

Подписано электронной подписью:  
Вержицкий Данил Григорьевич  
Должность: Директор КГПИ ФГБОУ ВО «КемГУ»  
Дата и время: 2024-04-24 00:00:00  
471086fad29a3b30e244e728abc3661ab35e9d50210dcf0e75e03a5b6fdf6436

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Кузбасский гуманитарно-педагогический институт  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Кемеровский государственный университет»

Факультет информатики, математики и экономики

УТВЕРЖДАЮ  
Декан А.В. Фомина  
«09» февраля 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Б1.О.24 Случайные процессы и имитационное моделирование**

Направление подготовки  
**01.03.02 Прикладная математика и информатика**

Направленность (профиль) подготовки  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ**

Программа бакалавриата

Квалификация выпускника  
*бакалавр*

Форма обучения  
*Очная*

Год набора 2021

Новокузнецк 2023

## Оглавление

1 Цель дисциплины .....	3
1.1 Формируемые компетенции.....	3
1.2 Индикаторы достижения компетенций.....	3
1.3 Знания, умения, навыки (ЗУВ) по дисциплине .....	3
2 Объём и трудоёмкость дисциплины по видам учебных занятий. Формы промежуточной аттестации. ....	4
3. Учебно-тематический план и содержание дисциплины.....	4
3.1 Учебно-тематический план .....	4
3.2. Содержание занятий по видам учебной работы.....	5
4 Порядок оценивания успеваемости и сформированности компетенций обучающегося в текущей и промежуточной аттестации.....	7
5 Материально-техническое, программное и учебно-методическое обеспечение дисциплины .....	8
5.1 Учебная литература .....	8
5.2 Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины.....	8
5.3 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....	9
6 Иные сведения и (или) материалы.....	9
6.1. Примерные вопросы и задания / задачи для промежуточной аттестации .....	9

## 1 Цель дисциплины.

В результате освоения данной дисциплины у обучающегося должны быть сформированы компетенции основной профессиональной образовательной программы бакалавриата (далее - ОПОП): ОПК-3.

Содержание компетенций как планируемых результатов обучения по дисциплине см. таблицы 1 и 2.

### 1.1 Формируемые компетенции

Таблица 1 - Формируемые дисциплиной компетенции

Наименование вида компетенции (универсальная, общепрофессиональная, профессиональная)	Наименование категории (группы) компетенций	Код и название компетенции
Общепрофессиональная	Теоретические и практические основы профессиональной деятельности	ОПК-3 Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности

### 1.2 Индикаторы достижения компетенций

Таблица 2 – Индикаторы достижения компетенций, формируемые дисциплиной

Код и название компетенции	Индикаторы достижения компетенции по ОПОП	Дисциплины и практики, формирующие компетенцию ОПОП
ОПК-3 Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	3.1 Применяет типовые математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности 3.2 Адаптирует математические модели к конкретным профессиональным задачам 3.3 Производит модификации математических моделей	Б1.О.15 Основы математического моделирования Б1.О.21 Математическое моделирование в профессиональной деятельности Б1.О.23 Прикладная статистика и анализ данных <b>Б1.О.24 Случайные процессы и имитационное моделирование</b> Б1.О.27 Машинное обучение Б2.О.02(У) Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы) Б2.О.04(П) Научно-исследовательская работа

### 1.3 Знания, умения, навыки (ЗУВ) по дисциплине

Таблица 3 – Знания, умения, навыки, формируемые дисциплиной

Код и название компетенции	Индикаторы достижения компетенции, закрепленные за дисциплиной	Знания, умения, навыки (ЗУВ), формируемые дисциплиной
ОПК-3 Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	3.1 Применяет типовые математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности 3.2 Адаптирует математические	<b>Знать:</b> - математические методы моделирования по тематике выполняемых научно-исследовательских прикладных задач или опытно-конструкторских работ. <b>Уметь:</b> - разрабатывать модель развития случайного процесса, определять его влияние на систему;

Код и название компетенции	Индикаторы достижения компетенции, закрепленные за дисциплиной	Знания, умения, навыки (ЗУВ), формируемые дисциплиной
	<p>модели к конкретным профессиональным задачам</p> <p>3.3 Производит модификации математических моделей</p>	<p>- строить физические и математические модели реально функционирующих систем и описывать их эволюцию в терминах случайных процессов.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>- методами анализа и моделирования случайных процессов;</p> <p>- навыками построения моделирующих алгоритмов при проектировании и разработке программных продуктов.</p>

## 2 Объём и трудоёмкость дисциплины по видам учебных занятий. Формы промежуточной аттестации.

Таблица 4 – Объем и трудоемкость дисциплины по видам учебных занятий

Общая трудоемкость и виды учебной работы по дисциплине, проводимые в разных формах	Объём часов по формам обучения
	ОФО
1 Общая трудоемкость дисциплины	108
2 Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	60
Аудиторная работа (всего):	60
в том числе:	
лекции	18
практические занятия	42
в интерактивной форме	
3 Самостоятельная работа обучающихся (всего)	48
4 Промежуточная аттестация обучающегося - зачет	

## 3. Учебно-тематический план и содержание дисциплины.

### 3.1 Учебно-тематический план

Таблица 5 - Учебно-тематический план очной формы обучения

№ недели п/п	Разделы и темы дисциплины по занятиям	Общая трудоёмкость (всего час.)	Трудоёмкость занятий (час.)				Формы текущего контроля и промежуточной аттестации успеваемости
			ОФО				
			Аудиторн. занятия			СРС	
			лекц.	практ.	лаб.		
<b>Семестр 8</b>							
1	<b>1. Потоки событий</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>4</b>		<b>4</b>	Контрольная работа №1
	<b>2. Случайные процессы</b>	<b>44</b>	<b>10</b>	<b>14</b>		<b>20</b>	
2	2.1 Случайный процесс и его характеристики	8	2	2		4	Тест
3	2.2 Выбросы случайных процессов	10	2	4		4	
4	2.3 Нестационарный случайный процесс (временной ряд)	10	2	4		4	Контрольная работа №2

№ недели п/п	Разделы и темы дисциплины по занятиям	Общая трудоёмкость (всего час.)	Трудоёмкость занятий (час.)				Формы текущего контроля и промежуточной аттестации успеваемости
			ОФО				
			Аудиторн. занятия			СРС	
			лекц.	практ.	лаб.		
5	2.4 Марковский случайный процесс	16	4	4		8	Контрольная работа №3
	<b>3. Системы массового обслуживания</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>8</b>		<b>8</b>	
6	3.1 Одноканальная СМО	9	1	4		4	Контрольная работа №4
7	3.2 Многоканальная СМО	9	1	4		4	Контрольная работа №5
	<b>4. Имитационное моделирование</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>16</b>		<b>16</b>	
8	4.1 Моделирование процессов в GPSS	16	2	6		8	Индивидуальное задание №1
9	4.2 Моделирование процессов в BP Simulator	9	1	4		4	Индивидуальное задание №2
10	4.3 Моделирование в AnyLogic	11	1	6		4	Индивидуальное задание №3
	Промежуточная аттестация - зачет						зачет
<b>ИТОГО по семестру 8</b>		<b>108</b>	<b>18</b>	<b>42</b>		<b>48</b>	
	<b>Всего:</b>	<b>108</b>	<b>24</b>	<b>36</b>		<b>48</b>	

### 3.2. Содержание занятий по видам учебной работы

Таблица 6 – Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание занятия
<b>Семестр 8</b>		
<i>Содержание лекционного курса</i>		
1	<i>Потоки событий</i>	
1	Потоки событий	<i>Поток событий. Однородный поток. Регулярный поток. Простейший пуассоновский поток. Ординарный поток. Поток без последствия. Поток Пальма. Поток Эрланга. Интенсивность потока. Стационарный и нестационарный поток. Плотность потока. Математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратическое отклонение.</i>
2	<i>Случайные процессы</i>	
2.1	Случайный процесс и его характеристики	<i>Понятие случайного процесса. Область определения и фазовое пространство случайного процесса. Стационарный случайный процесс. Непрерывный нормальный стационарный случайный процесс.</i>
2.2	Выбросы случайных процессов	<i>Понятие выброса случайного процесса. Построение корреляционных функций случайных процессов. Спектральное разложение стационарных случайных процессов. Белый шум</i>
2.3	Нестационарный случайный процесс (временной ряд)	<i>Определение параметров временного ряда. Сглаживание скользящими средними. Экспоненциальное сглаживание. Анализ тренда, анализ сезонности.</i>
2.4	Марковский случайный процесс	<i>Граф состояний системы. Размеченный граф состояний системы. Марковская цепь. Вероятности состояний. Начальное распределение вероятностей. Вероятности перехода. Марковские процессы с дискретными состояниями и</i>

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание занятия
		<i>дискретным временем. Марковские процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем</i>
3	<i>Системы массового обслуживания</i>	
3.1	Одноканальная СМО	<i>Понятие системы массового обслуживания. Заявка, обслуживающее устройство, обслуживание, длительность обслуживания, интенсивность обслуживания, накопитель, очередь, длина очереди, дисциплина обслуживания. Классификация СМО: без накопителя, с накопителем ограниченной емкости (СМО с потерями), с накопителем неограниченной емкости (СМО без потерь). Одноканальная СМО. Математическая модель одноканальной СМО с отказами. Математическая модель одноканальной СМО с неограниченной очередью. Математическая модель одноканальной СМО с ограниченной очередью.</i>
3.2	Многоканальная СМО	<i>Многоканальная СМО. Математическая модель многоканальной СМО с отказами. Математическая модель многоканальной СМО с неограниченной очередью.</i>
4	<i>Имитационное моделирование</i>	
4.1	Моделирование процессов в GPSS	<i>Идея метода имитационного моделирования. Этапы имитационного моделирования. Формирование стандартно распределенных случайных величин. Обзор средств моделирования. Язык моделирования GPSS.</i>
4.2	Моделирование процессов в BP Simulator	<i>Понятие бизнес-процесса. Модель бизнес-процесса. Блок-схема бизнес-процесса. Построение модели бизнес-процесса в BP Simulator.</i>
4.3	Моделирование в AnyLogic	<i>Моделирование в AnyLogic. Агенты и агентное моделирование. Блоки AnyLogic, предназначенные для моделирования систем массового обслуживания.</i>
<i>Содержание практических занятий</i>		
1	<i>Потоки событий</i>	
1	Потоки событий	<i>Практическая работа «Расчет характеристик потока событий».</i>
2	<i>Случайные процессы</i>	
2.1	Случайный процесс и его характеристики	<i>Практическая работа «Построение корреляционных функций случайных процессов».</i>
2.2	Выбросы случайных процессов	<i>Практическая работа «Расчет продолжительности и частоты выбросов случайных процессов».</i>
2.3	Нестационарный случайный процесс (временной ряд)	<i>Практическая работа «Определение параметров временного ряда».</i>
2.4	Марковский случайный процесс	<i>Практическая работа «Марковские случайные процессы». Практическая работа «Определение финальных вероятностей состояния системы».</i>
3	<i>Системы массового обслуживания</i>	
3.1	Одноканальная СМО	<i>Практическая работа «Расчет показателей эффективности одноканальной системы массового обслуживания».</i>
3.2	Многоканальная СМО	<i>Практическая работа «Расчет показателей эффективности многоканальной системы массового обслуживания».</i>
4	<i>Имитационное моделирование</i>	

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание занятия
4.1	Моделирование процессов в GPSS	<i>Практическая работа «Построение имитационной модели одноканальной СМО».</i>
4.2	Моделирование процессов в BP Simulator	<i>Практическая работа «Построение блок-схемы бизнес-процесса и имитационной модели в BP Simulator».</i>
4.3	Моделирование в AnyLogic	<i>Построение имитационной модели транспортного потока в AnyLogic. Построение имитационной модели банка в AnyLogic. Построение имитационной модели павильона метро в AnyLogic.</i>
Промежуточная аттестация - зачет		

#### **4 Порядок оценивания успеваемости и сформированности компетенций обучающегося в текущей и промежуточной аттестации.**

Для положительной оценки по результатам освоения дисциплины обучающемуся необходимо выполнить все установленные виды учебной работы. Оценка результатов работы обучающегося в баллах (по видам) приведена в таблице 7.

Таблица 7 - Балльно-рейтинговая оценка результатов учебной работы обучающихся по видам (БРС) в 8 семестре

Учебная работа (виды)	Сумма баллов	Виды и результаты учебной работы	Оценка в аттестации	Баллы
Текущая учебная работа в семестре (Посещение занятий по расписанию и выполнение заданий)	<b>80</b>	Контрольные работы (5 работ)	<b>Контрольная работа (№1-6)</b> <b>Баллы за КР:</b> <b>5 баллов</b> (выполнено 51 - 65% заданий) <b>7 баллов</b> (выполнено 66 - 85% заданий) <b>9 баллов</b> (выполнено 86 - 100% заданий)	25-45
		Тест	<b>Баллы:</b> <b>1 балл</b> (выполнено 51 - 65% заданий) <b>3 балла</b> (выполнено 66 - 85% заданий) <b>5 баллов</b> (выполнено 86 - 100% заданий)	1-5
		Индивидуальное задание (3 задания)	<b>Индивидуальное задание (№1-3)</b> <b>Баллы:</b> <b>5 баллов</b> (выполнено 51 - 65% заданий) <b>8 баллов</b> (выполнено 66 - 85% заданий) <b>10 баллов</b> (выполнено 86 - 100% заданий)	15-30
<b>Итого по текущей работе в семестре</b>				41 - 80
Промежуточная аттестация (зачет)	20	Решение задачи 1.	<b>5 баллов</b> (пороговое значение) <b>10 баллов</b> (максимальное значение)	5 - 10
		Решение задачи 2.	<b>5 баллов</b> (пороговое значение) <b>10 баллов</b> (максимальное значение)	5 - 10
<b>Итого по промежуточной аттестации (зачету)</b>				10 – 20 б.
<b>Суммарная оценка по дисциплине: Сумма баллов текущей и промежуточной аттестации</b>				51 – 100 б.

В промежуточной аттестации оценка выставляется в ведомость в 100-балльной шкале и в буквенном эквиваленте (таблица 8)

Таблица 8 – Соотнесение 100-балльной шкалы и буквенного эквивалента оценки

Сумма набранных баллов	Уровни освоения дисциплины и компетенций	Экзамен		Зачет
		Оценка	Буквенный эквивалент	Буквенный эквивалент
86 - 100	Продвинутый	5	отлично	Зачтено
66 - 85	Повышенный	4	хорошо	

51 - 65	Пороговый	3	удовлетворительно	
0 - 50	Первый	2	неудовлетворительно	Не зачтено

## 5 Материально-техническое, программное и учебно-методическое обеспечение дисциплины.

### 5.1 Учебная литература

#### Основная учебная литература

Круглов, В. М. Случайные процессы в 2 ч. Часть 1. Основы общей теории : учебник для вузов / В. М. Круглов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 276 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01748-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/511875>.

Круглов, В. М. Случайные процессы в 2 ч. Часть 2. Основы стохастического анализа : учебник для вузов / В. М. Круглов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 280 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02086-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/512947>.

#### Дополнительная учебная литература

Бородин, А.Н. Случайные процессы : Учебник / А.Н. Бородин - Санкт-Петербург : Издательство «Лань», 2013. – 640 с.- ISBN 978-5-8114-1526-7. – URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/12935/#2>

Каштанов, В. А. Случайные процессы : учебник и практикум для вузов / В. А. Каштанов, Н. Ю. Энатская. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 156 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04482-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/513724>.

Кобелев, Н.Б. Имитационное моделирование : учебное пособие / Н.Б. Кобелев, В.А. Половников, В.В. Девятков. – Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2013. – 368 с. – ISBN 978-5-905554-17-9. – URL: <https://new.znaniium.com/read?pid=361397>

### 5.2 Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины.

Учебные занятия по дисциплине проводятся в учебных аудиториях КГПИ КемГУ:

<p>502 Компьютерный класс. Учебная аудитория (мультимедийная) для проведения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- занятий семинарского (практического) типа;</li> <li>- групповых и индивидуальных консультаций;</li> <li>- самостоятельной работы;</li> <li>- текущего контроля и промежуточной аттестации.</li> </ul> <p>Специализированная (учебная) мебель: доска меловая, столы компьютерные, стулья.</p> <p>Оборудование для презентации учебного материала: стационарное - компьютер, экран, проектор, наушники.</p> <p>Лабораторное оборудование: стационарное – компьютеры для обучающихся (16 шт.).</p> <p>Используемое программное обеспечение: MS Windows (Microsoft Imagine Premium 3 year по лицензионному договору № 1212/KMP от 12.12.2018 г. до 12.12.2021 г.), LibreOffice (свободно распространяемое ПО), FoxitReader (свободно распространяемое ПО), Firefox 14 (свободно распространяемое ПО), Яндекс.Браузер (отечественное свободно распространяемое ПО), GPSS World Student Edition (учебная версия).</p>	<p>654079, Кемеровская область, г. Новокузнецк, пр-кт Металлургов, д. 19</p>
--	--



Интернет с обеспечением доступа в ЭИОС.	
610 Учебная аудитория (мультимедийная) для проведения: - занятий лекционного типа; - занятий семинарского (практического) типа; - текущего контроля и промежуточной аттестации. Специализированная (учебная) мебель: доска меловая, кафедра, столы, стулья. Оборудование для презентации учебного материала: стационарное - компьютер, экран, проектор. Используемое программное обеспечение: MS Windows (Microsoft Imagine Premium 3 year по лицензионному договору № 1212/КМР от 12.12.2018 г. до 12.12.2021 г.), LibreOffice (свободно распространяемое ПО), FoxitReader (свободно распространяемое ПО), Firefox 14 (свободно распространяемое ПО), Яндекс.Браузер (отечественное свободно распространяемое ПО). Интернет с обеспечением доступа в ЭИОС.	654079, Кемеровская область, г. Новокузнецк, пр-кт Металлургов, д. 19

### 5.3 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

#### Перечень СПБД и ИСС по дисциплине

CITForum.ru - on-line библиотека свободно доступных материалов по информационным технологиям на русском языке - <http://citforum.ru>

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты - [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

База данных Science Direct (более 1500 журналов издательства Elsevier, среди них издания по математике и информатике), режим доступа :<https://www.sciencedirect.com>

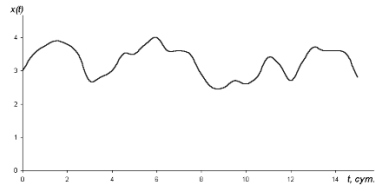
### 6 Иные сведения и (или) материалы.

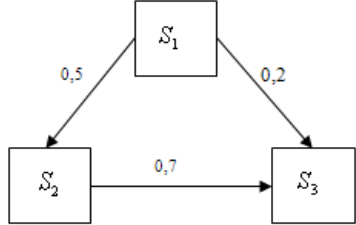
#### 6.1. Примерные вопросы и задания / задачи для промежуточной аттестации

Семестр 8

#### Таблица 9 - Примерные теоретические вопросы и практические задания / задачи к зачету

Разделы и темы	Примерные теоретические вопросы	Примерные практические задания / задачи
<b>1. Потоки событий</b>		
1.1 Потоки событий	1. Поток событий. Однородный поток. Регулярный поток. 2. Поток событий. Простейший пуассоновский поток. 3. Поток событий. Ординарный поток. 4. Поток без последействия. Поток Пальма. Поток Эрланга. 5. Поток событий. Интенсивность потока. 6. Стационарный и нестационарный поток. 7. Плотность потока. Математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратическое отклонение.	1. Среднее число заказов такси, поступающих на диспетчерский пункт в одну минуту, равно трем ( $\lambda=3$ ). Найти вероятность того, что за 2 мин поступит четыре вызова. 2. Среднее число заказов такси, поступающих на диспетчерский пункт в одну минуту, равно трем ( $\lambda=3$ ). Найти вероятность того, что за 2 мин поступит менее четырех вызовов. 3. Среднее число заказов такси, поступающих на диспетчерский пункт в одну минуту, равно трем ( $\lambda=3$ ). Найти вероятность того, что за 2 мин поступит не менее четырех вызовов. 4. Дан простейший поток с параметром $\lambda=2$ требований в минуту. Найти вероятность того, что длина интервала между двумя соседними событиями составляет T от 1 до

		<p>2 минут.</p> <p>5. Поток машин, идущих по шоссе в одном направлении, представляет собой простейший поток с интенсивностью 8 машин в минуту. Шоссе имеет развилку в три направления. Вероятность движения машин в первом направлении равна 0,12, во втором – 0,68, в третьем – 0,20. Определить интенсивности движения автомобилей в каждом направлении.</p> <p>6. В результате статистической обработки интервалов времени между событиями в некотором потоке получены следующие характеристики: среднее значение интервала <math>m_i=2</math> мин; среднее квадратическое отклонение интервала <math>\sigma_i=0,9</math> мин. Требуется подобрать поток Эрланга, обладающий приблизительно теми же характеристиками, найти его интенсивность <math>\lambda_k</math> и порядок <math>k</math>.</p> <p>7. В результате обработки статистических данных по интервалам между событиями в потоке Пальма получены значения <math>m_i=2</math> мин и <math>\sigma_i=1,5</math> мин. Подобрать порядок соответствующего потока Эрланга.</p> <p>8. В результате обработки статистических данных по интервалам между событиями в потоке Пальма получены значения <math>m_i=2</math> мин и <math>\sigma_i=1,5</math> мин. Определить плотность распределения, построить графики исходной и Эрланговской плотностей распределения.</p>
<b>2. Случайные процессы</b>		
2.1 Случайный процесс и его характеристики	<p>8. Понятие случайного процесса. Область определения и фазовое пространство случайного процесса.</p> <p>9. Стационарный случайный процесс.</p> <p>10. Непрерывный нормальный стационарный случайный процесс.</p>	<p>9. Построить корреляционную функцию нормального стационарного случайного процесса, представленного на графике.</p> 
2.2 Выбросы случайных процессов	<p>11. Понятие выброса случайного процесса.</p> <p>12. Алгоритм построения корреляционных функций случайных процессов.</p> <p>13. Спектральное разложение стационарных случайных процессов.</p> <p>14. Белый шум.</p>	<p>10. Нормированная корреляционная функция случайного процесса имеет вид</p> $k(\tau) = e^{-\alpha \tau } \cdot \left( \cos \beta\tau + \frac{\alpha}{\beta} \sin \beta \tau  \right)$ <p>где <math>\alpha=0.55</math>, <math>\beta=1.2</math>, <math>\sigma_x=0.4</math>, <math>\bar{x}=3.26</math>. Найти интенсивность выбросов процесса за уровень <math>a = \bar{x} + \sigma_x</math> и среднюю продолжительность выбросов.</p> <p>11. Определить спектральную плотность процесса <math>S(\omega)</math>, если корреляционная функция имеет вид</p> $k(\tau) = e^{-\alpha \tau } \cdot (1 + \alpha \tau )$
2.3 Нестационарный случайный	<p>15. Определение параметров временного ряда.</p> <p>16. Сглаживание скользящими</p>	<p>12. Провести сглаживание протокола наблюдений методом скользящей средней по 3 точкам.</p>

<p>процесс (временной ряд)</p>	<p>средними. 17. Экспоненциальное сглаживание. 18. Анализ тренда, анализ сезонности.</p>	<p>13. Провести сглаживание протокола наблюдений методом скользящей средней по 5 точкам. 14. Провести сглаживание протокола наблюдений методом скользящей средней по 7 точкам. 15. Провести сглаживание протокола наблюдений методом экспоненциального сглаживания. 16. Сделать прогноз на 2 периода вперед методом экспоненциального сглаживания.</p>
<p>2.4 Марковский случайный процесс</p>	<p>19. Граф состояний системы. Размеченный граф состояний системы. Марковская цепь. 20. Вероятности состояний. Начальное распределение вероятностей. 21. Вероятности перехода. Марковские процессы с дискретными состояниями и дискретным временем. 22. Марковские процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем</p>	<p>17. Система <math>S</math> – машина, которая может находиться в одном из пяти состояний: <math>s_1</math> - исправна, работает; <math>s_2</math> - неисправна, ожидает осмотра; <math>s_3</math> – осматривается; <math>s_4</math> – ремонтируется; <math>s_5</math> – списана. Построить граф состояний системы. 18. Построить граф состояний системы <math>S</math>, представляющей техническое устройство из 2 узлов I и II, каждый из которых может в ходе работы устройства отказать (выйти из строя). Отказавший узел немедленно начинает восстанавливаться. 19. По цели ведется стрельба тремя выстрелами. Возможные состояния цели (системы <math>S</math>): <math>s_1</math> - цель невредима; <math>s_2</math> - цель повреждена; <math>s_3</math> - цель поражена. Размеченный граф состояний показан на рисунке. В начальный момент цель находилась в состоянии <math>s_1</math> (не повреждена). Определить вероятности состояний цели после трех выстрелов.</p>  <pre> graph TD     S1[S1] -- 0,5 --&gt; S2[S2]     S1[S1] -- 0,2 --&gt; S3[S3]     S2[S2] -- 0,7 --&gt; S3[S3] </pre>
<p>3. Системы массового обслуживания</p>		
<p>3.1 Одноканальная СМО</p>	<p>23. Понятие системы массового обслуживания. Заявка, обслуживающее устройство, обслуживание, длительность обслуживания, интенсивность обслуживания, накопитель, очередь, длина очереди, дисциплина обслуживания. 24. Классификация СМО: без накопителя, с накопителем ограниченной емкости (СМО с потерями), с накопителем неограниченной емкости (СМО без потерь). 25. Одноканальная СМО.</p>	<p>20. АЗС представляет собой СМО с 1 каналом обслуживания. Площадка при станции допускает пребывание в очереди на заправку не более 3 машин одновременно. Если в очереди уже находится 3 машины, очередная машина, прибывшая на станцию, в очередь не становится, а проезжает мимо. Поток машин, прибывающих для заправки, имеет интенсивность 1 машина в минуту. Процесс заправки продолжается в среднем 1,25 мин. Определить: вероятность отказа, относительную и абсолютную пропускную способность, среднее число машин в очереди.</p>

	<p>Математическая модель одноканальной СМО с отказами.</p> <p>26. Математическая модель одноканальной СМО с неограниченной очередью.</p> <p>27. Математическая модель одноканальной СМО с ограниченной очередью.</p>	
3.2 Многоканальная СМО	<p>28. Многоканальная СМО.</p> <p>29. Математическая модель многоканальной СМО с отказами.</p> <p>30. Математическая модель многоканальной СМО с неограниченной очередью.</p>	<p>21. Трехканальная СМО с отказами представляет собой 3 телефонных линии. Заявка – вызов, пришедший в момент, когда линия занята, получает отказ. Интенсивность потока вызовов <math>\lambda=0.8</math>, интенсивность потока обслуживания <math>\mu=0,667</math>. Найти вероятности состояний, абсолютную и относительную пропускную способности, вероятность отказа и среднее число занятых каналов.</p>
<b>4. Имитационное моделирование</b>		
4.1 Моделирование процессов в GPSS	<p>31. Идея метода имитационного моделирования. Этапы имитационного моделирования.</p> <p>32. Формирование стандартно распределенных случайных величин.</p> <p>33. Язык моделирования GPSS.</p>	<p>22. Выполнить моделирование одноканальной СМО с помощью GPSS.</p>
4.2 Моделирование процессов в BP Simulator	<p>34. Понятие бизнес-процесса. Модель бизнес-процесса. Блок-схема бизнес-процесса.</p> <p>35. Построение модели бизнес-процесса в BP Simulator.</p>	<p>23. Выполнить моделирование одноканальной СМО с помощью BP Simulator.</p>
4.3 Моделирование в AnyLogic	<p>36. Моделирование в AnyLogic. Агенты и агентное моделирование.</p> <p>37. Блоки AnyLogic, предназначенные для моделирования систем массового обслуживания.</p>	<p>24. Выполнить моделирование одноканальной СМО с помощью AnyLogic.</p>

Составитель (и): старший преподаватель кафедры МФММ Гаврилова Ю.С.

*(фамилия, инициалы и должность преподавателя (ei))*