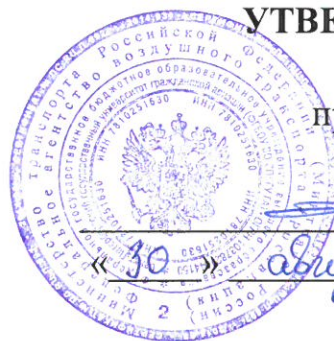


МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНТРАНС РОССИИ)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)
ФГБОУ ВО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»
(ФГБОУ ВО СПбГУ ГА)

УТВЕРЖДАЮ



Первый
проректор-проректор
по учебной работе
Н. Н. Сухих
2017 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория массового обслуживания

Направление подготовки
01.03.04 Прикладная математика

Направленность программы (профиль)
Математическое и программное обеспечение систем управления

Квалификация выпускника:
бакалавр

Форма обучения:
очная

Санкт-Петербург
2017

1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Теория массового обслуживания» является формирование у обучающихся знаний о методах анализа систем массового обслуживания, создания их моделей, а также приобретение ими умений и навыков анализа полученных характеристик систем массового обслуживания по результатам использования модели.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование у обучающихся знаний основных теоретических методов и приёмов исследования систем массового обслуживания;
- приобретение обучающимися умений моделирования систем массового обслуживания и определения их операционных характеристик;
- овладение обучающимися навыками построения моделей систем массового обслуживания, алгоритмизации задач, программировании и отладке программ, а также тестировании создаваемых программных модулей проектируемой модели системы массового обслуживания.

Дисциплина «Теория массового обслуживания» обеспечивает подготовку выпускника к научно-исследовательскому виду профессиональной деятельности.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Теория массового обслуживания» относится к Вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)»

Дисциплина «Теория массового обслуживания» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин: «Теория вероятностей и математическая статистика», «Дополнительные главы математического анализа».

Дисциплина «Теория массового обслуживания» является обеспечивающей для дисциплин: «Исследование операций», «Математическое моделирование».

Дисциплина «Теория массового обслуживания» изучается в 5 семестре.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины «Теория массового обслуживания» направлен на формирование следующих компетенций:

Перечень и код компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
Готовность к самостоятельной работе (ОПК-1)	Знать: - основные понятия, методы и модели теории массового обслуживания;

Перечень и код компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – самостоятельно решать задачи по выбору метода и средства проектирования модели системы массового обслуживания; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками исследования моделей с учетом их иерархической структуры и оценкой пределов применимости полученных результатов;
Способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, готовностью использовать для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат (ПК-9)	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – метод нахождения стационарного решения в задаче массового обслуживания; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – определять конкретные задачи и последовательность их решения на основе теории массового обслуживания; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками построения математических моделей для систем массового обслуживания;
Готовность применять математический аппарат для решения поставленных задач, способностью применить соответствующую процессу математическую модель и проверить ее адекватность, провести анализ результатов моделирования, принять решение на основе полученных результатов (ПК-10)	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – принципы работы с современными средствами, предназначенными для проектирования модели системы массового обслуживания; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - строить адекватные теоретико-вероятностные и статистические модели реальных процессов и явлений и проводить их математический анализ; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами тестирования и определения качественных характеристик полученной модели;
Способность самостоятельно изучать новые разделы фундаментальных наук (ПК-12)	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные принципы формирования статистических данных для количественных оценок показателей качества реальных систем; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выполнять интерпретацию математических результатов для реальных систем; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками оценки параметров моделей и получения численных предположений;

4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

Наименование	Всего часов	Семестр
		5
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Контактная работа:	42	42
лекции	14	14
практические занятия	28	28
семинары	–	–
лабораторные работы	–	–
курсовой проект (работа)	–	–
Самостоятельная работа студента	30	30
Промежуточная аттестация	36	36

5 Содержание дисциплины

5.1 Соотнесения тем (разделов) дисциплины и формируемых компетенций

Темы (разделы) дисциплины	Количество часов	Компетенции					
		ОПК-1	ПК-9	ПК-10	ПК-12	Образовательные технологии	Оценочные средства
Тема 1. Общее описание систем массового обслуживания	22	+	+	+	+	ВК, Л, ПЗ, СРС	ПАР
Тема 2. Некоторые системы массового обслуживания	28	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	ПАР
Тема 3. Основные понятия теории надежности	22	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	ПАР
Всего по дисциплине	72						
Промежуточная аттестация	36						
Итого по дисциплине	108						

Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, СРС – самостоятельная работа студента, ВК – входной контроль, ПАР – письменная аудиторная работа.

5.2 Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

Наименование темы (раздела) дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	КР	Всего часов
Тема 1. Общее описание систем	4	8	-	10	-	22

Наименование темы (раздела) дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	КР	Всего часов
массового обслуживания						
Тема 2. Некоторые системы массового обслуживания	6	12	-	10	-	28
Тема 3. Основные понятия теории надежности	4	8	-	10	-	22
Всего за семестр	14	28	-	30	-	72
Промежуточная аттестация						36
Итого по дисциплине						108

Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, СРС – самостоятельная работа студента, ЛР – лабораторная работа, КР – курсовая работа (проект).

5.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Общее описание систем массового обслуживания

Входящий поток. Стационарность, ординарность, отсутствие последствия. Простейший поток. Время обслуживания. Классификация систем массового обслуживания.

Тема 2. Некоторые системы массового обслуживания

Задачи обслуживания в системах с отказами. Системы массового обслуживания с неограниченным числом обслуживающих аппаратов. Системы массового обслуживания с ожиданием и с ограниченным потоком требований. Системы массового обслуживания с ожиданием при условии, что очередь может быть неограниченно длинной. Системы массового обслуживания с ожиданием и с ограничением по длине очереди. Системы массового обслуживания с ожиданием и с ограниченным временем пребывания в очереди.

Тема 3. Основные понятия теории надежности

Основные понятия теории надежности (основные определения). Надежность элемента, работающего до первого отказа. Надежность восстанавливаемого элемента. Надежность системы.

5.4 Практические занятия

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
1	Практическое занятие 1-2. Входящий поток. Стационарность, ординарность, отсутствие последствия.	4
	Практическое занятие 3-4. Простейший поток. Время обслуживания. Классификация систем массового об-	4

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
	служивания.	
2	Практическое занятие 5-6. Задачи обслуживания в системах с отказами. Системы массового обслуживания с неограниченным числом обслуживающих аппаратов.	4
	Практическое занятие 7. Системы массового обслуживания с ожиданием и с ограниченным потоком требований.	2
	Практическое занятие 8. Системы массового обслуживания с ожиданием при условии, что очередь может быть неограниченно длинной.	2
	Практическое занятие 9. Системы массового обслуживания с ожиданием и с ограничением по длине очереди.	2
	Практическое занятие 10. Системы массового обслуживания с ожиданием и с ограниченным временем пребывания в очереди.	2
3	Практическое занятие 11-12. Надежность элемента, работающего до первого отказа.	4
	Практическое занятие 13-14. Надежность восстанавливаемого элемента. Надежность системы.	4
Итого по дисциплине		28

5.5 Лабораторный практикум

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

5.6 Самостоятельная работа

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
1	1. Поиск, анализ информации и проработка учебного материала [1, 5 - 8]. 2. Подготовка к письменной аудиторной работе.	10
2	1. Поиск, анализ информации и проработка учебного материала [1 - 4]. 2. Подготовка к письменной аудиторной работе.	10
3	1. Поиск, анализ информации и проработка учебного материала [1- 5]. 2. Подготовка к письменной аудиторной работе.	10

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
Итого по дисциплине		30

5.7 Курсовые работы

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Смагин, Б. И. **Экономико-математические методы**: учебник для академического бакалавриата / Б. И. Смагин. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 272 с. — (Серия: Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-9814-6. — Режим доступа: <https://biblio-online.ru/bcode/397896>.

2. Круглов, В. М. **Случайные процессы в 2 ч. Часть 1. Основы общей теории**: учебник для академического бакалавриата / В. М. Круглов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 276 с. — (Серия: Авторский учебник). — ISBN 978-5-534-01748-9. — Режим доступа: www.biblio-online.ru/book/EA0DDC3C-FCB4-4AA1-8A17-BD8ADD01852D.

б) дополнительная литература:

3. Кремер, Н. Ш. **Теория вероятностей и математическая статистика в 2 ч. Часть 1. Теория вероятностей**: учебник и практикум для академического бакалавриата / Н. Ш. Кремер. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 264 с. — (Серия: Бакалавр и специалист). — ISBN 978-5-534-01925-4. — Режим доступа: <https://biblio-online.ru/bcode/400513>.

4. Кремер, Н. Ш. **Теория вероятностей и математическая статистика в 2 ч. Часть 2. Математическая статистика**: учебник и практикум для академического бакалавриата / Н. Ш. Кремер. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 254 с. — (Серия: Бакалавр и специалист). — ISBN 978-5-534-01927-8. — Режим доступа: <https://biblio-online.ru/bcode/400514>.

в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

5. **Портал Математика** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://math.ru/>, свободный (дата обращения: 27.07.2017).

г) программное обеспечение (лицензионное), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

6. **Единое окно доступа к образовательным ресурсам** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>, свободный (дата обращения: 27.07.2017).

7. **Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://elibrary.ru/>, свободный (дата обращения: 27.07.2017).

8. **Электронно-библиотечная система издательства «Юрайт»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://biblio-online.ru>, свободный (дата обращения: 27.07.2017).

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерные классы кафедры № 8 (ауд.: 800, 801, 803, 804) с доступом в Интернет, переносной проектор.

Информационно-справочные и материальные ресурсы библиотеки СПбГУ ГА.

Лицензионное программное обеспечение: Microsoft Office.

8 Образовательные и информационные технологии

Дисциплина «Теория массового обслуживания» предполагает использование следующих образовательных технологий: входной контроль, лекции, практические занятия и самостоятельная работа студента.

Входной контроль проводится преподавателем в начале изучения дисциплины с целью коррекции процесса усвоения студентами дидактических единиц. Он осуществляется по вопросам из обеспечивающих дисциплин (п. 2).

Лекция как образовательная технология представляет собой устное, систематически последовательное изложение преподавателем учебного материала с целью организации целенаправленной познавательной деятельности обучающихся по овладению знаниями, умениями и навыками читаемой дисциплины. В лекции делается акцент на реализацию главных идей и направлений в изучении дисциплины, дается установка на последующую самостоятельную работу.

Практическое занятие обеспечивает связь теории и практики, содействует выработке у обучающихся умений и навыков применения знаний, полученных на лекции и в ходе самостоятельной работы. Практические занятия как образовательная технология помогают студентам систематизировать, закрепить и углубить знания теоретического характера.

Самостоятельная работа студента проявляется в систематизации, планировании, контроле и регулировании его учебно-профессиональной деятельности, а также собственные познавательно-мыслительные действия без непосредст-

венной помощи и руководства со стороны преподавателя. Самостоятельная работа подразумевает выполнение студентом поиска, анализа информации, проработку на этой основе учебного материала, а также подготовку к письменным аудиторным работам.

В рамках изучения дисциплины «Теория массового обслуживания» предполагается использовать в качестве информационных технологий среду Microsoft Office.

9 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Фонд оценочных средств дисциплины «Теория массового обслуживания» представляет собой комплекс методических и контрольных измерительных материалов, предназначенных для определения качества результатов обучения и уровня сформированности компетенций обучающихся в ходе освоения данной дисциплины. В свою очередь, задачами использования фонда оценочных средств являются осуществление как текущего контроля успеваемости студентов, так и промежуточной аттестации в форме экзамена.

Фонд оценочных средств дисциплины «Теория массового обслуживания» для текущего контроля успеваемости включает письменную аудиторную работу.

Письменная аудиторная работа предназначена для проверки умений и навыков применять полученные знания для решения практических задач.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде экзамена в 5 семестре. Этот вид промежуточной аттестации позволяет оценить уровень освоения студентом компетенций за весь период изучения дисциплины. Экзамен предполагает устные ответы на 2 теоретических вопроса из перечня вопросов, вынесенных на промежуточную аттестацию, а также решение задачи.

9.1 Балльно-рейтинговая оценка текущего контроля успеваемости и знаний студентов

Тема/вид учебных занятий (оценочных заданий), позволяющих студенту продемонстрировать достигнутый уровень сформированности компетенций	Количество баллов		Срок контроля (порядковый номер недели с начала семестра)	Примечание
	минимальное значение	максимальное значение		
Контактная работа				
<i>Аудиторные занятия</i>				
Лекции №1-7	5,25	8,75	1-14	
Практические занятия №1-14	39,75	61,25	1-14	

Тема/вид учебных занятий (оценочных заданий), позволяющих студенту продемонстрировать достигнутый уровень сформированности компетенций	Количество баллов		Срок контроля (порядковый номер недели с начала семестра)	Примечание
	минимальное значение	максимальное значение		
Итого по обязательным видам занятий	45	70		
Экзамен	15	30		
Итого по дисциплине	60	100		
<i>Премияльные виды деятельности (для учета при определении рейтинга)</i>				
Научные публикации по темам дисциплины		10		
Участие в конференциях по темам дисциплины		10		
Итого дополнительно премияльных баллов		20		
Всего по дисциплине для рейтинга		120		
Перевод баллов балльно-рейтинговой системы в оценку по «академической» шкале				
Количество баллов по БРС	Оценка (по «академической» шкале)			
90 и более	5 – «отлично»			
75÷89	4 – «хорошо»			
60÷74	3 – «удовлетворительно»			
менее 60	2 – «неудовлетворительно»			

9.2 Методические рекомендации по проведению процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Посещение студентом лекционного занятия с ведением конспекта оценивается в 0,75 баллов, активное участие в обсуждении вопросов в ходе лекции оценивается до 0,5 баллов.

Посещение практического занятия (№1-13) с ведением конспекта оценивается от 2,75 до 4,25 баллов (в зависимости от результатов письменной аудиторной работы).

Посещение практического занятия (№14) с ведением конспекта оценивается от 4 до 6 баллов (в зависимости от результатов письменной аудиторной работы).

9.3 Темы курсовых работ (проектов) по дисциплине

В учебном плане курсовых работ (проектов) не предусмотрено.

9.4 Контрольные вопросы для проведения входного контроля остаточных знаний по обеспечивающим дисциплинам

1. Сформулируйте классическое определение вероятности. В чем ограниченность этого определения? В чем различие между вероятностью и относительной частотой?

2. Когда применяют геометрическое определение вероятности? Почему в этих случаях нельзя пользоваться классическим определением?
3. Дайте определение суммы событий. Приведите примеры: суммы двух несовместных событий; суммы двух совместных событий.
4. Сформулируйте и докажите теорему о сложении вероятностей несовместных событий.
5. Дайте определение произведения событий. Приведите примеры: произведения двух независимых событий; произведения двух зависимых событий.
6. Что такое условная вероятность?
7. Сформулируйте теорему об умножении вероятностей для двух событий (общий случай). Какую форму принимает эта теорема в случае, когда события независимы?
8. Приведите формулу полной вероятности.
9. Приведите формулы Байеса.
10. Что такое схема Бернулли?
11. В каких случаях применяются: формула Бернулли; теорема Пуассона; теорема Муавра-Лапласа?
12. Функции нескольких переменных, ее предел и непрерывность.
13. Частные производные функции нескольких переменных.
14. Полный дифференциал функции нескольких переменных, его применение.
15. Производная и полный дифференциал сложной функции.
16. Дифференцирование неявных функции,
17. Производная по направлению.
18. Градиент функции нескольких переменных.
19. Мера области, определение интеграла по области, теорема существования, частные случаи интеграла по области.
20. Основные свойства интегралов по области.

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

Критерий	Этапы формирования	Показатель
<i>Готовность к самостоятельной работе (ОПК-1)</i>		
Знать: - основные понятия, методы и модели теории массового обслуживания;	1 этап формирования	- воспроизводит предельные теоремы теории массового обслуживания;
	2 этап формирования	- вычисляет предельные вероятности в классических задачах теории массового обслуживания;

Критерий	Этапы формирования	Показатель
		живания;
Уметь: – самостоятельно решать задачи по выбору метода и средства проектирования модели системы массового обслуживания;	1 этап формирования	- описывает типы систем массового обслуживания;
	2 этап формирования	- разрабатывает математические модели систем массового обслуживания;
Владеть: - навыками исследования моделей с учетом их иерархической структуры и оценкой пределов применимости полученных результатов;	1 этап формирования	- воспроизводит способы описания систем массового обслуживания;
	2 этап формирования	- анализирует факторы, влияющие на систему массового обслуживания;
<i>Способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, готовностью использовать для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат (ПК-9)</i>		
Знать: – метод нахождения стационарного решения в задаче массового обслуживания;	1 этап формирования	- описывает понятие стационарного решения в задаче массового обслуживания;
	2 этап формирования	- вычисляет характеристики полученной в ходе решения стационарной системы обслуживания;
Уметь: – определять конкретные задачи и последовательность их решения на основе теории массового обслуживания;	1 этап формирования	- описывает методы моделирования простейших марковских систем массового обслуживания;
	2 этап формирования	- анализирует ход решения и результаты поставленной задачи с помощью методов теории массового обслуживания;
Владеть: - навыками построения математических моделей для систем массового обслуживания;	1 этап формирования	- описывает методы моделирования непрерывных и дискретных случайных величин;
	2 этап формирования	- находит числовые характеристики «типовых» классических систем массового обслуживания;

Критерий	Этапы формирования	Показатель
<i>Готовность применять математический аппарат для решения поставленных задач, способностью применить соответствующую процессу математическую модель и проверить ее адекватность, провести анализ результатов моделирования, принять решение на основе полученных результатов (ПК-10)</i>		
Знать: – принципы работы с современными средствами, предназначенными для проектирования модели системы массового обслуживания;	1 этап формирования	- классифицирует системы массового обслуживания;
	2 этап формирования	- строит математические модели функционирования систем массового обслуживания;
Уметь: - строить адекватные теоретико-вероятностные и статистические модели реальных процессов и явлений и проводить их математический анализ;	1 этап формирования	- перечисляет элементы теории вероятностей и теории случайных процессов, используемые при исследовании систем массового обслуживания;
	2 этап формирования	- исследует вероятностные процессы, происходящие в системах массового обслуживания;
Владеть: – методами тестирования и определения качественных характеристик полученной модели;	1 этап формирования	- определяет операционные характеристики системы массового обслуживания;
	2 этап формирования	- рассчитывает показатели эффективности работы системы массового обслуживания;
<i>Способность самостоятельно изучать новые разделы фундаментальных наук (ПК-12)</i>		
Знать: – основные принципы формирования статистических данных для количественных оценок показателей качества реальных систем;	1 этап формирования	- дает определение понятию количественной оценки функционирования систем массового обслуживания;
	2 этап формирования	- применяет методы определения оптимальных качественных и количественных характеристик системы массового обслуживания;
Уметь:	1 этап	- формулирует поставленную

Критерий	Этапы формирования	Показатель
- выполнять интерпретацию математических результатов для реальных систем;	формирования	задачу в терминах теории массового обслуживания;
	2 этап формирования	- формализует практические объекты исследования как объекты теории массового обслуживания;
Владеть: – навыками оценки параметров моделей и получения численных предположений;	1 этап формирования	- исследует аналитически модели систем массового обслуживания;
	2 этап формирования	- оптимизирует структуру построенной модели системы массового обслуживания для повышения ее эффективности;

Характеристики шкалы оценивания приведены ниже.

1. Максимальное количество баллов за экзамен – 30. Минимальное количество баллов за экзамен – 15 баллов.
2. При наборе менее 15 баллов – экзамен не сдан по причине недостаточного уровня знаний.
3. Экзаменационная оценка выставляется как сумма набранных баллов за ответы на вопросы билета и за решение задачи.
4. Ответы на вопросы билета оцениваются следующим образом:
 - *1 балл*: отсутствие продемонстрированных знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта (нет ответа на вопрос) или отказ от ответа;
 - *2 балла*: нет удовлетворительного ответа на вопрос, демонстрация фрагментарных знаний в рамках образовательного стандарта, незнание лекционного материала;
 - *3 балла*: нет удовлетворительного ответа на вопрос, много наводящих вопросов, отсутствие ответов по основным положениям вопроса, незнание лекционного материала;
 - *4 балла*: ответ удовлетворительный, оценивается как минимально необходимые знания по вопросу, при этом студентом продемонстрировано хотя бы минимальное знание всех разделов вопроса в пределах лекционного материала. При этом студентом демонстрируется достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
 - *5 баллов*: ответ удовлетворительный, достаточные знания в объеме учебной программы, ориентированные на воспроизведение; использование научной (технической) терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;

- *6 баллов*: ответ удовлетворительный, студент достаточно ориентируется в основных аспектах вопроса, демонстрирует полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;
 - *7 баллов*: ответ хороший (достаточное знание материала), но требовались наводящие вопросы, студент демонстрирует систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
 - *8 баллов*: ответ хороший, ответом достаточно охвачены все разделы вопроса, единичные наводящие вопросы; студент демонстрирует способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;
 - *9 баллов*: систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; студент демонстрирует способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы;
 - *10 баллов*: ответ на вопрос полный, не было необходимости в дополнительных (наводящих вопросах); студент демонстрирует систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы.
2. Решение задачи оценивается следующим образом:
- *10 баллов*: задание выполнено на 91-100 %, решение и ответ аккуратно оформлены, выводы обоснованы, дана правильная и полная интерпретация выводов, студент аргументировано обосновывает свою точку зрения, уверенно и правильно отвечает на вопросы преподавателя;
 - *9 баллов*: задание выполнено на 86-90 %, решение и ответ аккуратно оформлены, выводы обоснованы, дана правильная и полная интерпретация выводов, студент аргументировано обосновывает свою точку зрения, правильно отвечает на вопросы преподавателя;
 - *8 баллов*: задание выполнено на 81-85 %, ход решения правильный, незначительные погрешности в оформлении; правильная, но не полная интерпретация выводов, студент дает верные, но не полные ответы на вопросы преподавателя, испытывает некоторые затруднения в интерпретации полученных выводов;
 - *7 баллов*: задание выполнено на 74-80 %, ход решения правильный, значительные погрешности в оформлении; правильная, но не полная интерпретация выводов, студент дает правильные, но не полные ответы на вопросы преподавателя, испытывает определенные затруднения в интерпретации полученных выводов;
 - *6 баллов*: задание выполнено 66-75 %, подход к решению правильный, есть ошибки, оформление с незначительными погрешностями, неполная интерпретация выводов, не все ответы на вопросы преподавателя правильные, не способен интерпретировать полученные выводы;
 - *5 баллов*: задание выполнено на 60-65 %, подход к решению правильный, есть ошибки, значительные погрешности при оформлении, неполная интерпретация выводов, не все ответы на вопросы преподавателя правильные, не способен интерпретировать полученные выводы;

- 4 балла: задание выполнено на 55-59 %, подход к решению правильный, есть ошибки, значительные погрешности при оформлении, неполная интерпретация выводов, не все ответы на вопросы преподавателя правильные, не способен интерпретировать полученные выводы;
- 3 балла: задание выполнено на 41-54 %, решение содержит грубые ошибки, неаккуратное оформление работы, неправильная интерпретация выводов, студент дает неправильные ответы на вопросы преподавателя;
- 2 балла: задание выполнено на 20-40 %, решение содержит грубые ошибки, неаккуратное оформление работы, выводы отсутствуют; не может прокомментировать ход решения задачи, дает неправильные ответы на вопросы преподавателя;
- 1 балл: задание выполнено менее, чем на 20 %, решение содержит грубые ошибки, студент не может прокомментировать ход решения задачи, не способен сформулировать выводы по работе.

9.6 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Типовые задания для письменной аудиторной работы.

1-10. В компьютерном зале l персональных компьютеров. Зал эксплуатируется 12 часов в сутки. Интенсивность потока отказов одного компьютера равна λ компьютеров в сутки. Время восстановления одного компьютера одним мастером в среднем составляет T часов. Все потоки простейшие. Определить оптимальное число обслуживающих зал мастеров по ремонту, если производительность зала оценивается по формуле

$$P_{\text{зала}} = \frac{l - \bar{l}_{\text{сл}}}{l} \cdot 100\%,$$

где l - число персональных компьютеров, $\bar{l}_{\text{сл}}$ - среднее число неисправных компьютеров.

Указание: экономически оправдан прием на работу еще одного мастера, если он обеспечивает прирост производительности зала не менее чем на 10% от номинальной.

1. $l = 6, \lambda = 0,2, T = 36.$
2. $l = 5, \lambda = 0,2, T = 30.$
3. $l = 4, \lambda = 0,2, T = 24.$
4. $l = 6, \lambda = 0,15, T = 48.$
5. $l = 5, \lambda = 0,3, T = 20.$
6. $l = 4, \lambda = 0,1, T = 48.$
7. $l = 6, \lambda = 0,3, T = 24.$
8. $l = 5, \lambda = 0,15, T = 40.$
9. $l = 4, \lambda = 0,16, T = 30.$
10. $l = 6, \lambda = 0,24, T = 30.$

11–20. В отделе k телефонных аппаратов. Среднее число поступающих в отдел вызовов равно λ вызовов в час. Входной поток простейший. Время пе-

переговоров распределено по показательному закону и в среднем составляет T минут. Определить: 1) вероятность отказа в переговорах; 2) абсолютную пропускную способность системы; 3) относительную пропускную способность; 4) среднее число занятых аппаратов; 5) коэффициент загрузки оборудования

$$\frac{\bar{k}}{k} \cdot 100 \% .$$

Как изменятся эти показатели работы системы, если в отделе добавить еще один аппарат? Сколько аппаратов необходимо добавить, чтобы отказ получали не более 10 % вызовов?

11. $k = 3, \lambda = 20, T = 10.$

12. $k = 2, \lambda = 15, T = 12.$

13. $k = 2, \lambda = 8, T = 15.$

14. $k = 3, \lambda = 10, T = 18.$

15. $k = 2, \lambda = 5, T = 24.$

16. $k = 4, \lambda = 24, T = 10.$

17. $k = 3, \lambda = 15, T = 12.$

18. $k = 4, \lambda = 30, T = 12.$

19. $k = 2, \lambda = 10, T = 18.$

20. $k = 3, \lambda = 25, T = 6.$

21–30. Разработчик СМО располагает двумя каналами обслуживания. Интенсивность обслуживания одним каналом μ заявок в час. Время обслуживания распределено по показательному закону. Входящий поток заявок простейший с интенсивностью λ заявок в час. Возможны два варианта проекта: вариант 1 – две независимо работающих одноканальных безотказных СМО($1; \infty; \lambda/2; \mu$); вариант 2 – одна двухканальная безотказная СМО($2; \infty; \lambda; \mu$). Провести сравнительный анализ вариантов по следующим показателям эффективности: среднее число занятых каналов; средняя длина очереди; среднее время пребывания заявки в системе.

Провести аналогичный сравнительный анализ в том случае, если при тех же условиях разработчик располагает средствами для организации m мест в очереди для ожидания обслуживания. Рассмотреть два варианта: вариант 1 – две независимо работающих одноканальных СМО($1; m/2; \lambda/2; \mu$); вариант 2 – одна двухканальная СМО($2; m; \lambda; \mu$).

Указание: всюду вектор $(a_1; a_2; a_3; a_4)$ имеет компоненты: a_1 – число каналов обслуживания; a_2 – число мест в очереди; a_3 – интенсивность входного потока; a_4 – интенсивность потока обслуживания.

21. $\lambda = 8, \mu = 5, m = 6 .$

22. $\lambda = 6, \mu = 5, m = 4 .$

23. $\lambda = 6, \mu = 4, m = 6 .$

24. $\lambda = 8, \mu = 7, m = 4 .$

25. $\lambda = 10, \mu = 6, m = 6 .$

26. $\lambda = 10, \mu = 7, m = 4 .$

27. $\lambda = 8, \mu = 6, m = 4 .$

28. $\lambda = 12, \mu = 7, m = 6$.

29. $\lambda = 4, \mu = 3, m = 4$.

30. $\lambda = 10, \mu = 8, m = 4$.

31–40. В двухканальную систему массового обслуживания (СМО) с отказами поступает стационарный пуассоновский поток заявок с интенсивностью λ заявок в минуту. Длительность обслуживания каждой заявки равна $(0,5 + \tau)$ минут, где τ – непрерывная случайная величина, закон распределения которой неизвестен. Статистическое распределение выборки $\{\tau_i\}$ объема $n=100$ имеет вид

τ ,мин	[0; 0,1)	[0,1 ; 0,2)	[0,2 ; 0,3)	[0,3 ; 0,4)	[0,4 ; 0,5)
n_i	10	25	35	15	15

Вновь прибывшая заявка занимает свободный канал с меньшим номером. При занятости всех каналов заявка покидает СМО необслуженной. Требуется:

- 1) построить эмпирическую функцию распределения случайной величины τ ;
- 2) методом обратных функций смоделировать входящий поток и поток обслуживания;
- 3) смоделировать работу СМО методом Монте-Карло;
- 4) по результатам трех испытаний найти среднее число обслуженных заявок за время T ;
- 5) к одному из испытаний (любому) построить временные диаграммы работы СМО.

Указание: В числовых данных задачи: i – номер строки, j – номер столбца для первого случайного числа r_{ij} . Выбор случайных чисел проводить по строкам, начиная с числа r_{ij} , без пропусков и вставок.

31. $\lambda=2, T=5, i=1, j=2$.

32. $\lambda=3, T=4, i=2, j=4$.

33. $\lambda=4, T=3, i=3, j=6$.

34. $\lambda=5, T=3, i=4, j=8$.

35. $\lambda=2, T=6, i=5, j=10$.

36. $\lambda=3, T=5, i=6, j=12$.

37. $\lambda=4, T=4, i=7, j=14$.

38. $\lambda=5, T=4, i=8, j=16$.

39. $\lambda=2, T=4, i=9, j=18$.

40. $\lambda=3, T=3, i=10, j=20$.

Перечень типовых вопросов к экзамену для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

1. Предмет теории массового обслуживания. Основные понятия: заявка, канал обслуживания, система массового обслуживания (СМО).
2. Классификация СМО в зависимости от поведения заявки в системе. СМО с отказами, безотказные СМО, СМО смешанного типа.

3. Классификация СМО в зависимости от характера источника заявок. Открытые и замкнутые СМО.
4. Классификация СМО в зависимости от дисциплины ожидания и обслуживания. Беспriorитетные СМО и СМО с приоритетами.
5. Параметры и характеристики СМО: параметры входящего потока; параметры структуры СМО. Теорема о суммарном потоке.
6. Показатели эффективности СМО. Формула Литтла.
7. Многоканальная СМО с отказами. Задача Эрланга. Формулы Эрланга.
8. Одноканальная СМО с ограниченной очередью. Расчет стационарного распределения и показателей эффективности.
9. Многоканальная СМО с ограниченной очередью. Расчет стационарного распределения и показателей эффективности.
10. Одноканальная СМО с неограниченной очередью. Условия существования стационарного распределения. Расчет показателей эффективности.
11. Многоканальная СМО с неограниченной очередью. Условия существования стационарного распределения. Расчет показателей эффективности.
12. Немарковские СМО. Одноканальная СМО с неограниченной очередью, простейшим входящим потоком и произвольным распределением времени обслуживания. Формулы Полячека-Хинчина.
13. Статистическое моделирование (метод Монте-Карло). Случайные числа, их получение. Разыгрывание дискретной случайной величины.
14. Статистическое моделирование (метод Монте-Карло). Случайные числа, их получение. Разыгрывание полной группы событий.
15. Статистическое моделирование (метод Монте-Карло). Случайные числа, их получение. Разыгрывание непрерывной случайной величины методом обратных функций.
16. Статистическое моделирование (метод Монте-Карло). Случайные числа, их получение. Разыгрывание нормальной случайной величины.
17. Имитационное моделирование работы СМО методом Монте-Карло. Построение временных диаграмм.
18. Имитационное моделирование работы СМО методом Монте-Карло. Расчет трехканальной СМО с отказами.
19. Приведите примеры случайных процессов четырех различных видов.
20. Что такое сечение случайной функции?
21. Перечислите характеристики случайных функций.
22. Что называется корреляционной (автокорреляционной) функцией с.ф. Что она характеризует?
23. Что такое центрированные и нормированные характеристики с.ф.?
24. Какие случайные функции называются элементарными?
25. В чем заключается идея метода канонических разложений случайных функций?
26. Когда применяются интегральные канонические представления?
27. Сформулируйте правило линейного преобразования канонического разложения с.ф.

28. Дайте определения характеристик комплексной случайной величины. Как их вычислить по характеристикам мнимой и действительной части?
29. Какой случайный процесс называется стационарным? Каким свойствами обладает автокорреляционная функция стационарного с.п.?
30. Что такое спектр дисперсий с.ф. ?
31. Когда пользуются нормированной спектральной плотностью стационарной с.ф.?
32. Что называется частотной характеристикой линейной системы?
33. Сформулируйте правило преобразования стационарной случайной функции стационарной линейной системой.
34. В чем состоит эргодическое свойство стационарных случайных функций? Почему для определения характеристик такой функции достаточно одной реализации?

Типовые задачи для промежуточной аттестации:

Задача 1

В процессе эксплуатации ЭВМ возникают неисправности (сбои). Поток сбоев считаем простейшим. Среднее число сбоев за сутки равно $m = 1,5$. Найти вероятности следующих событий:

- А – за $n = 2$ суток нет ни одного сбоя;
- В – за одни сутки будет хотя бы один сбой;
- С – за неделю произойдет не менее $k = 3$ сбоев.

Задача 2

Дисплейный зал имеет $k = 3$ дисплеев. Поток пользователей простейший. Среднее число пользователей, посещающих дисплейный зал за сутки, равно $n = 55$. Время обработки информации одним пользователем на одном дисплее распределено по показательному закону и составляет в среднем $t = 29$ мин. Определить, существует ли стационарный режим работы зала; вероятность того, что пользователей в очереди; среднее число пользователей в зале; среднее время ожидания свободного дисплея; среднее время пребывания пользователя в дисплейном зале.

10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Основными видами учебных занятий по дисциплине «Теория массового обслуживания» являются лекции, практические занятия. Виды учебных занятий определяются рабочей программой дисциплины.

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся по дисциплине «Теория массового обслуживания». Они должны давать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, концентрировать внимание студентов на наи-

более сложных, проблемных вопросах, стимулировать их активную познавательную деятельность и способствовать формированию творческого мышления.

Каждая лекция должна представлять собой устное изложение лектором основных теоретических положений изучаемой дисциплины или отдельной темы как логически законченное целое и иметь конкретную целевую установку. Лекции должны носить, как правило, проблемный характер. Основным методом в лекции выступает устное изложение лектором учебного материала.

Практическим занятиям предшествует лекции и целенаправленная самостоятельная подготовка студентов, поэтому темы практических занятий и практических заданий заранее сообщаются обучающимся для того, чтобы они имели возможность подготовиться и проработать соответствующие теоретические вопросы дисциплины.

В начале каждого практического занятия преподаватель кратко доводит до обучающихся его цель и задачи и обращает внимание обучающихся на наиболее сложные вопросы, относящиеся к изучаемой теме.

Самостоятельная работа студента является составной частью учебной работы. Ее основной целью является формирования навыка самостоятельного приобретения знаний по некоторым не особо сложным вопросам теоретического курса, закрепление и углубление полученных знаний, самостоятельная работа со справочниками, периодическими изданиями и научной литературой, в том числе находящимися в глобальных компьютерных сетях.

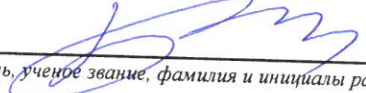
При изучении тем дисциплины «Теория массового обслуживания» обучающимся необходимо: ознакомиться с изложенным теоретическим материалом; акцентировать внимание на основных понятиях каждой конкретной темы; пройти тестирование (входной контроль); выполнить задания на самостоятельную работу; подготовиться к сдаче промежуточной аттестации в виде экзамена с использованием конспекта лекций.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика».

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры №16 Прикладной математики

« 22 » Декабря 2014 года, протокол № 5.

Разработчики

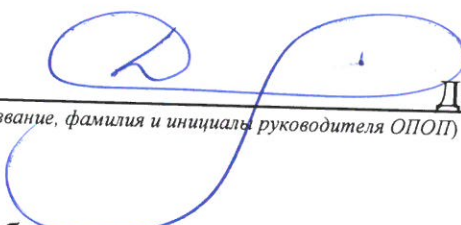
д. ф.-м. н., профессор  Береславский Э. Н.
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчиков)

Заведующий кафедрой № 8 Прикладной математики и информатики

к.т.н., доцент  Далингер Я.М.
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Программа согласована:

Руководитель ОПОП

к.т.н., доцент  Далингер Я.М.
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя ОПОП)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Университета « 21 » января 2015 года, протокол № 4.

С изменениями и дополнениями от « 30 » августа 2017 года, протокол № 10 (в соответствии с Приказом от 5 апреля 2017 г. № 301 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»).