



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ  
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

**«УТВЕРЖДАЮ»**

**И.о. проректора**

**А.В. Троицкий**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ***

***КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И СТАНДАРТИЗАЦИИ***

**МОДУЛЬ**

**«ТЕОРИЯ ПОИСКА И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ТЕОРИЯ ОЧЕРЕДЕЙ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ»**

**Направление подготовки: 27.04.02 Управление качеством**

**Профиль: Управление качеством в технологических системах**

**Уровень высшего образования: магистратура**

**Форма обучения: очная**

Королев  
2023

Рабочая программа является составной частью основной профессиональной образовательной программы и проходит рецензирование со стороны работодателей в составе основной профессиональной образовательной программы. Рабочая программа актуализируется и корректируется ежегодно.

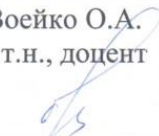
**Автор: Исаев В.Г. Рабочая программа дисциплины: Теория очередей в управлении качеством – Королев МО: «Технологический университет», 2023**

Рецензент: зав. кафедрой УКС, к.т.н., доц. Воейко О.А.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 27.04.02 Управление качеством и Учебного плана, утвержденного Ученым советом Университета.

Протокол № 9 от 11.04.2023г.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:**

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Воейко О.А. к.т.н., доцент 	Воейко О.А. к.т.н., доцент		
Год утверждения (переутверждения)	2023	2024		
Номер и дата протокола заседания кафедры	№ 11 от 28.03.2023			

**Рабочая программа согласована:**

Руководитель ОПОП ВО  О.А. Воейко к.т.н., доцент

**Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:**

Год утверждения (переутверждения)	2023	2024		
Номер и дата протокола заседания УМС	№ 5 от 11.04.2023			

# **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

## **Целью изучения дисциплины является**

- изучение теоретических основ теории массового обслуживания;
- формирование у магистрантов практических навыков моделирования систем массового обслуживания (СМО) (систем множественного доступа, таких как телефонные и компьютерные сети) и оценки их эффективности;
- формирование у магистрантов практических навыков по анализу процессов, происходящих в СМО, и прогноза их влияние на показатели эффективности;

В процессе обучения магистрант приобретает и совершенствует следующие компетенции.

### **Универсальные компетенции:**

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

### **Профессиональные компетенции (ПК):**

**ПК-1** Способен устанавливать причинно-следственные связи между явлениями проблемной ситуации и устранять проблемы

### **Основными задачами дисциплины являются:**

- обучение магистрантов практическому использованию вычислительной техники для анализа показателей эффективности СМО;
- формирование у магистрантов практических навыков по систематизации и анализу данных об эффективности эксплуатации СМО и выработке предложений по их совершенствованию.
- обучение навыкам работы со специальной математической литературой.

Показатель освоения компетенции отражают следующие индикаторы:

### **Трудовые действия:**

УК-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению;

УК-1.4. Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарных подходов

ПК-1.3. Владеет навыками применения системного анализа при управлении качеством продукции.

### **Необходимые умения:**

УК-1.1. Умеет анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними.

УК-1.3. Умеет критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников.

ПК-1.2. Умеет анализировать различные факторы на всех этапах жизненного цикла продукции (услуг) в интересах повышения качества и конкурентоспособности.

**Необходимые знания:**

УК-1.5. Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций философского и социального характера в своей предметной области.

ПК-1.1. Знает нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы качества продукции.

**2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина «Теория очередей в управлении качеством» относится к дисциплинам, формируемым участниками образовательной программы подготовки магистров по направлению 27.04.02 «Управление качеством».

Дисциплина базируется на ранее изученной дисциплине «Стандартизация и оценка соответствия» и компетенциях ПК-5, ПК-6.

Знания и компетенции, полученные при освоении дисциплины «Теория очередей в управлении качеством», являются базовыми для изучения отдельных разделов дисциплины «Теория и практика эксперимента» и подготовки выпускной квалификационной работы магистранта.

**3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы**

Общая трудоемкость дисциплины для студентов очной и заочной формы обучения составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

**Таблица 1**

Виды занятий	Всего часов	Семестр	Семестр 3	Семестр ...	Семестр ...
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>144</b>		<b>144</b>		
<b>ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ</b>					
<b>Аудиторные занятия</b>	<b>32</b>		<b>32</b>		
Лекции (Л)	8		8		
Практические занятия (ПЗ)	12		12		
Лабораторные работы (ЛР)	12		12		
Практическая подготовка	12		12		
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>112</b>		<b>112</b>		
Курсовые работы (проекты)	-		-		
Расчетно-графические работы	-		-		
Контрольная работа, домашнее задание	+		+		
Текущий контроль знаний	+		+		

Вид итогового контроля	Экзамен		Экзамен		
<b>ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ не предусмотрена планом</b>					

#### 4. Содержание дисциплины (модуля)

##### 4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции, час.	Практические занятия, час	Лабораторные занятия, час	Занятия в интерактивной форме, час	Практическая подготовка, час	Код компетенций
Тема 1. «Предмет, цель и задачи теории массового обслуживания. Структура и классификация систем массового обслуживания».	<b>2</b>	-	-	<b>2</b>	-	УК-1, ПК-1
Тема 2. «Потоки событий».		<b>4</b>	-	-	-	УК-1, ПК-1
Тема 3. «Понятие о марковском случайном процессе».		-	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	УК-1, ПК-1
Тема 4. «Пределные вероятности состояний. Уравнения Колмогорова».		-	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	УК-1, ПК-1
Тема 5. «Процессы гибели и размножения».	<b>2</b>	-	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	УК-1, ПК-1
Тема 6. «Одноканальная система массового обслуживания с отказами».		<b>2</b>	-	<b>2</b>	-	УК-1, ПК-1
Тема 7. «Многоканальная система массового обслуживания с отказами».		-	<b>2</b>	-	<b>2</b>	УК-1, ПК-1
Тема 8. «Одноканальная система массового обслуживания с очередью (ожиданием)».	<b>2</b>	-	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	УК-1, ПК-1
Тема 9. «Одноканальная система массового обслуживания с неограниченным ожиданием».		<b>2</b>	-	-	-	УК-1, ПК-1
Тема 10. «Многоканальная СМО с ожиданием и ограничением на длину очереди».		<b>2</b>	-	-	-	УК-1, ПК-1
Тема 11. «Многоканальная система массового обслуживания с неограниченной очередью».	<b>2</b>	-	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	УК-1, ПК-1
Тема 12. «Многоканальная система массового		<b>2</b>	-	-	-	УК-1,

обслуживания с ограниченной очередью и ограниченным временем ожидания в очереди».						ПК-1
<b>Итого:</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	

## 4.2 Содержание тем дисциплины

### ***Тема 1. «Предмет, цель и задачи теории массового обслуживания. Структура и классификация систем массового обслуживания».***

Основные понятия теории вероятности. Система массового обслуживания (СМО). Теория массового обслуживания (ТМО). Каналы обслуживания. Одноканальные СМО, многоканальные СМО.

### ***Тема 2. «Потоки событий».***

Потоки событий, основные понятия. Пуассоновский поток. Простейший поток и его свойства. Потоки Эрланга. Потоки Пальма. Суперпозиция потоков. Области применения.

### ***Тема 3. «Понятие о марковском случайном процессе».***

Дискретный марковский случайный процесс. Дискретный СП с дискретным временем. Дискретный Марковский случайный процесс с непрерывным временем.

### ***Тема 4. «Предельные вероятности состояний. Уравнения Колмогорова».***

Предельные вероятности. Граф состояний. Уравнения Колмогорова для вероятностей состояний марковских систем с непрерывным временем и дискретными состояниями. Предельный стационарный режим. Понятие регулярности Марковской цепи.

### ***Тема 5. «Процессы гибели и размножения».***

Примеры и области применения процессов гибели и размножения. Граф состояний и переходов. Формула Литтла. Примеры решения задач.

### ***Тема 6. «Одноканальная система массового обслуживания с отказами».***

Области применения. Граф состояний и переходов. Показатели эффективности СМО. Примеры решения задач.

### ***Тема 7. «Многоканальная система массового обслуживания с отказами».***

Области применения. Граф состояний и переходов. Показатели эффективности СМО. Примеры решения задач.

### ***Тема 8. «Одноканальная система массового обслуживания с очередью (ожиданием)».***

Области применения. Граф состояний и переходов. Показатели эффективности СМО. Примеры решения задач.

### ***Тема 9. «Одноканальная система массового обслуживания с неограниченным ожиданием».***

Области применения. Граф состояний и переходов. Показатели эффективности СМО. Примеры решения задач.

**Тема 10. «Многоканальная СМО с ожиданием и ограничением на длину очереди».**

Области применения. Граф состояний и переходов. Показатели эффективности СМО. Примеры решения задач.

**Тема 11. «Многоканальная система массового обслуживания с неограниченной очередью».**

Области применения. Граф состояний и переходов. Показатели эффективности СМО. Исследование состояния очереди. Примеры решения задач.

**Тема 12. «Многоканальная система массового обслуживания с ограниченной очередью и ограниченным временем ожидания в очереди».**

Области применения. Граф состояний и переходов. Показатели эффективности СМО. Примеры решения задач.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) «Теория очередей в управлении качеством».

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) приведена в Приложении 1 к настоящей программе.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **Основная литература:**

1. Иванов, Б. Н. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Иванов Б. Н. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 224 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-3636-1.

URL: <https://e.lanbook.com/book/113901>

2. Статистика. Сборник задач [Электронный ресурс]: учебное пособие / Сокольникова А. М., Беленкова Ж. Т., Болотюк Л. А., Болотюк В. А. - 1-е изд. - : Лань, 2019. - 148 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-3425-1.

URL: <https://e.lanbook.com/book/111890>

3. Управление качеством/ А. П. Агарков; А.П. Агарков. - Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2017. - 204 с. - (Учебные

издания для бакалавров).- ISBN 978-5-394-02226-5.

URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=454026>

#### **Дополнительная литература:**

1. Рыжиков, Ю. И. Логистика и теория очередей [Электронный ресурс]: учебное пособие / Рыжиков Ю. И. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 456 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-3620-0.

URL: <https://e.lanbook.com/book/115494>

2. Теория вероятностей/ А. В. Ганичева; Ганичева А.В. - Москва: Лань, 2017. - ISBN 978-5-8114-2380-4. URL:<https://e.lanbook.com/book/91078>

3. Статистика/ А. М. Годин; А.М. Годин. - 11-е изд., перераб. и испр. - Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2017. - 412 с. - (Учебные издания для бакалавров). - ISBN 978-5-394-02183-1. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=452543>

#### **Электронные книги:**

1. Теория массового обслуживания [электронный ресурс]: метод. указания к лаб. работе/ А. Д. Стрекаловская, А. В. Рачинских, Т. А. Санеева;

Стрекаловская, Рачинских, Санеева. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2011. – 29 с.;

URL:<http://rucont.ru/efd/176623>

2. Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс]: учебник / Н. Ш. Кремер. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. - 551 с. - (Серия «Золотой фонд российских учебников»). <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=394979>

### **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

#### **Интернет-ресурсы:**

1. <http://eup.ru/catalog/all-all.asp> – научно-образовательный портал.

2. [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) – электронно-библиотечная система

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

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) приведены в Приложении 2 к настоящей программе.

### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

**Перечень программного обеспечения:** MSOffice, PowerPoint, Project Expert, Microsoft Project.

#### **Информационные справочные системы:**

1. Электронные ресурсы образовательной среды Университета.

2. Информационно-справочные системы (Консультант +, Гарант.).

[www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)



## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Лекционные занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран);
- комплект электронных презентаций/слайдов.

Прочее:

- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- рабочие места магистрантов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет.

***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ***

***КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И СТАНДАРТИЗАЦИИ***

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ**

**«ТЕОРИЯ ОЧЕРЕДЕЙ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ»  
(Приложение 1 к рабочей программе)**

**Направление подготовки: 27.04.02 *Управление качеством***

**Профиль: *Управление качеством в технологических системах***

**Уровень высшего образования: *магистратура***

**Форма обучения: *очная***

Королев  
2023

## 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части) *	Раздел дисциплины, обеспечивающий формирование компетенции (или ее части)	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции (или ее части), обучающийся должен:		
				Трудовые действия	Необходимые умения	Необходимые знания
1	УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	Темы 1-12	<p>УК-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению;</p> <p>УК-1.4. Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарных подходов</p>	<p>УК-1.1. Умеет анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними.</p> <p>УК-1.3. Умеет критически оценивать надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников.</p>	<p>УК-1.5. Использует логико-методологический инструментальный для критической оценки современных концепций философского и социального характера в своей предметной области.</p>

2.	ПК-1	Способен устанавливать причинно-следственные связи между явлениями проблемной ситуации и устранять проблемы		ПК-1.3. Владеет навыками применения системного анализа при управлении качеством продукции.	ПК-1.2. Умеет анализировать различные факторы на всех этапах жизненного цикла продукции (услуг) в интересах повышения качества и конкурентоспособности.	ПК-1.1. Знает нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы качества продукции.
----	------	---	--	--	---	--

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

Код компетенции	Инструменты, оценивающие сформированность компетенции	Показатель оценивания компетенции	Критерии оценки
УК-1, ПК-1	Реферат	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 4 балла;</li> <li>• компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – 3 балла;</li> </ul> <p>В) не сформирована (<u>компетенция не сформирована</u>) – 2 и менее баллов</p>	<p>Проводится в письменной форме</p> <p>Критерии оценки:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Соответствие содержания реферата заявленной тематике (1 балл).</li> <li>2. Качество источников и их количество при подготовке работы (1 балл).</li> <li>3. Владение информацией и способность отвечать на вопросы аудитории (1 балл).</li> <li>4. Качество самой представленной работы (1 балл).</li> <li>5. Оригинальность подхода и всестороннее раскрытие выбранной тематики (1 балл).</li> </ol> <p>Максимальная сумма баллов - 5 баллов.</p> <p>Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля. Оценка проставляется в электронный журнал.</p>
	Контрольная работа	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• компетенция освоена на</li> </ul>	<p>При определении сформированности компетенций критериями оценивания выступают методические рекомендации, разработанные по дисциплине для данного вида</p> <p>Проводится в письменной форме.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выбор оптимального метода решения задачи (1 балл).</li> <li>2. Умение применить выбранный метод (1балл).</li> </ol>

		<p><u>продвинутом</u> уровне – 4 балла;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – 3 балла;</li> </ul> <p>В) не сформирована (<u>компетенция не сформирована</u>) – 2 и менее баллов</p>	<p>3. Логический ход решения правильный, но имеются арифметические ошибки в расчётах (1 балл).</p> <p>4. Решение задачи и получение правильного результата (2 балла).</p> <p>5. Задача не решена совсем (0 баллов).</p> <p>Максимальная оценка 5 баллов.</p>
--	--	---	--

### **3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **Примерная тематика рефератов**

1. Классификация систем массового обслуживания и их основные элементы.
2. Применение теории массового обслуживания в исследовании рынка.
3. Применение теории массового обслуживания при оценке надёжности систем.
4. Применение теории массового обслуживания при оценке качества систем.
5. Потоки гибели и размножения история возникновения и возможные области применения.

#### ***Контрольная работа***

Контрольная работа является формой промежуточной аттестации магистрантов при изучении дисциплины и позволяет закрепить теоретический материал курса.

Контрольная работа должна выполняться магистрантом самостоятельно и раскрывать тему работы и содержать ответы на вопросы, предложенные магистранту преподавателем.

Содержание контрольной работы определяется преподавателем, ведущим занятия в группе, и содержит две задачи повышенной сложности.

Контрольная работа выполняется на листах формата А4 и в электронном виде.

Контрольная работа должна содержать титульный лист с указанием порядкового номера работы, названия, данных магистранта и даты выполнения. Работа должна оформляться в следующем порядке:

1. условие задачи;
2. решение задачи, содержащее все необходимые пояснения, схемы, расчеты, выводы;
3. ответ.

#### ***Примеры контрольной работы***

**№1.**

Среднее число вызовов, поступающих на станцию скорой помощи за один час, равно  $\lambda$ . Поток вызовов простейший.

*Найти:*

а) математическое ожидание, дисперсию, среднее квадратическое отклонение непрерывной случайной величины  $T$  – интервала времени между двумя последовательными вызовами в потоке;

б) вероятность того, что за  $t$  минут поступит:  $m$  вызовов; менее  $m$  вызовов; не менее  $m$  вызовов.

- |     |                 |           |          |
|-----|-----------------|-----------|----------|
| 1.  | $\lambda = 60,$ | $t = 6,$  | $m = 3.$ |
| 2.  | $\lambda = 40,$ | $t = 6,$  | $m = 4.$ |
| 3.  | $\lambda = 30,$ | $t = 10,$ | $m = 2.$ |
| 4.  | $\lambda = 15,$ | $t = 12,$ | $m = 4.$ |
| 5.  | $\lambda = 30,$ | $t = 4,$  | $m = 3.$ |
| 6.  | $\lambda = 20,$ | $t = 9,$  | $m = 3.$ |
| 7.  | $\lambda = 35,$ | $t = 12,$ | $m = 4.$ |
| 8.  | $\lambda = 25,$ | $t = 12,$ | $m = 3.$ |
| 9.  | $\lambda = 10,$ | $t = 24,$ | $m = 2.$ |
| 10. | $\lambda = 50,$ | $t = 6,$  | $m = 4.$ |

**№2.**

На диспетчерский пульт поступает поток заявок, который является потоком Эрланга второго порядка. Интенсивность потока заявок равна  $\lambda$  заявок в час. Если диспетчер в случайный момент оставляет пульт, то при первой же очередной заявке он обязан вернуться к пульта.

*Найти* плотность распределения времени ожидания очередной заявки и построить ее график. Вычислить вероятность того, что диспетчер сможет отсутствовать от  $t_1$  до  $t_2$  минут.

Указание: плотность распределения времени ожидания первого ближайшего события для потока Эрланга  $k$  – го порядка имеет вид

$$f(\theta) = \frac{\lambda}{k} \sum_{s=0}^{k-1} \frac{(\lambda\theta)^s}{s!} e^{-\lambda\theta}, \quad \theta \geq 0,$$

где  $\lambda$  – интенсивность потока.

- |    |                |             |             |
|----|----------------|-------------|-------------|
| 1. | $\lambda = 4,$ | $t_1 = 6,$  | $t_2 = 12,$ |
| 2. | $\lambda = 8,$ | $t_1 = 15,$ | $t_2 = 30,$ |
| 3. | $\lambda = 5,$ | $t_1 = 6,$  | $t_2 = 12,$ |
| 4. | $\lambda = 3,$ | $t_1 = 10,$ | $t_2 = 20,$ |
| 5. | $\lambda = 9,$ | $t_1 = 20,$ | $t_2 = 40,$ |
| 6. | $\lambda = 6,$ | $t_1 = 15,$ | $t_2 = 20,$ |
| 7. | $\lambda = 7,$ | $t_1 = 12,$ | $t_2 = 30,$ |
| 8. | $\lambda = 2,$ | $t_1 = 6,$  | $t_2 = 15,$ |
| 9. | $\lambda = 3,$ | $t_1 = 15,$ | $t_2 = 20,$ |

$$10. \lambda = 4, \quad t_1 = 20, \quad t_2 = 30.$$

**№3.**

Вход на станцию метрополитена оборудован системой из  $k$  турникетов. При выходе из строя одного из турникетов остальные продолжают нормально функционировать. Если из строя выйдут все турникеты, то вход на станцию перекрывается. Поток отказов простейший. Среднее время безотказной работы одного турникета составляет  $t$  часов. При выходе из строя каждый турникет начинает сразу ремонтироваться. Время ремонта распределено по показательному закону и в среднем составляет  $s$  часов. В начальный момент все турникеты исправны.

*Найти* среднюю пропускную способность системы турникетов в процентах от номинальной, если с выходом из строя каждого турникета

система теряет  $\left(\frac{100}{k}\right)\%$  своей номинальной пропускной способности. Построить размеченный граф состояний системы.

51. $k=4,$	$t=80,$	$s=2,$
52. $k=3,$	$t=65,$	$s=2,$
53. $k=4$	$t=75,$	$s=3,$
54. $k=3,$	$t=80,$	$s=3,$
55. $k=4,$	$t=70,$	$s=2,$
56. $k=3,$	$t=60,$	$s=2,$
57. $k=4,$	$t=65,$	$s=3,$
58. $k=3,$	$t=75,$	$s=2,$
59. $k=4,$	$t=60,$	$s=3,$
60. $k=3,$	$t=70,$	$s=3.$

**№4.**

В кафе «Крошка картошка» работает 4 кассира. Количество мест в зале достаточно для посетителей, оплативших обед. У каждого столика стоят 4 стула.

Среднее время обслуживания одного посетителя составляет 4 минуты.

Плотность потока посетителей  $\sim 2$  человека в минуту.

В очереди может одновременно стоять не более 20-ти человек.

В среднем посетитель стоит в очереди 10 минут, после чего он покидает кафе.

*Определить:*

- вероятность того, что посетитель, пришедший в кафе, пообедает;
- сколько времени потребуется посетителю на обед, если время приёма пищи составляет 10 минут;
- число столиков, которое необходимо иметь в кафе для того, чтобы с вероятностью 0,95 посетитель, получивший обед, смог найти себе место.

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Формой контроля знаний по дисциплине «Основы теории массового обслуживания» является аттестация в виде экзамена в устной форме в конце обучения.

Неделя текущего контроля	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающий знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи (неделя семестра)	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
Согласно графика учебного процесса	экзамен	УК-1, ПК-1	2 вопроса и задача	Экзамен проводится в устной форме, путем ответа на вопросы. Время, отведенное на процедуру – 20 минут.	Результаты предоставляются в день проведения экзамена	Критерии оценки: <b>«Отлично»:</b> знание основных понятий предмета; умение использовать и применять полученные знания на практике; работа на практических занятиях; знание основных научных теорий, изучаемых предметов; ответ на вопросы билета. <b>«Хорошо»:</b> •знание основных понятий предмета; •умение использовать и применять полученные знания на практике; •работа на практических занятиях; •знание основных научных теорий, изучаемых предметов; •ответы на вопросы билета • неправильно решено практическое задание <b>«Удовлетвори-</b>



						<p><b>тельно»:</b> демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; незнание неумение использовать и применять полученные знания на практике; не работал на практических занятиях; <b>«Неудовлетворите льно»:</b> демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; незнание основных понятий предмета; неумение использовать и применять полученные знания на практике; не работал на практических занятиях; не отвечает на вопросы.</p>
--	--	--	--	--	--	--

Итоговое начисление баллов по дисциплине осуществляется в соответствии с разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системой контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся, согласно приказу «О внедрении новой балльно-рейтинговой системы контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся».

#### 4.2. Примеры типовых вопросов к экзамену.

1. Предмет, цель и задачи теории массового обслуживания.
2. Показатели эффективности использования СМО.
3. Показатели качества обслуживания заявок.
4. Классификация систем массового обслуживания.
5. Простейший поток и его свойства.
6. Уравнения Колмогорова для расчета вероятностей состояния.  
Финальные вероятности состояния.
7. Многоканальная СМО с ограниченной очередью.
8. Процессы гибели и размножения.
9. Одноканальная СМО с отказами.
10. Многоканальная СМО с отказами.

11. Одноканальная СМО с ожиданием и ограничением на длину очереди.
12. Многоканальная СМО с неограниченной очередью.
13. Одноканальная СМО с неограниченным ожиданием.
14. Многоканальная СМО с ограниченной очередью.
15. Многоканальная СМО с ограниченной очередью и ограниченным временем ожидания в очереди.

### **Примеры задач к экзамену.**

#### ***№1***

Рассматривается одноканальная СМО. На вход системы поступает простейший поток заявок со средним временным интервалом между заявками равным 10 мин.

Время обслуживания  $T_{обсл}$  распределено по закону Эрланга с математическим ожиданием равном 8 мин.

**Определить** среднее число заявок в очереди, среднее время пребывания заявки в очереди и среднее время пребывания заявки в системе.

#### ***№2***

В лаборатории для проведения измерений используется электронный прибор. Прибор может время от времени выходить из строя. Поток отказов – простейший с интенсивностью  $\lambda=1,6$  отказов в сутки. Время восстановления (ремонта) прибора имеет равномерное распределение на временном участке от 0 до 1 суток.

С целью обеспечения непрерывности измерений прибор дублирован точно таким же устройством, которое может выходить из строя только в работающем состоянии.

**Найти** среднюю долю времени, в течении которого прибор работает и среднее число неисправных устройств.

#### ***№3***

В процессе эксплуатации испытательный стенд рассматривается как физическая система, которая в результате проверки может оказаться в одном из следующих состояний:

- полностью исправна,
- имеются незначительные неисправности, при которых решение задач возможно,
- имеются существенные неисправности, при которых круг решаемых задач ограничен,
- вышла из строя.

#### ***№4***

В кафе «Мечта Астерикса» интенсивность обслуживания клиентов в среднем составляет 20 человек в час. Обслуживанием клиентов занимаются два официанта, при этом среднее время обслуживания одного клиента

составляет 10 минут. Среднее количество клиентов, покинувших очередь, не дождавшихся обслуживания, составляет 2 человека в час.

Оценить эффективность работы кафе и определить его абсолютную пропускную способность.

#### **№5**

Измерительная система состоит из трёх приборов. В определённые моменты времени приборы осматриваются. По результатам осмотра прибор либо признаётся исправным и продолжает работать или признаётся неисправным и направляется в ремонт. Вероятность того, что прибор за время между осмотрами выйдет из строя, не зависит от того, какое время он уже работал и равна 0,2. Вероятность того, что прибор за это же время будет исправлен, не зависит от того, сколько времени уже продолжался ремонт и равна 0,3. Процессы выхода приборов из строя и их восстановления протекают независимо друг от друга.

Построить граф состояний и переходов и определить финальные вероятности состояний.

#### **№6**

Сервис-центр «Купи-продай» занимается посреднической деятельностью по продаже железнодорожных билетов и осуществляет часть своей деятельности по 3 телефонным линиям. В среднем в сервис-центр поступает 75 звонков в час. Среднее время обслуживания каждого звонка составляет 2 минуты.

Определить эффективность сервис-центра и найти вероятность того, что ни один канал не занят, а также вероятность отказа.

***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ***

**КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И СТАНДАРТИЗАЦИИ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ТЕОРИЯ ОЧЕРЕДЕЙ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ»  
(Приложение 2 к рабочей программе)**

**Направление подготовки: 27.04.02 *Управление качеством***

**Профиль: *Управление качеством в технологических системах***

**Уровень высшего образования: *магистратура***

**Форма обучения: *очная***

Королев  
2023

## **Общие положения**

**Цель** изучения дисциплины является:

1. изучение теоретических основ теории массового обслуживания (ТМО);
2. формирование у студентов практических навыков моделирования систем массового обслуживания (СМО) (систем множественного доступа, таких как телефонные и компьютерные сети) и оценки их эффективности.
3. формирование у студентов практических навыков по анализу процессов, происходящих в СМО, и прогноза их влияние на показатели эффективности;
4. обучение студентов практическому использованию вычислительной техники для анализа показателей эффективности СМО;
5. формирование у студентов практических навыков по систематизации и анализу данных об эффективности эксплуатации СМО и выработке предложений по их совершенствованию;
6. развитие творческой самостоятельности студентов.

### **Задачи дисциплины:**

1. изучение и освоение основных теоретических методов и приёмов исследования систем массового обслуживания;
2. обучение теории и практике моделирования СМО, определения их основных характеристик и оценки эффективности;
3. обучение навыкам работы со специальной математической литературой.

## **1. Указания по проведению практических занятий**

### **Тема 2. Потоки событий и их свойства.**

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Тема и содержание практического занятия:

*Цель работы:* получить практические знания по потокам событий, областям их использования и решению задач.

*Основные положения темы занятия:*

1. Потоки событий (дискретные и непрерывные).
2. Простейший поток и его свойства.
3. Поток Эрланга и его свойства.
4. Поток Пальма и его свойства.
5. Примеры решения задач.

Продолжительность занятия– 4 ч.

### **Тема 6. Одноканальная система массового обслуживания с отказами.**

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Тема и содержание практического занятия:

*Цель работы:* получить практические знания по применению одноканальных СМО с отказами и решению задач.

*Основные положения темы занятия:*

1. Размеченный граф состояний для одноканальной СМО с отказами.
2. Расчет показателей эффективности СМО.
3. Решение задачи об одноканальной телефонной линии.

Продолжительность занятия— 2 ч.

### **Тема 9. Одноканальная система массового обслуживания с неограниченным ожиданием.**

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Тема и содержание практического занятия:

*Цель работы:* получить практические знания по применению одноканальных СМО с ожиданием и решению задач.

*Основные положения темы занятия:*

1. Размеченный граф состояний для одноканальной системы массового обслуживания с неограниченным ожиданием.
2. Расчет показателей эффективности СМО.
3. Решение задачи об обслуживании посетителей на предприятиях общественного питания.
4. Примеры решения задач.

Продолжительность занятия— 2 ч.

### **Тема 10. Многоканальная СМО с ожиданием и ограничением на длину очереди.**

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Тема и содержание практического занятия:

*Цель работы:* получить практические знания по применению многоканальных СМО с ожиданием и решению задач.

*Основные положения темы занятия:*

1. Определение числа состояний  $n$ -канальной СМО с ожиданием.
2. Размеченный граф состояний для  $n$ -канальной СМО с числом мест в очереди равным  $m$ .
3. Условие существования финальных вероятностей для  $n$ -канальной СМО с числом мест в очереди равным  $m$ .
4. Определение показателей эффективности  $n$ -канальной СМО с ожиданием.
5. Определение временных характеристик «среднее время обслуживания одной заявки, относящееся ко всем заявкам» и «среднее время обслуживания одной заявки, относящееся только к обслуженным заявкам» для  $n$ -канальной СМО с ожиданием.

6. Примеры решения задач.

Продолжительность занятия—2 ч.

**Тема 12. Многоканальная система массового обслуживания с ограниченной очередью и ограниченным временем ожидания в очереди.**

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Тема и содержание практического занятия:

*Цель работы:* получить практические знания по применению Многоканальная система массового обслуживания с ограниченной очередью и ограниченным временем ожидания в очереди и решению задач.

*Основные положения темы занятия:*

1. Размеченный граф состояний.
2. Приоритеты. Случайный выбор заявки на обслуживание.
3. Расчет показателей эффективности СМО.
4. Распределение требований по каналам обслуживания.
5. Примеры решения задач.

Продолжительность занятия– 2 ч.

**4. Указания по проведению лабораторного практикума**

**Тема 3. Понятие о марковском случайном процессе.**

Вид лабораторной работы: *смешанная форма.*

Тема и содержание практического занятия:

*Цель работы:* получить практические знания по марковским случайным процессам, областям их использования и решению задач.

*Основные положения темы занятия:*

1. Понятие Марковского случайного процесса.
2. Случайные потоки с дискретным и непрерывным временем.
3. Эргодические системы.
4. Цепи Маркова: определение, классификация, вывод равенства Маркова.
5. Примеры решения задач.

Продолжительность занятия– 2 ч.

**Тема 4. Предельные вероятности состояний. Уравнения Колмогорова.**

Вид лабораторной работы: *смешанная форма.*

Тема и содержание практического занятия:

*Цель работы:* получить практические знания по выводу уравнений Колмогорова, областям их использования и решению задач.

*Основные положения темы занятия:*

1. Марковские процессы с непрерывным временем.
2. Граф состояний системы, правила построения.
3. Определение вероятностей состояния.
4. Предельное распределение вероятностей состояний.
5. Вывод дифференциальных уравнений Колмогорова – Чепмена.
6. Примеры решения задач на составление уравнений Колмогорова.

Продолжительность занятия– 2 ч.

### **Тема 5. Процессы гибели и размножения.**

Вид лабораторной работы: *смешанная форма.*

Тема и содержание практического занятия:

*Цель работы:* получить практические знания по процессам гибели и размножения, областям их использования и решению задач.

*Основные положения темы занятия:*

1. Постулаты процесса размножения и гибели.
2. Дифференциальные уравнения Колмогорова – Чепмена для вероятностей состояний.
3. Предельное распределение вероятностей состояний для процесса размножения и гибели.
4. Примеры решения задач.

Продолжительность занятия– 2ч.

### **Тема 7. Многоканальная система массового обслуживания с отказами.**

Вид лабораторной работы: *смешанная форма.*

Тема и содержание практического занятия:

*Цель работы:* получить практические знания по применению многоканальных СМО с отказами и решению задач.

*Основные положения темы занятия:*

1. Размеченный граф состояний для задачи Эрланга.
2. Расчет показателей эффективности СМО.
3. Решение задачи об многоканальной телефонной линии.

Продолжительность занятия– 2 ч.

### **Тема 8. Одноканальная система массового обслуживания с очередью (ожиданием).**

Вид лабораторной работы: *смешанная форма.*

Тема и содержание практического занятия:

*Цель работы:* получить практические знания по применению одноканальных СМО с ожиданием и решению задач.

*Основные положения темы занятия:*

1. Размеченный граф состояний для одноканальной системы массового обслуживания с очередью (ожиданием).
2. Расчет показателей эффективности СМО.
3. Использование уравнений Колмогорова для решения задач об обслуживании посетителей и оказании услуг, различного типа.
4. Примеры решения задач.

Продолжительность занятия– 2 ч.

### **Тема 11. Многоканальная система массового обслуживания с неограниченной очередью.**

Вид лабораторной работы: *смешанная форма.*

Тема и содержание практического занятия:



*Цель работы:* получить практические знания по применению многоканальных СМО с неограниченной очередью и решению задач.

*Основные положения темы занятия:*

1. Размеченный граф состояний для одноканальной системы массового обслуживания с неограниченным ожиданием.
  2. Расчет показателей эффективности СМО.
  3. Использование уравнений Колмогорова для решения задачи об обслуживании посетителей в магазине.
  4. Примеры решения задач.
- Продолжительность занятия– 2 ч.

### **Указания по проведению контрольных работ**

#### **Требования к структуре контрольной работы**

Структура контрольной работы должна способствовать раскрытию темы: иметь титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение, список литературы.

#### **Требования к содержанию (основной части)**

1. Во введении обосновывается актуальность темы, определяется цель работы, задачи и методы исследования.
2. Основная часть работы включает 2 - 4 вопроса, каждый из которых посвящается решению задач, сформулированных во введении, и заканчивается констатацией итогов.
3. Приветствуется иллюстрация содержания работы таблицами, графическим материалом (рисунками, схемами и т.п.).
4. Необходимо давать ссылки на используемую литературу.
5. Заключение должно содержать сделанные автором работы выводы, итоги исследования.
6. Вслед за заключением идет список литературы, который должен быть составлен в соответствии с установленными требованиями. Если в работе имеются приложения, они оформляются на отдельных листах, и должны быть соответственно пронумерованы.

#### **Требования к оформлению**

Объем контрольной работы – 10 страниц формата А 4, напечатанного с одной стороны текста (1,5 интервал, шрифт Times New Roman).

### **5. Указания по проведению самостоятельной работы магистрантов**

*Цель самостоятельной работы:* подготовить магистров к самостоятельному научному творчеству.

*Задача самостоятельной работы:*

Расширить представление в области применения теории массового обслуживания при организации работ, оценке качества продукции и внедрении инноваций.

**Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение:**

3. Замкнутые системы массового обслуживания.
4. Применение моделей массового обслуживания в коммерческой деятельности.
5. Применение теории массового обслуживания в управленческой деятельности.

Тематическое содержание самостоятельной работы

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Перечень заданий
1.	Подготовка к практическим занятиям	Изучение источников при подготовке реферата на выбранную тему.
2.	Тематика докладов	1.Замкнутые системы массового обслуживания. 2.Применение моделей массового обслуживания в коммерческой деятельности. 3.Применение теории массового обслуживания в управленческой деятельности.
3.	Выполнение практических заданий	Решение практических задач с использованием теории массового обслуживания

**5. Указания по выполнению контрольных работ для магистрантов факультета заочного обучения**  
Заочное обучение не предусмотрено

**6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

**Основная литература:**

1. Иванов, Б. Н. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Иванов Б. Н. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 224 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-3636-1.  
URL: <https://e.lanbook.com/book/113901>
2. Статистика. Сборник задач [Электронный ресурс]: учебное пособие / Сокольникова А. М., Беленкова Ж. Т., Болотюк Л. А., Болотюк В. А. - 1-е изд. -: Лань, 2019. - 148 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-3425-1.  
URL: <https://e.lanbook.com/book/111890>
3. Управление качеством/ А. П. Агарков; А.П. Агарков. - Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2017. - 204 с. - (Учебные

издания для бакалавров).- ISBN 978-5-394-02226-5.

URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=454026>

#### **Дополнительная литература:**

1. Рыжиков, Ю. И. Логистика и теория очередей [Электронный ресурс] : учебное пособие / Рыжиков Ю. И. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 456 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-3620-0.

URL: <https://e.lanbook.com/book/115494>

2. Теория вероятностей/ А. В. Ганичева; Ганичева А.В. - Москва: Лань, 2017. - ISBN 978-5-8114-2380-4. URL:<https://e.lanbook.com/book/91078>

3. Статистика/ А. М. Годин; А.М. Годин. - 11-е изд., перераб. и испр.- Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2017. - 412 с. - (Учебные издания для бакалавров). - ISBN 978-5-394-02183-1. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=452543>

#### **Электронные книги:**

1. Теория массового обслуживания [электронный ресурс]: метод. указания к лаб. работе/ А. Д. Стрекаловская, А. В. Рачинских, Т. А. Санеева;

Стрекаловская, Рачинских, Санеева. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2011. – 29 с.;

URL:<http://rucont.ru/efd/176623>

2. Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс]: учебник / Н. Ш. Кремер. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. - 551 с. - (Серия «Золотой фонд российских учебников»). <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=394979>

#### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

##### **Интернет-ресурсы:**

1. <http://eup.ru/catalog/all-all.asp> – научно-образовательный портал.

2. [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) – электронно-библиотечная система

#### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

**Перечень программного обеспечения:** MSOffice, PowerPoint, Project Expert, Microsoft Project.

##### **Информационные справочные системы:**

1. Электронные ресурсы образовательной среды Университета.

2. Информационно-справочные системы (Консультант +, Гарант.).