

Подписано электронной подписью:  
Вержицкий Данил Григорьевич  
Должность: Директор КГПИ КемГУ  
Дата и время: 2025-09-24 00:00:00  
471086fad29a3b30e244c728abc3661ab35c9d50210def0e75e03a5b6fdf6436

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«КЕМЕРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Кузбасский гуманитарно-педагогический институт  
Факультет физической культуры, естествознания и природопользования

«УТВЕРЖДАЮ»  
Декан  
В. А. Рябов  
«23» января 2025г

### **Рабочая программа дисциплины**

### **К.М.08.02 Случайные процессы и имитационное моделирование**

Специальность  
30.05.03 Медицинская кибернетика

Направленность (профиль)  
«Медицинские информационные системы»

Программа специалитета

Квалификация выпускника  
Врач-кибернетик

Форма обучения  
Очная

Год набора 2026

Новокузнецк 2025

**Лист внесения изменений  
в РПД**

**Сведения об утверждении:**

РПД утверждена Учёным советом факультета физической культуры, естествознания и природопользования  
протокол Учёного совета факультета № 7 от 23.01.2025 г.

Одобрена на заседании методической комиссии факультета информатики, математики и экономики

протокол методической комиссии факультета № 4 от 16.01.2025г.

Одобрена на заседании обеспечивающей кафедры математики, физики и математического моделирования

протокол №5 от 18.12.2024 г. Зав. кафедрой Решетникова Е.В.

## **Оглавление**

1 Цель дисциплины .....	4
1.1 Формируемые компетенции, индикаторы достижения компетенций, знания, умения, навыки.....	4
1.2 Место дисциплины .....	4
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
4 Порядок оценивания успеваемости и сформированности компетенций обучающегося в текущей и промежуточной аттестации.....	5
5 Материально-техническое, программное и учебно-методическое обеспечение дисциплины .....	6
5.1 Учебная литература.....	6
5.2 Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины.....	6
5.3 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....	7
6 Иные сведения и (или) материалы .....	8
6.1. Примерные темы письменных учебных работ .....	8
6.1.1 Примерные задания для тестов .....	8
6.1.2 Примерные задания для контрольных работ .....	9
6.1.3 Примерные задания для индивидуальных заданий.....	11
6.2. Примерные вопросы и задания / задачи для промежуточной аттестации .....	13

## 1 Цель дисциплины.

В результате освоения данной дисциплины у обучающегося должны быть сформированы компетенции основной профессиональной образовательной программы бакалавриата (далее - ОПОП): ОПК-1.

### 1.1 Формируемые компетенции, индикаторы достижения компетенций, знания, умения, навыки

Таблица 1 – Индикаторы достижения компетенций, формируемые дисциплиной

Код и название компетенции	Индикаторы достижения компетенции по ОПОП	Знания, умения, навыки (ЗУВ), формируемые дисциплиной
ОПК-1 Способен использовать и применять фундаментальные и прикладные медицинские, естественнонаучные знания для постановки и решения стандартных и инновационных задач профессиональной деятельности	ОПК-1.2 Применяет фундаментальные естественно-научные знания для решения стандартных задач профессиональной деятельности ОПК-1.4 Использует и применяет прикладные естественнонаучные знания для постановки и решения стандартных и инновационных задач профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> - математические методы моделирования по тематике выполняемых научно-исследовательских прикладных задач. <b>Уметь:</b> - разрабатывать модель развития случайного процесса, определять его влияние на систему; - строить физические и математические модели реально функционирующих систем и описывать их эволюцию в терминах случайных процессов. <b>Владеть:</b> - методами анализа и моделирования случайных процессов.

## 1.2 Место дисциплины

Дисциплина включена в модуль «Математическое моделирование в задачах профессиональной деятельности» ОПОП ВО, обязательная часть. Дисциплина осваивается на 3 курсе в 5 семестре.

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

Таблица 2 – 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	72
2 Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	54
Аудиторная работа (всего):	54
в том числе:	
лекции	18
практические занятия	36
в интерактивной форме	
3 Самостоятельная работа обучающихся (всего)	18
4 Промежуточная аттестация обучающегося - зачет	

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

### 3.1 Учебно-тематический план

Таблица 3 - Учебно-тематический план очной формы обучения

№ не дел	Разделы и темы дисциплины по занятиям	Общая трудоё мкость	Трудоемкость занятий (час.)	Формы текущего контроля и промежуточной
			ОФО	

и п/п		(всего час.)	Аудиторн. занятия			СРС	аттестации успеваемости
			лекц.	практ	лаб.		
1.	1. Потоки событий	8	2	2		4	Контрольная работа №1
	2. Случайные процессы	24	8	10		6	
2.	2.1 Случайный процесс и его характеристики	5	2	2		1	Тест
3	2.2 Выбросы случайных процессов	5	2	2		1	
4	2.3 Нестационарный случайный процесс (временной ряд)	6	2	2		2	Контрольная работа №2
5	2.4 Марковский случайный процесс	8	2	4		2	Контрольная работа №3
	3. Системы массового обслуживания	14	2	8		4	
6	3.1 Одноканальная СМО	7	1	4		2	Контрольная работа №4
7	3.2 Многоканальная СМО	7	1	4		2	Контрольная работа №5
	4. Имитационное моделирование в здравоохранении	26	6	16		4	
8	4.1 Моделирование динамики сердечных сокращений	7	2	4		1	Индивидуальное задание №1
9	4.2 Моделирование работы медицинских учреждений	7	2	4		1	Индивидуальное задание №2
10	4.3 Моделирование процесса распространения эпидемии	12	2	8		2	Индивидуальное задание №3
	Промежуточная аттестация						зачет
ИТОГО по семестру		72	18	36		18	

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

Для получения 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 4.

Таблица 4 - Балльно-рейтинговая оценка результатов учебной работы обучающихся по видам (БРС)

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)	80	Лекционные занятия (9 занятий)	1 балл – посещение и конспект 1 лекционного занятия	1 – 9
		Контрольные работы № 1–5 (5 работ)	1 контрольная работа 5 – 6 баллов (выполнено 51 - 65% заданий) 7 – 8 баллов (выполнено 66 - 85% заданий) 9 – 10 баллов (выполнено 86 - 100% заданий)	25 - 50
		Тест	10 баллов (выполнено 51 - 65% заданий) 11 баллов (выполнено 66 - 100% заданий)	10 - 11
		Индивидуальное задание № 1 – 3 (3 задания)	1 индивидуальное задание 5 – 6 баллов (выполнено 51 - 65% заданий) 7 – 8 баллов (выполнено 66 - 85% заданий) 9 – 10 баллов (выполнено 86 - 100% заданий)	15 - 30
<b>Итого по текущей работе в семестре</b>				51 – 100
Промежуточная	20	Решение задачи 1.	<b>5 баллов</b> (пороговое значение)	5 - 10

аттестация (зачет)		<b>10 баллов</b> (максимальное значение) <b>5 баллов</b> (пороговое значение) <b>10 баллов</b> (максимальное значение)	
<b>Итого по промежуточной аттестации (зачету)</b>			<b>5 - 10</b> <b>10 – 20 б.</b>
<b>Суммарная оценка по дисциплине:</b>	Сумма баллов текущей и промежуточной аттестации		<b>51 – 100 б.</b>

Если к моменту проведения зачета/ экзамена студент набирает 51 балл и более баллов, оценка может быть выставлена ему в ведомость и в зачетную книжку без процедуры принятия зачета/ экзамена. Выставление оценок производится на последней неделе теоретического обучения по данной дисциплине.

В промежуточной аттестации оценка выставляется в ведомость в 100-балльной шкале и в буквенном эквиваленте (таблица 5).

Таблица 5 – Соотнесение 100-балльной шкалы и буквенного эквивалента оценки

Сумма набранных баллов	Уровни освоения дисциплины и компетенций	Экзамен		Зачет Буквенный эквивалент
		Оценка	Буквенный эквивалент	
86 - 100	Продвинутый	5	отлично	Зачтено Буквенный эквивалент
66 - 85	Повышенный	4	хорошо	
51 - 65	Пороговый	3	удовлетворительно	
0 - 50	Первый	2	неудовлетворительно	

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

### 5.1 Учебная литература

#### Основная учебная литература

Кобелев, Н. Б. Имитационное моделирование: Учебное пособие / Н.Б. Кобелев, В.А. Половников, В.В. Девятков; Под общ. ред. Н.Б. Кобелева. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 368 с. - ISBN 978-5-905554-17-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/961800> – Доступ из локальной сети КГПИ КемГУ свободный, с домашних ПК – авторизованный.

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, 2024. — 276 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01748-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/536889>. – Доступ из локальной сети КГПИ КемГУ свободный, с домашних ПК – авторизованный

#### Дополнительная учебная литература

Каштанов, В. А. Случайные процессы : учебник и практикум для вузов / В. А. Каштанов, Н. Ю. Энатская. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 99 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04482-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/562435> – Доступ из локальной сети КГПИ КемГУ свободный, с домашних ПК – авторизованный.

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

Учебные занятия по дисциплине проводятся в учебных аудиториях КГПИ КемГУ:

Наименование аудитории, оборудование	адрес
<b>410 аудитория. Специализированная многофункциональная учебная аудитория для проведения учебных занятий лекционного типа, семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, в том числе для организации практической подготовки обучающихся с перечнем основного оборудования:</b> <i>Специализированная (учебная) мебель: доска меловая, кафедра, моноблоки аудиторные.</i>	654079, Кемеровская область, г. Новокузнецк, пр-кт Металлургов, д. 19

<i>Оборудование для презентации учебного материала: компьютер с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду вуза, экран, проектор, акустическая система.</i>	
<b>502 Лаборатория компьютерного моделирования. Специализированная многофункциональная учебная аудитория для проведения учебных занятий лекционного типа, семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, в том числе для организации практической подготовки обучающихся с перечнем основного оборудования:</b> <i>Специализированная (учебная) мебель: доска меловая, кафедра, столы, стулья.</i> <i>Оборудование для презентации учебного материала: компьютер с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду вуза, проектор, экран.</i> <i>Лабораторное оборудование: компьютеры для обучающихся с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду вуза</i>	654079, Кемеровская область, г. Новокузнецк, пр-кт Металлургов, д. 19
<b>508 аудитория. Помещение для самостоятельной работы обучающихся с перечнем основного оборудования:</b> <i>Специализированная (учебная) мебель: доска меловая, кафедра, столы, стулья.</i> <i>Оборудование для презентации учебного материала: компьютер преподавателя с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду вуза, проектор, экран.</i> <i>Лабораторное оборудование: компьютеры для обучающихся с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду вуза.</i>	654079, Кемеровская область, г. Новокузнецк, пр-кт Металлургов, д. 19

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

#### Электронные библиотечные ресурсы:

1. Электронная полнотекстовая база данных периодических изданий по общественным и гуманитарным наукам ООО «ИВИС», <https://evis.ru/basic/details> Договор № 427 – П от 13.01.2025 г период подписки с 01.01.2025 г. по 31.12.2025 г., – Доступ из локальной сети КГПИ КемГУ свободный, с домашних ПК – авторизованный.

2. Научная электронная библиотека – <http://elibrary.ru>. Доступ к отдельным периодическим изданиям. Доступ к отдельным периодическим изданиям. Договор № № SU-365/2025 от 20.12.2024 г. период подписки с 01.01.2025 г. по 31.12.2025 г. – Доступ из локальной сети КГПИ КемГУ свободный, с домашних ПК – авторизованный.

3. Межвузовская электронная библиотека (МЭБ) - <https://icdlib.nspru.ru> КГПИ КемГУ является участником и пользователем МЭБ. Договор № 34 от 30.09.2020 г. (договор бессрочный). – Доступ из локальной сети КГПИ КемГУ свободный, с домашних ПК – авторизованный.

4. Электронная библиотека КГПИ КемГУ – <https://elib.nbikemsu.ru/MegaPro/Web>

#### Информационные справочные системы

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

2. База данных Science Direct (более 1500 журналов издательства Elsevier, научные, технические и медицинские исследования, в том числе издания по математике и информатике). – <https://www.sciencedirect.com/> Режим доступа свободный

3. Data Science, Machine Learning, AI & Analytics – Kdnuggets – Портал по интеллектуальному анализу данных, поддерживаемый Григорием Пятецким-Шапиро – <https://www.kdnuggets.com/> Режим доступа свободный

4. MachineLearning.ru – Профессиональный информационно-аналитический ресурс, посвященный машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному

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

### **6.1. Примерные темы письменных учебных работ**

#### **6.1.1 Примерные задания для тестов**

##### *Тест по темам*

*2.1 Случайный процесс и его характеристики,*

*2.2 Выбросы случайных процессов*

*1. Примером случайного процесса нельзя назвать:*

- а) изменение давления газа в изохорическом процессе;
- б) повышение уровня воды в реке;
- в) колебания самолета в режиме «автопилот»;
- г) изменение числа студентов в аудитории в течение 3 минут после звонка.

*2. Фазовое пространство случайного процесса – это*

- а) пространство  $X$ , где случайная величина принимает значения;
- б) множество значений  $t$ , принадлежащих числовой оси  $T$ ;
- в) пространство  $T$ , где случайная величина принимает значения;
- г) множество значений  $x$ , принадлежащих числовой оси  $X$ .

*3. Выберите верные утверждения:*

- а) случайный процесс является математической моделью для описания случайных явлений, развивающихся во времени;
- б) значения нормального случайного процесса подчиняются нормальному закону распределения для любого значения  $t$ ;
- в) изначально случайные процессы применялись для изучения экономических показателей;
- г) примером одномерного случайного процесса может служить процесс изменения числа покупателей в магазине.

*4. Колебания пикирующего самолета - это*

- а) нестационарный случайный процесс;
- б) стационарный случайный процесс;
- в) случайный процесс с дискретным состоянием;
- г) случайный процесс с дискретным временем.

*5. Определить, верно ли утверждение «Корреляционная функция определяет степень связи значений  $x(t)$  и  $x(t+\tau)$ , отстоящих один от другого на интервал  $\tau$ »*

а) верно;

б) неверно.

*6. Длительность выброса случайного процесса - это*

а) отрезок времени, за который происходит резкое изменение случайным процессом своих значений, т.е. их «выбрасывание»;

б) отрезок времени, в течение которого случайный процесс превышает допустимый уровень;

в) пик на графике, отображающем поведение случайного процесса;

г) отрезок времени, когда значения случайного процесса становятся отрицательными.

*7. Построение графика эмпирической корреляционной функции завершается, когда получено  $k(i) \leq 0.01$*

а) верно;

б) неверно.

*8. Значения  $\alpha$  и  $\beta$  для данной формулы можно получить по графику эмпирической корреляционной функции*

$$k(\tau) = \begin{cases} e^{-\alpha|\tau|} \cdot (1 + \alpha|\tau|) \\ e^{-\alpha|\tau|} \cdot (\cos \beta\tau + \frac{\alpha}{\beta} \sin \beta|\tau|) \end{cases}$$

- а) верно;  
б) неверно.

9. Выберите верное утверждение:

- а) Основными статистическими характеристиками случайных процессов являются допустимый уровень случайного процесса и количество выбросов;  
б) Дисперсия стационарного случайного процесса связана с его корреляционной функцией;  
в) Случайные процессы применяются только для изучения сложных технических систем;  
г) Случайные процессы возникли только в 18 веке.

10. «Этот процесс был назван по аналогии с белым (естественным) светом, у которого в пределах видимого диапазона интенсивность всех спектральных составляющих приблизительно одинакова». О каком процессе идет речь?

### 6.1.2 Примерные задания для контрольных работ

#### Контрольная работа по теме 1. Потоки событий

Задание 1: Моделируйте поток событий для системы вакцинации населения. Рассчитайте среднее время между поступлением пациентов на вакцинацию, если в среднем в день приходит 50 человек.

Задание 2: Рассчитайте интенсивность потока событий в стационаре, если в среднем за день поступает 30 новых пациентов и выписывается 25.

#### Контрольная работа по теме 2.3 Нестационарный случайный процесс (временной ряд)

Данные о количестве пациентов, обращающихся за медицинской помощью в течение месяца:

45, 50, 38, 60, 55, 40, 48, 52, 47, 53, 49, 42, 56, 58, 61, 54, 50, 46, 59, 62, 57, 43, 39, 44, 41, 64, 66, 63, 48, 55.

Задание 1: Построить график, характеризующий поведение протокола наблюдений, сглаженный методом скользящей средней по 3, 5 и 7 точкам. Вычислить среднюю относительную ошибку. Сделать выводы.

Построить прогноз на 1-3 следующих периода.

Задание 2: Построить график, характеризующий поведение протокола наблюдений, сглаженный методом экспоненциального сглаживания и методом наименьших квадратов. Вычислить среднюю относительную ошибку. Сделать выводы.

Добавить на график линию тренда. Сделать выводы о корректности полученных результатов.

Построить прогноз на 1-3 следующих периода.

#### Контрольная работа по теме 2.4 Марковский случайный процесс

Задание 1: Постройте матрицу переходов для модели Марковского процесса, описывающего изменения состояния здоровья пациента (здоров S, болен I, выздоровел R), если вероятности переходов следующие:

$P(S \rightarrow I) = 0.05$  : вероятность того, что здоровый пациент заболеет.

$P(I \rightarrow S) = 0.4$  : вероятность того, что больной пациент выздоровеет.

$P(I \rightarrow I) = 0.6$  : вероятность того, что больной пациент останется в состоянии болезни.

$P(S \rightarrow R) = 0$  : вероятность того, что здоровый пациент выздоровеет (в данном контексте выздоровление возможно только из состояния болезни).

$P(R \rightarrow S) = 1$  : вероятность того, что выздоровевший пациент вернется в состояние здоровья.

$P(R \rightarrow I) = 0.1$  : вероятность того, что выздоровевший пациент заболеет снова.

Задание 2: Постройте матрицу переходов для модели Марковского процесса, описывающего изменения состояния пациента с диабетом (компенсированное состояние С, декомпенсация D, осложнения C') , если вероятности переходов следующие:

$P(C \rightarrow C) = 0.7$  : вероятность, что пациент останется в компенсированном состоянии.

$P(C \rightarrow D) = 0.2$  : вероятность перехода из компенсированного состояния в декомпенсацию.

$P(C \rightarrow C') = 0.1$  : вероятность перехода из компенсированного состояния в осложнения.

$P(D \rightarrow C) = 0.3$  : вероятность того, что пациент вернется в компенсированное состояние из декомпенсации.

$P(D \rightarrow D) = 0.5$  : вероятность того, что пациент останется в декомпенсации.

$P(D \rightarrow C') = 0.2$  : вероятность перехода из декомпенсации в осложнения.

$P(C' \rightarrow C) = 0.1$  : вероятность того, что пациент вернется в компенсированное состояние из осложнений.

$P(C' \rightarrow D) = 0.4$  : вероятность перехода из осложнений в декомпенсацию.

$P(C' \rightarrow C') = 0.5$  : вероятность того, что пациент останется с осложнениями.

### *Контрольная работа по теме 3.1 Одноканальная СМО*

Задание 1: Моделирование одноканальной системы

Опишите процесс обслуживания пациентов в одноканальной системе медицинской организации, используя модель М/М/1. Рассчитайте среднее время ожидания пациента в очереди, если интенсивность поступления пациентов составляет 10 пациентов в час, а средняя скорость обслуживания — 15 пациентов в час.

Задание 2: Анализ показателей эффективности

В одноканальной системе обслуживания медицинской организации зафиксированы следующие данные: среднее время обслуживания пациента — 5 минут, среднее время ожидания в очереди — 10 минут. Рассчитайте коэффициент загрузки системы и среднее количество пациентов в системе.

Задание 3: Влияние изменений на систему

Как изменение средней скорости обслуживания с 12 до 18 пациентов в час повлияет на среднее время ожидания в очереди? Проведите необходимые расчеты и проанализируйте результаты.

Задание 4: Оценка качества обслуживания

В одноканальной системе наблюдается увеличение числа жалоб от пациентов на длительное время ожидания. Предложите методы улучшения качества обслуживания и обоснуйте их эффективность.

### *Контрольная работа по теме 3.2 Многоканальная СМО*

Задание 1: Моделирование многоканальной системы

Опишите процесс обслуживания пациентов в многоканальной системе (например, модель М/М/с). Рассчитайте вероятность того, что все каналы заняты, если интенсивность поступления составляет 20 пациентов в час, а количество каналов — 3, со средней скоростью обслуживания 10 пациентов в час на каждый канал.

Задание 2: Анализ потока пациентов

Проведите анализ потока пациентов в многоканальной системе, используя данные о времени прихода и времени обслуживания. Рассчитайте среднее время ожидания и среднее время нахождения пациента в системе.

Задание 3: Оценка влияния внешних факторов

Как внешние факторы (например, сезонные болезни или эпидемии) могут повлиять

на работу многоканальной системы? Предложите меры по управлению потоком пациентов в условиях повышенного спроса.

#### Задание 4: Сравнение моделей

Сравните эффективность одноканальной и многоканальной систем обслуживания в медицинских учреждениях. Укажите ситуации, когда использование одной модели предпочтительнее другой, и обоснуйте свой выбор.

### 6.1.3 Примерные задания для индивидуальных заданий

*Индивидуальное задание по теме 4.1 Моделирование динамики сердечных сокращений*

#### Задание 1: Измерение частоты сердечных сокращений (ЧСС)

Цель: Смоделировать изменение частоты сердечных сокращений у пациента в состоянии покоя.

Числовые характеристики:

- Начальная ЧСС: 70 ударов в минуту.
- Время наблюдения: 10 минут.
- Изменение ЧСС: +5 ударов в минуту каждые 2 минуты (стресс).

#### Задание 2: Влияние физической активности на ЧСС

Цель: Смоделировать изменение ЧСС во время физической нагрузки.

Числовые характеристики:

- Начальная ЧСС: 75 ударов в минуту.
- Увеличение ЧСС при физической активности: +20 ударов в минуту за 5 минут.
- Время физической активности: 15 минут.
- Время восстановления до нормальной ЧСС: 10 минут.

#### Задание 3: Влияние стресса на сердечный ритм

Цель: Смоделировать изменение ритма сердца под воздействием стресса.

Числовые характеристики:

- Начальная ЧСС: 68 ударов в минуту.
- Увеличение ЧСС при стрессе: +15 ударов в минуту за 3 минуты.
- Продолжительность стресса: 6 минут.
- Время для возвращения к нормальному состоянию: 8 минут.

#### Задание 4: Изменение ЧСС во время сна

Цель: Смоделировать изменение ЧСС во время сна.

Числовые характеристики:

- Начальная ЧСС: 70 ударов в минуту.
- Снижение ЧСС во время сна: -10 ударов в минуту через 30 минут.
- Продолжительность сна: 8 часов.

#### Задание 5: Реакция на медикаменты

Цель: Смоделировать изменение ЧСС после приема бета-блокаторов.

Числовые характеристики:

- Начальная ЧСС: 80 ударов в минуту.
- Снижение ЧСС через 1 час после приема: -25 ударов в минуту.
- Время действия препарата: 6 часов.

*Индивидуальное задание по теме 4.2 Моделирование работы медицинских учреждений*

Выполнить моделирование бизнес-процесса в соответствии с вариантом. Время выполнения операций, их последовательность и прочие характеристики устанавливать, основываясь на описании особенностей объекта из таблицы.

№ варианта	Объект моделирования	Особенности объекта
1	Регистратура медицинской организации	Процесс: Запись пациентов на прием к врачам. Время выполнения операций: 5-10 минут на запись. Последовательность: Пациент приходит в регистратуру, заполняет анкету, ожидает своей очереди, получает талон и информацию о времени приема.
2	Процедурный кабинет	Процесс: Проведение инъекций и манипуляций. Время выполнения операций: 15-30 минут на процедуру. Последовательность: Пациент приходит в процедурный кабинет, регистрируется, проходит осмотр медсестры, получает процедуру и уходит.
3	Прием терапевта	Процесс: Консультация пациента у терапевта. Время выполнения операций: 20-40 минут на прием. Последовательность: Пациент записывается на прием, проходит осмотр, получает рекомендации и назначения.
4	Работа лаборатории по анализам	Процесс: Сбор и обработка анализов. Время выполнения операций: 1-3 дня на получение результатов. Последовательность: Пациент сдает анализы, лаборатория обрабатывает образцы, результаты отправляются врачу.
5	Процесс госпитализации пациента через приемное отделение	Процесс: Госпитализация через приемное отделение. Время выполнения операций: 1-2 часа на оформление. Последовательность: Пациент поступает в приемное отделение, проходит обследование, оформляется в стационар.
6	Оказание неотложной медицинской помощи	Процесс: Реакция на вызов скорой помощи. Время выполнения операций: 10-20 минут на прибытие бригады. Последовательность: Вызов скорой, прибытие на место, оказание помощи и транспортировка пациента.
7	Запись на плановую операцию	Процесс: Оформление документов для операции. Время выполнения операций: 30-60 минут на запись. Последовательность: Консультация с хирургом, оформление документов, назначение даты операции.
8	Ведение электронных медицинских карт	Процесс: Обновление и хранение информации о пациентах. Время выполнения операций: Постоянный процесс. Последовательность: Ввод данных при каждом посещении пациента, обновление информации.
9	Процесс выписки рецептов на лекарства	Процесс: Выписка рецептов врачом. Время выполнения операций: 5-10 минут на выписку. Последовательность: Осмотр врача, обсуждение лечения, выписка рецепта.
10	Организация вакцинации населения	Процесс: Проведение вакцинации в поликлинике или выездных пунктах. Время выполнения операций: 10-15 минут на вакцинирование одного пациента. Последовательность: Запись на вакцинацию, заполнение анкеты, введение вакцины и наблюдение за пациентом.

Обучающийся должен представить по данному индивидуальному заданию:

1. Модель в среде BP Simulator.
2. Отчет по итогам запуска модели.
3. Выводы по оптимальности модели.
4. Аргументированные предложения по оптимизации модели (количество каналов обслуживания).

*Индивидуальное задание по теме 4.3 Моделирование процесса распространения*

## эпидемии

Задание 1: Модель SIR (Susceptible, Infected, Recovered)

Цель: Смоделировать распространение инфекции в популяции.

Числовые характеристики:

- Начальное количество восприимчивых (S): 1000 человек.
- Начальное количество инфицированных (I): 10 человек.
- Начальное количество выздоровевших (R): 0 человек.
- Коэффициент передачи инфекции ( $\beta$ ): 0.3.
- Коэффициент выздоровления ( $\gamma$ ): 0.1.

Задание 2: Влияние вакцинации на распространение эпидемии

Цель: Смоделировать эффект вакцинации на распространение заболевания.

Числовые характеристики:

- Начальная популяция: 5000 человек.
- Процент вакцинированных: 20%.
- Коэффициент передачи инфекции ( $\beta$ ) для невакцинированных: 0.4, для вакцинированных: 0.1.
- Продолжительность эпидемии: 30 дней.

Задание 3: Эпидемия с учетом миграции

Цель: Смоделировать влияние миграции на распространение эпидемии.

Числовые характеристики:

- Начальное количество инфицированных в городе А: 50 человек.
- Количество мигрантов из города В в город А за неделю: 10 человек, из которых 5 инфицированы.
- Коэффициент передачи инфекции ( $\beta$ ): 0.25.
- Продолжительность моделирования: 14 дней.

Задание 4: Эффективность карантинных мер

Цель: Оценить влияние карантина на распространение инфекции.

Числовые характеристики:

- Начальная популяция: 2000 человек.
- Количество инфицированных до введения карантина: 30 человек.
- Снижение коэффициента передачи инфекции ( $\beta$ ) после введения карантина: с 0.5 до 0.1.
- Продолжительность карантина: 21 день.

Задание 5: Модель распространения гриппа

Цель: Смоделировать эпидемию гриппа в популяции.

Числовые характеристики:

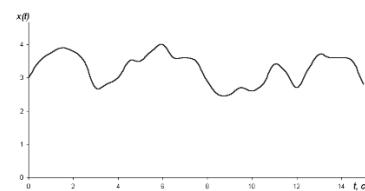
- Начальная популяция: 8000 человек.
- Начальное количество инфицированных (I): 20 человек.
- Коэффициент передачи инфекции ( $\beta$ ): 0.35.
- Среднее время выздоровления ( $1/\gamma$ ): 7 дней.
- Продолжительность моделирования: 60 дней.

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

Таблица 6 - 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.	1. Среднее число заказов такси, поступающих на диспетчерский пункт в

	<p>Регулярный поток.</p> <p>2. Поток событий.</p> <p>Простейший пуассоновский поток.</p> <p>3. Поток событий.</p> <p>Ординарный поток.</p> <p>4. Поток без последействия.</p> <p>Поток Пальма. Поток Эрланга.</p> <p>5. Поток событий.</p> <p>Интенсивность потока.</p> <p>6. Стационарный и нестационарный поток.</p> <p>7. Плотность потока.</p> <p>Математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратическое отклонение.</p>	<p>одну минуту, равно трем (<math>\lambda=3</math>). Найти вероятность того, что за 2 мин поступит четыре вызова.</p> <p>2. Среднее число заказов такси, поступающих на диспетчерский пункт в одну минуту, равно трем (<math>\lambda=3</math>). Найти вероятность того, что за 2 мин поступит менее четырех вызовов.</p> <p>3. Среднее число заказов такси, поступающих на диспетчерский пункт в одну минуту, равно трем (<math>\lambda=3</math>). Найти вероятность того, что за 2 мин поступит не менее четырех вызовов.</p> <p>4. Дан простейший поток с параметром <math>\lambda=2</math> требований в минуту. Найти вероятность того, что длина интервала между двумя соседними событиями составляет Т от 1 до 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 развязку 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_t=2</math> мин; среднее квадратическое отклонение интервала <math>\sigma_t=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_t=2</math> мин и <math>\sigma_t=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_t=2</math> мин и <math>\sigma_t=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>9. Построить корреляционную функцию нормального стационарного случайного процесса, представленного на графике.</p>

	10. Непрерывный нормальный стационарный случайный процесс.	
2.2 Выбросы случайных процессов	11. Понятие выброса случайного процесса. 12. Алгоритм построения корреляционных функций случайных процессов. 13. Спектральное разложение стационарных случайных процессов. 14. Белый шум.	10. Нормированная корреляционная функция случайного процесса имеет вид $k(\tau) = e^{-\alpha \tau } \cdot (\cos \beta\tau + \frac{\alpha}{\beta} \sin \beta \tau )$ где $\alpha=0.55$ , $\beta=1.2$ , $\sigma_x=0.4$ , $\bar{x}=3.26$ . Найти интенсивность выбросов процесса за уровень $a=\bar{x}+\sigma_x$ и среднюю продолжительность выбросов. 11. Определить спектральную плотность процесса $S(\omega)$ , если корреляционная функция имеет вид $k(\tau) = e^{-\alpha \tau } \cdot (1 + \alpha \tau )$
2.3 Нестационарный случайный процесс (временной ряд)	15. Определение параметров временного ряда. 16. Сглаживание скользящими средними. 17. Экспоненциальное сглаживание. 18. Анализ тренда, анализ сезонности.	12. Провести сглаживание протокола наблюдений методом скользящей средней по 3 точкам. 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.
2.4 Марковский случайный процесс	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	17. Система S – машина, которая может находиться в одном из пяти состояний: $s_1$ – исправна, работает; $s_2$ – неисправна, ожидает осмотра; $s_3$ – осматривается; $s_4$ – ремонтируется; $s_5$ – списана. Построить граф состояний системы. 18. Построить граф состояний системы S, представляющей техническое устройство из 2 узлов I и II, каждый из которых может в ходе работы устройства отказывать (выйти из строя). Отказавший узел немедленно начинает восстанавливаться. 19. По цели ведется стрельба тремя выстрелами. Возможные состояния цели (системы S): $s_1$ – цель невредима; $s_2$ – цель повреждена; $s_3$ – цель поражена. Размеченный граф состояний показан на рисунке. В начальный момент цель находилась в состоянии $s_1$ (не повреждена). Определить вероятности состояний цели

		<p>после трех выстрелов.</p> <pre> graph TD     S1[S1] -- "0,5" --&gt; S2[S2]     S1 -- "0,2" --&gt; S3[S3]     S2 -- "0,7" --&gt; S3   </pre>
<p><b>3. Системы массового обслуживания</b></p>		
3.1 Одноканальная СМО	<p>23. Понятие системы массового обслуживания. Заявка, обслуживающее устройство, обслуживание, длительность обслуживания, интенсивность обслуживания, накопитель, очередь, длина очереди, дисциплина обслуживания.</p> <p>24. Классификация СМО: без накопителя, с накопителем ограниченной емкости (СМО с потерями), с накопителем неограниченной емкости (СМО без потерь).</p> <p>25. Одноканальная СМО. 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>	<p>20. Регистратура больницы представляет собой СМО с 1 каналом обслуживания. Поток людей, прибывающих в регистратуру, имеет интенсивность 1 человек в 2 минуты. Процесс регистрации продолжается в среднем 3 мин. Определить: относительную и абсолютную пропускную способность, среднее число человек в очереди.</p> <p>21. Аптека представляет собой СМО с 1 каналом обслуживания. Если в очереди уже находится 3 человека, очередной пациент, прибывший в аптеку, не хочет ждать так долго и уходит в соседнюю аптеку. Поток людей, прибывающих в аптеку, имеет интенсивность 1 человек в 2 минуты. Отпуск лекарств продолжается в среднем 3 мин. Определить: относительную и абсолютную пропускную способность, среднее число человек в очереди.</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>22. 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>
<p><b>4. Имитационное моделирование в здравоохранении</b></p>		
4.1 Моделирование динамики сердечных сокращений	<p>31. Идея метода имитационного моделирования. Этапы имитационного моделирования.</p> <p>32. Формирование стандартно распределенных случайных величин.</p> <p>33. Моделирование динамики сердечных сокращений.</p>	<p>23. Выполнить моделирование динамики сердечных сокращений.</p> <p>24. Запустить модель динамики сердечных сокращений. Исследовать влияние различных параметров на частоту сердечных сокращений и форму пульсации.</p>
4.2 Моделирование работы	<p>34. Понятие бизнес-процесса. Модель бизнес-процесса.</p>	<p>25. Выполнить моделирование регистратуры больницы (в виде</p>

медицинских учреждений	Блок-схема бизнес-процесса. 35. Построение модели бизнес-процесса в BP Simulator.	одноканальной СМО) с помощью BP Simulator. 26. Выполнить моделирование аптеки (в виде многоканальной СМО) с помощью BP Simulator.
4.3 Моделирование процесса распространения эпидемии	36. Моделирование в AnyLogic. Агенты и агентное моделирование. 37. Блоки AnyLogic, предназначенные для моделирования систем массового обслуживания. 38. Блоки AnyLogic, предназначенные для моделирования процесса распространения эпидемии.	27. Выполнить моделирование регистратуры больницы (в виде одноканальной СМО) с помощью AnyLogic. 28. Выполнить моделирование аптеки (в виде многоканальной СМО) с помощью AnyLogic.

#### *Компетенции*

ОПК-1 Способен использовать и применять фундаментальные и прикладные медицинские, естественнонаучные знания для постановки и решения стандартных и инновационных задач профессиональной деятельности

#### **Задание 1**

В медицинском учреждении поступают пациенты на прием к врачу. Конфликт возникает в том случае, если время между поступлениями соседних пациентов меньше, чем время, необходимое для проведения первичного осмотра первого из них.

1. Найти вероятность возникновения конфликта, если процесс поступления пациентов имеет пуассоновский характер с интенсивностью 5 пациентов в минуту, а время проведения первичного осмотра каждого пациента равно 20 минут.
2. Найти ту же вероятность при условии, что длительности проведения первичных осмотров независимы и распределены экспоненциально со средним значением 20 минут.
3. Составить математическую модель данной системы.

#### **Задание 2**

Выполнить моделирование регистратуры больницы с помощью BP Simulator.

Оценить оптимальность загруженности персонала (по наличию очередей).

Предложить варианты оптимизации.

#### **Задание 1:**

Корректность расчетов. Критерий: правильное применение формул для нахождения вероятности возникновения конфликта (п. 1 и 2). 0-10 баллов

Полнота решения. Критерий: все части задания выполнены, обе вероятности найдены, математическая модель составлена. 0-5 баллов

Четкость и логичность изложения. Критерий: логичное и последовательное изложение решения. 0-5 баллов

Максимум за задание 1: 20 баллов

#### **Задание 2: Моделирование регистратуры больницы**

Качество моделирования. Критерий: корректная настройка параметров в BP Simulator, отражающих реальную работу регистратуры. 0-10 баллов

Анализ загруженности персонала. Критерий: качественный анализ полученных данных о загруженности и очередях. 0-5 баллов

Предложения по оптимизации. Критерий: конкретные и реалистичные предложения по оптимизации работы регистратуры. 0-5 баллов

Максимум за задание 2: 20 баллов

Составитель (и): Гаврилова Ю. С., старший преподаватель кафедры МФММ  
(фамилия, инициалы и должность преподавателя (ей))