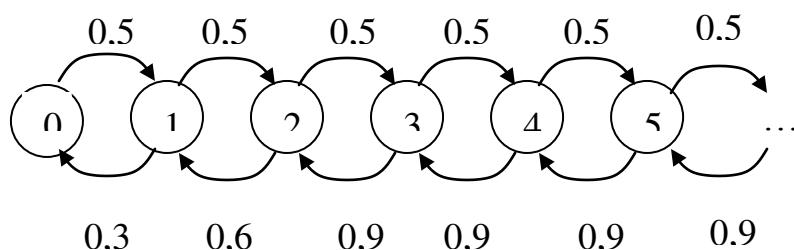
$$P = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.3 & 0.5 \\ 0.1 & 0.6 & 0.3 \\ 0.2 & 0.2 & 0.6 \end{pmatrix}$$

Чему равно распределение вероятностей перехода за два шага, если начальное распределение вероятностей следующее: (0 1 0)

- а) (0,14 0,45 0,41)
- б) (0.2 0.3 0.5)
- в) (0.1 0.6 0.3)
- г) (0.2 0.2 0.6)

Правильный ответ а)

5. На рисунке приведен график состояний некоторой системы:

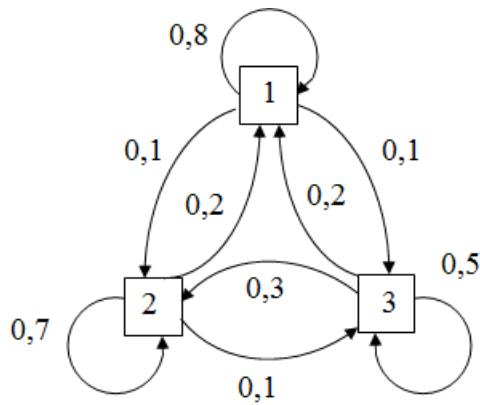


Чему равна вероятность отказа в обслуживании

- а) 0
- б) 0.5
- в) 0.3
- г) 0.6
- д) 0.9

Правильный ответ а)

6. На рисунке приведен график состояний. Постройте по данному графу матрицу переходов



a) $P = \begin{pmatrix} 0.8 & 0.7 & 0.5 \\ 0.1 & 0.2 & 0.2 \\ 0.1 & 0.1 & 0.3 \end{pmatrix}$

б) $P = \begin{pmatrix} 0.8 & 0.1 & 0.1 \\ 0.2 & 0.7 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.5 \end{pmatrix}$

в) $P = \begin{pmatrix} 0.8 & 0.2 & 0.2 \\ 0.1 & 0.7 & 0.3 \\ 0.1 & 0.1 & 0.5 \end{pmatrix}$

г) $P = \begin{pmatrix} 0.8 & 0.1 & 0.1 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 \\ 0.5 & 0.2 & 0.3 \end{pmatrix}$

Правильный ответ б)

7. Имеется одноканальная система с отказами. Заявки поступают с интенсивностью $\lambda=5$; а обслуживаются с интенсивностью $\mu=7$. Чему равна вероятность обслуживания

а) 7/12

б) 5/12

в) 5/7

г) 1/2

Правильный ответ а)

8. Для многоканальной системы с интенсивностью поступления $\lambda=5$; а обслуживаются с интенсивностью $\mu=10$ получена вероятность отказа. Она составила 0.23. Чему равно среднее число каналов, занятых в обслуживании:

а) 0,77

б) 0,385

в) 1/5

г) 1/7

Правильный ответ б)

9. Известно среднее число занятых каналов для трехканальной системы. Оно составляет 0.86. Чему равна вероятность занятости отдельного канала:

а) 0,14

б) 0,43

в) 0,29

г) 1.

Правильный ответ в)

10. Для трехканальной системы с очередью ограниченной длины известны интенсивности $\lambda=5$ и $\mu=2$. Рассчитана вероятность отказа, которая составляет 0.26. Чему равна абсолютная пропускная способность системы:

- а) 0.74
- б) 2.22
- в) 1.48
- г) 3.7

Правильный ответ г)

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Случайные процессы и их классификация
2. Марковские случайные процессы. Цепи Маркова. Уравнения Колмогорова-Чепмена для цепей Маркова. Пример использования
3. Граф состояний. Получение по графу состояний матрицы вероятностей перехода и построение графа по матрице
4. Дискретные марковские процессы. Уравнения Колмогорова. Пример использования
5. Простейший поток и его свойства
6. Обобщения простейшего потока событий
7. Предмет теории массового обслуживания. Классификация систем массового обслуживания
8. Одноканальная система массового обслуживания с отказами
9. Многоканальная система массового обслуживания с отказами
10. Система массового обслуживания с очередью ограниченной длины
11. Система массового обслуживания с очередью неограниченной длины
12. Система массового обслуживания с очередью, ограниченной временем ожидания
13. Специфика функционирования сложных обслуживающих систем
14. Сети систем массового обслуживания
15. Использование аппарата имитационного моделирования для моделирования одноканальных и многоканальных систем и очередей
16. Анализ систем массового обслуживания с очередью, отличной от FIFO
17. Оптимизация систем массового обслуживания с точки зрения стоимости
18. Оптимизация систем массового обслуживания с точки зрения качества обслуживания

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

Результаты оцениваются по следующей системе:

- «аттестован»;
- «не аттестован».

1. Оценка «Не аттестован» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «аттестован» ставится в случае, если студент набрал 6 и более баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение в системы массового обслуживания	ПК-1, ПК-2	Тест, защита лабораторных работ
2	Классические системы массового обслуживания	ПК-1, ПК-2	Тест, защита лабораторных работ
3	Анализ сложных обслуживающих систем	ПК-1, ПК-2	Тест, защита лабораторных работ

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Мочалов В.П. Модели массового обслуживания в информационных системах [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Мочалов В.П., Братченко Н.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016.— 126 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66031.html>.— ЭБС «IPRbooks».

2. Олейникова С.А. Лабораторный практикум по системам массового обслуживания: учеб. пособие. - Воронеж: ВГТУ, 2015. – 97 с.

3. Методические рекомендации по выполнению контрольных работ для бакалавров направления 09.03.01 профиля «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети», магистров профиля 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, программа: Распределенные автоматизированные системы очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.М. Нужный, Ю.С. Акинина, Н.И. Гребенникова. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2020.— 8с.

4. Организация самостоятельной работы обучающихся : методические указания для студентов, осваивающих основные образовательные программы высшего образования – бакалавриата, специалитета, магистратуры: методические указания / сост. В.Н. Почечихина, И.Н. Крючкова, Е.И. Головина, В.Р. Демидов; ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет ». – Воронеж, 2020. – 14 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Лицензионное ПО:

- Windows Professional 7 Single Upgrade MVL A Each Academic
- Microsoft Office Word 2007
- Microsoft Office Power Point 2007

Свободно распространяемое ПО:

- AnyLogic PLE

Отечественное ПО:

- Яндекс.Браузер
- Архиватор 7z
- Astra Linux

Ресурс информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

- Образовательный портал ВГТУ

- <http://www.edu.ru/>
- <https://metanit.com/>

Информационно-справочные системы:

- <http://window.edu.ru>
- <https://wiki.cchgeu.ru/>

Современные профессиональные базы данных:

- <https://proglib.io>
- <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/>
- <https://docs.microsoft.com/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

Для проведения лабораторных работ необходима лаборатория с ПК, оснащенными программами для проведения лабораторного практикума и обеспечивающими возможность доступа к локальной сети кафедры и Интернет, из следующего перечня:

- 307 (Лаборатория микропроцессорной техники)
- 309 (Лаборатория телекоммуникационных систем)
- 311 (Лаборатория разработки программных систем)
- 320 (Лаборатория общего назначения)
- 322 (Лаборатория распределённых вычислений)
- 324 (Специализированная лаборатория сетевых систем управления (научно-образовательный центр «АТОС»))
- 325 (Лаборатория автоматизации проектирования вычислительных комплексов и сетей)

Лаборатории расположены по адресу: 394066, г. Воронеж, Московский проспект, 179 (учебный корпус №3).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Системы массового обслуживания» читаются лекции, проводятся лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно

	фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомится с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	<p>Актуализирован раздел 8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.</p> <p>Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем.</p>	31.08.2020	
2	<p>Внесены изменения в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем, учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.</p>	31.08.2021	