

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

УТВЕРЖДЕНО  
решиением Ученого ФМИАТ  
от «21» \_\_ мая 2023 г., протокол 5/24

Председатель \_\_\_\_\_ М.А. Волков  
расшифровка подписи



«21» мая 2024 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Теория массового обслуживания
Факультет	Математики, информационных и авиационных технологий
Кафедра	Прикладной математики
Курс	4

Направление (специальность): 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль/специализация): Имитационное моделирование и анализ данных

Форма обучения: очная

Дата введения в учебный процесс УлГУ: 1 сентября 2024 г.


Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ 20\_\_ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ 20\_\_ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ 20\_\_ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Савинов Ю.Г.	ПМ	Доцент, к.ф.м.н., доцент

СОГЛАСОВАНО
Заведующий выпускающей кафедрой
 / Бутов А.А. /
Подпись / ФИО
«21» мая 2024 г.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

Данная дисциплина знакомит студентов с фундаментальными методами теории массового обслуживания (ТМО) и непосредственно связана с "Теорией вероятностей и математической статистикой".

**Предметом** изучения являются системы массового обслуживания (СМО), допускающие общее траекторное описание (в том числе общее – семимартингалное, а также исторически первичное - марковское и полумарковское, называемое в старых вероятностных школах классическим), а также методы их анализа.

**Целью** курса «Теория массового обслуживания» является изучение основных понятий и методов исследования теории массового обслуживания, как марковской, так и современной, построение математических моделей реальных систем в виде СМО, нахождение и интерпретация основных вероятностно-временных характеристик СМО. В процессе обучения студенты должны усвоить методику построения СМО и приобрести навыки исследования и решения задач ТМО.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:

Дисциплина «Теория массового обслуживания» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» Основной Профессиональной Образовательной Программы по направлению подготовки бакалавров 01.03.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Имитационное моделирование и анализ данных».

Данная дисциплина базируется на входных знаниях, умениях, навыках и компетенциях студента, полученных им при изучении предшествующих учебных дисциплин, указанных в Приложении к данной рабочей программе (в фондах оценочных средств – далее ФОС, пункт 1).

Результаты освоения дисциплины будут необходимы для дальнейшего процесса обучения в рамках поэтапного формирования компетенций при изучении последующих дисциплин (указаны в ФОС, пункт 1), а также для прохождения всех видов практик и государственной итоговой аттестации.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
УК-1 – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	<b>уметь:</b> выбирать для реальных систем адекватные математические модели обслуживания, математически корректно применять методы исследования моделей массового обслуживания
УК-2 – Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать	<b>знать:</b> основные понятия теории массового обслуживания, основные классы

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	систем массового обслуживания, методы их исследования.
УК-3 – Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	<b>владеть:</b> знаниями основных понятий, утверждений, а также методами исследования теории массового обслуживания.
ПК-1 – способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	<b>знать:</b> основные понятия теории массового обслуживания, основные классы систем массового обслуживания, методы их исследования.
ПК-3 – способность работать в составе научно-исследовательского или производственного коллектива и решать задачи профессиональной деятельности	<b>владеть:</b> знаниями основных понятий, утверждений, а также методами исследования теории массового обслуживания.
ПК-5 – способность составлять и контролировать план выполняемой работы, планировать необходимые для выполнения работы ресурсы, оценивать результаты собственной работы	<b>уметь:</b> получать основные вероятностно-временные характеристики моделей обслуживания, выполнять интерпретацию математических результатов для реальных систем.

#### 4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего): 4 зачетных единицы.

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах):

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения: очная)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		7
1	2	3
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	72	72
Аудиторные занятия	72	72
Лекции	36/36	36/36
Семинары и практические занятия	36/36	36/36
Лабораторные работы, практикумы	–	–
Самостоятельная работа	36	36
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа,	устный опрос, проверка решения задач	устный опрос, проверка решения задач

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)		
Курсовая работа	–	–
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	экзамен 36	экзамен 36
Всего часов по дисциплине	144	144

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ЛЛС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения.

#### 4.3. Содержание дисциплины (модуля). Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения: очная.

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции и	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>7 семестр</b>							
<b>Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ</b>							
1.1. Предмет дисциплины. Исторические сведения о развитии раздела математики ТМО и методов компьютерного имитационного стохастического моделирования СМО.	2	1				1	устный опрос
1.2. Роль и место ТМО в системе математического образования и прикладного компьютерного	2	1				1	устный опрос

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		


о моделирования							
..							
<b>Раздел 2. МАРКОВСКИЙ ПОДХОД В ЭЛЕМЕНТАХ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ</b>							
2.1. Показательное распределение и его свойства, связанные с ним распределения вероятностей. Распределение Эрланга. Производящие функции.	6	2	2			2	устный опрос, проверка решения задач
2.2. Марковские процессы с конечным или счетным множеством состояний. Цепи Маркова. Эргодическое и стационарное распределения. Инфинитезимальные интенсивности перехода. Уравнения Колмогорова. Марковские процессы размножения и гибели.	12	4	4			2 4	устный опрос, проверка решения задач
2.3. Понятие о случайном потоке событий. Рекуррентный поток. Простейший поток и его свойства. Стационарные	6	2	2			2 2	устный опрос, проверка решения задач

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

и нестандартные потоки. Время обслуживания.								
2.4. Классификация систем массового обслуживания. Система обозначений Кендалла-Ли. Марковские системы обслуживания. Задача Эрланга. Уравнения Колмогорова-Чэпмена для марковских систем обслуживания.	6	2	2			2	2	устный опрос, проверка решения задач
2.5. Полумарковские процессы. Линейчатые процессы.	6	2	2				2	устный опрос, проверка решения задач
2.6. Полумарковские системы обслуживания. Распределение числа заявок и времени ожидания в СМО типа M/G/1.	6	2	2				2	устный опрос, проверка решения задач
2.7. Системы типа G/M/m. Условное распределение длины очереди. Условное распределение времени ожидания.	6	2	2				2	устный опрос, проверка решения задач
<b>Раздел 3. СЕМИМАРТИНГАЛЬНЫЙ ПОДХОД В ТЕОРИИ МАССОВОГО</b>								

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

<b>ОБСЛУЖИВАНИЯ</b>							
3.1. Точечные процессы. Компенсаторы процессов. Мультивариантные процессы. Семимартингальное каноническое представление. Компенсаторы мер скачков. Случайные блуждания (процессы размножения и гибели), процессы блуждания с отражениями.	6	2	2			2	устный опрос, проверка решения задач
3.2. Семимартингальное представление в траекторной модели СМО. Предсказуемые и корреляционные характеристики и считающих процессов и процессов очередей заявок в составных (сложных) СМО. Связь с инфинитезимальным представлением процессов в СМО. Траекторное моделирование СМО с	6	2	2			2	устный опрос, проверка решения задач

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

задержками и блокировками заявок.							
3.3. Предсказуемые характеристик и процессов в немарковских системах, включая случаи неэкспоненциальных распределений времен между поступлениями заявок, задержек, общих функциональных зависимостей. Траекторное моделирование СМО с приоритетами.	6	2	2			2	устный опрос, проверка решения задач
3.4. Функциональные предельные теоремы для семимартигалов и анализ устойчивости СМО в нестационарных системах.	6	2	2			2	
3.5. Семимартигальные методы оценивания параметров процессов в СМО.	6	2	2			2	устный опрос, проверка решения задач
3.6. Траекторные семимартигальные методы компьютерного	6	2	2			2	устный опрос, проверка решения задач



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

моделирования точечных, мультивариантных процессов и случайных блужданий по предсказуемым характеристикам.							
3.7. Методы компьютерного моделирования считающих процессов потоков и очередей в СМО по предсказуемым характеристикам, проведение компьютерных экспериментов, анализ экспериментальных результатов.	6	2	2		2	2	устный опрос, проверка решения задач
3.8. Особенности имитационного компьютерного моделирования в немарковском случае.	6	2	2		2	2	устный опрос, проверка решения задач
3.9. Траекторное моделирование СМО с «нетерпеливыми» заявками.	6	2	2		2	2	устный опрос, проверка решения задач
Экзамен	36						
Всего	144	36	36		12	36	

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### ***Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ***

- 1.1 Предмет дисциплины. Исторические сведения о развитии раздела математики ТМО и методов компьютерного имитационного стохастического моделирования СМО.
- 1.2. Роль и место ТМО в системе математического образования и прикладного компьютерного моделирования.

### ***Раздел 2. МАРКОВСКИЙ ПОДХОД В ЭЛЕМЕНТАХ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ***

- 2.1. Показательное распределение и его свойства, связанные с ним распределения вероятностей. Распределение Эрланга. Производящие функции.
- 2.2. Марковские процессы с конечным или счетным множеством состояний. Цепи Маркова. Эргодическое и стационарное распределения. Инфинитезимальные интенсивности перехода. Уравнения Колмогорова. Марковские процессы размножения и гибели.
- 2.3. Понятие о случайном потоке событий. Рекуррентный поток. Простейший поток и его свойства. Стационарные и нестандартные потоки. Время обслуживания.
- 2.4. Классификация систем массового обслуживания. Система обозначений Кендалла-Ли. Марковские системы обслуживания. Задача Эрланга. Уравнения Колмогорова-Чэпмена для марковских систем обслуживания.
- 2.5. Полумарковские процессы. Линейчатые процессы.
- 2.6. Полумарковские системы обслуживания. Распределение числа заявок и времени ожидания в СМО типа M/G/1.
- 2.7. Системы типа G/M/m. Условное распределение длины очереди. Условное распределение времени ожидания.

### ***Раздел 3. СЕМИМАРТИНГАЛЬНЫЙ ПОДХОД В ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ***

- 3.1. Точечные процессы. Компенсаторы процессов. Мультивариантные процессы. Семимартингальное каноническое представление. Компенсаторы мер скачков. Случайные блуждания (процессы размножения и гибели), процессы блуждания с отражениями.
- 3.2. Семимартингальное представление в траекторной модели СМО. Предсказуемые и корреляционные характеристики считающих процессов и процессов очередей заявок в составных (сложных) СМО. Связь с инфинитезимальным представлением процессов в СМО. Траекторное моделирование СМО с задержками и блокировкой заявок.
- 3.3. Предсказуемые характеристики процессов в немарковских системах, включая случаи неэкспоненциальных распределений времен между поступлениями заявок, задержек, общих функциональных зависимостей. Траекторное моделирование СМО с приоритетами.
- 3.4. Функциональные предельные теоремы для семимартингалов и анализ устойчивости СМО в нестационарных системах.
- 3.5. Семимартингальные методы оценивания параметров процессов в СМО.
- 3.6. Траекторные семимартингальные методы компьютерного моделирования точечных, мультивариантных процессов и случайных блужданий по предсказуемым характеристикам.
- 3.7. Методы компьютерного моделирования считающих процессов потоков и очередей в СМО по предсказуемым характеристикам, проведение компьютерных экспериментов, анализ экспериментальных результатов.
- 3.8. Особенности имитационного компьютерного моделирования в немарковском случае.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

3.9. Траекторное моделирование СМО с «нетерпеливыми» заявками.


## 6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

### ***Раздел 2. МАРКОВСКИЙ ПОДХОД В ЭЛЕМЕНТАХ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ***

- 2.1. Показательное распределение и его свойства, связанные с ним распределения вероятностей. Распределение Эрланга. Производящие функции.
- 2.2. Марковские процессы с конечным или счетным множеством состояний. Цепи Маркова. Эргодическое и стационарное распределения. Инфинитезимальные интенсивности перехода. Уравнения Колмогорова. Марковские процессы размножения и гибели.
- 2.3. Понятие о случайном потоке событий. Рекуррентный поток. Простейший поток и его свойства. Стационарные и нестандартные потоки. Время обслуживания.
- 2.4. Классификация систем массового обслуживания. Система обозначений Кендалла-Ли. Марковские системы обслуживания. Задача Эрланга. Уравнения Колмогорова-Чэпмена для марковских систем обслуживания.
- 2.5. Полумарковские процессы. Линейчатые процессы.
- 2.6. Полумарковские системы обслуживания. Распределение числа заявок и времени ожидания в СМО типа M/G/1.
- 2.7. Системы типа G/M/m. Условное распределение длины очереди. Условное распределение времени ожидания.

### ***Раздел 3. СЕМИМАРТИНГАЛЬНЫЙ ПОДХОД В ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ***

- 3.1. Точечные процессы. Компенсаторы процессов. Мультивариантные процессы. Семимартингальное каноническое представление. Компенсаторы мер скачков. Случайные блуждания (процессы размножения и гибели), процессы блуждания с отражениями.
- 3.2. Семимартингальное представление в траекторной модели СМО. Предсказуемые и корреляционные характеристики считающих процессов и процессов очередей заявок в составных (сложных) СМО. Связь с инфинитезимальным представлением процессов в СМО. Траекторное моделирование СМО с задержками и блокировками заявок.
- 3.3. Предсказуемые характеристики процессов в немарковских системах, включая случаи неэкспоненциальных распределений времен между поступлениями заявок, задержек, общих функциональных зависимостей. Траекторное моделирование СМО с приоритетами.
- 3.4. Функциональные предельные теоремы для семимартингалов и анализ устойчивости СМО в нестационарных системах.
- 3.5. Семимартингальные методы оценивания параметров процессов в СМО.
- 3.6. Траекторные семимартингальные методы компьютерного моделирования точечных, мультивариантных процессов и случайных блужданий по предсказуемым характеристикам.
- 3.7. Методы компьютерного моделирования считающих процессов потоков и очередей в СМО по предсказуемым характеристикам, проведение компьютерных экспериментов, анализ экспериментальных результатов.
- 3.8. Особенности имитационного компьютерного моделирования в немарковском случае.
- 3.9. Траекторное моделирование СМО с «нетерпеливыми» заявками.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

## 7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

## 8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Выполнение курсовых, контрольных работ и рефератов не предусмотрено учебным планом.

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Показательное распределение. Его свойства. Лемма1, Лемма2, Лемма3. Теорема1.
2. Определение Марковского процесса. Цепи Маркова. Вероятности перехода. Эргодическое и стационарное распределение.
3. Стандартная цепь Маркова. Равномерная непрерывность переходных вероятностей стандартной однородной цепи Маркова.
4. Определение инфинитезимальных характеристик цепи Маркова и их вероятностный смысл. Классификация состояний цепи Маркова с их помощью.
5. Прямые и обратные уравнения Колмогорова для вероятностей переходов.
6. Уравнения Колмогорова для безусловных вероятностей. Эргодичность цепи Маркова с конечным и счетным числом состояний. Уравнение равновесия.
7. Процесс размножения и гибели. Уравнения Колмогорова для процесса размножения и гибели. Стационарное распределение для процесса размножения и гибели.
8. Процесс чистого размножения. Распределение времени. Вероятность рождения за время  $t$ .
9. Полумарковская последовательность. Переходная функция. Эквивалентные условия (Лемма).
10. Полумарковский процесс, сконструированный по полумарковской последовательности.
11. Определение линейчатого процесса. Марковость линейчатого процесса.
12. Преобразование Лапласа-Стилтьеса и его свойства.
13. Понятие о случайном потоке событий. Рекуррентный поток с запаздыванием. Преобразования Лапласа-Стилтьеса распределенного числа заявок рекуррентного потока с запаздыванием.
14. Простейший поток. Вероятность поступления  $k$  заявок на интервале  $(0, t)$ .
15. Стационарность, ординарность, отсутствие последствия. Эти свойства для простейшего потока.
16. Интенсивность Пуассоновского потока. Определение параметра простейшего потока. Суперпозиция.
17. Просеивание Пуассоновского потока. Поток просеянных заявок. Эрланговский поток.
18. Стационарный поток. Определение параметра потока. Стационарный поток без последствия. Производящая функция числа заявок потока.
19. Нестационарный ординарный поток без последствия с переменным параметром. Мгновенное значение параметра потока. Вероятность поступления  $k$  заявок в  $(t_0, t)$ .
20. Классификация СМО. Обозначения Кендалла.
21. Марковские СМО. Система М/М/1.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

22. Задачи Эрланга. Система  $M/M/n/0$ .
23. Задачи Эрланга. Система  $M/M/n/N$ .
24. Задачи Эрланга. Система  $M/M/\infty$ . Стационарное и нестационарное распределение.
25. Метод фаз Эрланга. Система  $\vec{M}/E_k/1/0$ .
26. Полумарковские СМО. Метод вложенных цепей Маркова. Система  $M/G/1$ .
27. СМО с приоритетами, пример.
28. СМО с многоэтапным обслуживанием и блокировкой заявок.
29. СМО с многоэтапным обслуживанием и задержкой в обслуживании заявок.
30. СМО с «нетерпеливыми» заявками.

## 10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Форма обучения: очная.


Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы ( <i>проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.</i> )	Объем в часах	Форма контроля ( <i>проверка решения задач, реферата и др.</i> )
<b>7 семестр</b>			
<b>Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ</b>			
1.1. Предмет дисциплины. Исторические сведения о развитии раздела математики ТМО и методов компьютерного имитационного стохастического моделирования СМО.	Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена	1	устный опрос, проверка решения задач
1.2. Роль и место ТМО в системе математического образования и прикладного компьютерного моделирования..	Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена	1	устный опрос, проверка решения задач
<b>Раздел 2. МАРКОВСКИЙ ПОДХОД В ЭЛЕМЕНТАХ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ</b>			
2.1. Показательное распределение и его свойства, связанные с ним распределения вероятностей. Распределение Эрланга. Производящие функции.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	2	устный опрос, проверка решения задач
2.2. Марковские	Проработка учебного материала, решение	4	устный опрос,

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

процессы с конечным или счетным множеством состояний. Цепи Маркова. Эргодическое и стационарное распределения. Инфинитезимальные интенсивности перехода. Уравнения Колмогорова. Марковские процессы размножения и гибели.	задач, подготовка к сдаче экзамена		проверка решения задач
2.3. Понятие о случайном потоке событий. Рекуррентный поток. Простейший поток и его свойства. Стационарные и нестандартные потоки. Время обслуживания.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	2	устный опрос, проверка решения задач
2.4. Классификация систем массового обслуживания. Система обозначений Кендалла-Ли. Марковские системы обслуживания. Задача Эрланга. Уравнения Колмогорова-Чэпмена для марковских систем обслуживания.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	2	устный опрос, проверка решения задач
2.5. Полумарковские процессы. Линейчатые процессы.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	2	устный опрос, проверка решения задач
2.6. Полумарковские системы обслуживания. Распределение числа заявок и времени ожидания в СМО типа M/G/1.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	2	устный опрос, проверка решения задач

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

2.7. Системы типа G/M/m. Условное распределение длины очереди. Условное распределение времени ожидания.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	2	устный опрос, проверка решения задач
<b>Раздел 3. СЕМИМАРТИНГАЛЬНЫЙ ПОДХОД В ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ</b>			
3.1. Точечные процессы. Компенсаторы процессов. Мультивариантные процессы. Семимартингальное каноническое представление. Компенсаторы мер скачков. Случайные блуждания (процессы размножения и гибели), процессы блуждания с отражениями.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	2	устный опрос, проверка решения задач
3.2. Семимартингальное представление в траекторной модели СМО. Предсказуемые и корреляционные характеристики считающих процессов и процессов очередей заявок в составных (сложных) СМО. Связь с инфинитезимальным представлением процессов в СМО. Траекторное моделирование СМО с задержками и блокировками заявок.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	2	устный опрос, проверка решения задач
3.3. Предсказуемые характеристики процессов в немарковских системах, включая случаи	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	2	устный опрос, проверка решения задач

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

неэкспоненциальных распределений времен между поступлениями заявок, задержек, общих функциональных зависимостей. Траекторное моделирование СМО с приоритетами.			
3.4. Функциональные предельные теоремы для семимартингалов и анализ устойчивости СМО в нестационарных системах.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	2	устный опрос, проверка решения задач
3.5. Семимартингаловые методы оценивания параметров процессов в СМО.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	2	устный опрос, проверка решения задач
3.6. Траекторные семимартингаловые методы компьютерного моделирования точечных, мультивариантных процессов и случайных блужданий по предсказуемым характеристикам.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	2	устный опрос, проверка решения задач
3.7. Методы компьютерного моделирования считающих процессов потоков и очередей в СМО по предсказуемым характеристикам, проведение компьютерных экспериментов, анализ экспериментальных результатов.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	2	устный опрос, проверка решения задач
3.8. Особенности	Проработка учебного материала, решение	4	устный опрос,



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

имитационного компьютерного моделирования немарковском случае. в	задач, подготовка к сдаче экзамена		проверка решения задач
3.9. Траекторное моделирование СМО «нетерпеливыми» заявками. с	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	2	устный опрос, проверка решения задач

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы

#### основная

1. Климов Г.П. Теория массового обслуживания [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.П. Климов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2011. — 312 с. — 978-5-211-05827-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13316.html>
2. Карташевский В.Г. Задачник по курсу основы теории массового обслуживания [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Г. Карташевский, Н.В. Киреева, Л.Р. Чупахина. — Электрон. текстовые данные. — Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 121 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/75373.html>

#### дополнительная

1. Боровков Александр Алексеевич. Асимптотические методы в теории массового обслуживания / Боровков Александр Алексеевич. - М. : Наука, 1980. - 381 с.
2. Теория массового обслуживания: учебно-методическое пособие / Бутов А.А., Савинов Ю.Г. - Ульяновск: УлГУ, 2007. - 43 с. - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/389>
3. Бутов А.А., Раводин К.О. Теория случайных процессов: учебно-методическое пособие. - Ульяновск: УлГУ, 2009. - 62 стр. - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/823>

#### учебно-методическая

1. Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Теория массового обслуживания» для студентов бакалавриата по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» / Ю. Г. Савинов; УлГУ, Фак. математики, информ. и авиац. технологий. - Ульяновск : УлГУ, 2022. - Загл. с экрана; Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 391 КБ). - Текст : электронный. <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/4776>

Согласовано:

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
 Должность сотрудника научной библиотеки / ФИО / подпись / дата

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

**б) Программное обеспечение:** МойОфис Стандартный, Альт Рабочая станция 8.

*в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы*

**1. Электронно-библиотечные системы:**

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2024]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2024]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2024]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2024]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2024]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. / ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2024].

**3. Базы данных периодических изданий:** eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2024]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

**4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»** : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2024]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

5. **Российское образование** : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО».  
– URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

6. **Электронная библиотечная система УлГУ** : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Согласовано:

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
 Должность сотрудника УИТиТ / ФИО / подпись / дата

## 12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций.

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе, указывается в соответствии со сведениями о материально-техническом обеспечении и оснащённости образовательного процесса, размещёнными на официальном сайте УлГУ в разделе «Сведения об образовательной организации».

## 13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ЛЛС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик



подпись

доцент

должность

Савинов Ю.Г.

ФИО