

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Горбунов Алексей Александрович

Должность: Заместитель начальника университета по учебной работе

Дата подписания: 17.09.2024 11:48:43 учреждение высшего образования

Уникальный программный ключ:

286e49ee1471d400cc445539d51ed7bbff0e9cc7

Государственной противопожарной службы МЧС России»

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНОСФЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Магистратура по направлению подготовки

20.04.01 Техносферная безопасность

Направленность (профиль) «Пожарная безопасность»

Санкт-Петербург

## **1. Цель и задачи дисциплины**

### **Цель освоения дисциплины:**

овладение методами математического познания и методологией работы с математическими объектами в контексте их применения для решения профессионально-ориентированных задач в области техносферной безопасности.

### **Перечень компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины**

<b>Компетенции</b>	<b>Содержание</b>
<b>УК-1</b>	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.
<b>ОПК-1</b>	Способен самостоятельно приобретать, структурировать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в области техносферной безопасности, решать сложные и проблемные вопросы.

### **Задачи дисциплины:**

- формирование навыков, связанных со способностью применения системного подхода для решения поставленных задач в области техносферной безопасности;
- овладение методами математического моделирования, поиска, критического анализа и синтеза информации для решения сложных проблемных вопросов в области техносферной безопасности;
- формирование умений, связанных со способностью применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в области деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека, с одновременным использованием вычислительной техники и информационных технологий.

## **2. Перечень планируемых результатов обучения дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ИД-1.УК-1. Владение принципами сбора, отбора и обобщения информации, методики системного подхода для решения профессиональных задач ИД-2.УК-1. Способность анализировать и систематизировать разнородные данные, оценивать эффективность процедур анализа проблем и принятия решений в профессиональной деятельности ИД-3.УК-1. Владение навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками, методами принятия решений	Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации, методики системного подхода для решения профессиональных задач Умеет анализировать и систематизировать разнородные данные, оценивать эффективность процедур анализа проблем и принятия решений в профессиональной деятельности Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками, методами принятия решений
ИД-1.ОПК-1. Демонстрирует знания об основных принципах формирования научных знаний (математических, естественнонаучных, социально-экономических, профессиональных) с использованием информационных ресурсов; общие принципы расчета основных систем обеспечения техносферной безопасности ИД-2.ОПК-1. Применяет на практике научные знания (математические, естественнонаучные, социально-экономические, профессиональные) для решения вопросов техносферной безопасности; применять методики расчета основных систем обеспечения техносферной безопасности ИД-3.ОПК-1. Владеет навыками решения сложных и проблемных вопросов в сфере техносферной безопасности, в том числе навыками проектирования и расчетов	Знает основные принципы формирования научных знаний (математических, естественнонаучных, социально-экономических, профессиональных) с использованием информационных ресурсов; общие принципы расчета основных систем обеспечения техносферной безопасности Умеет применять на практике научные знания (математические, естественнонаучные, социально-экономические, профессиональные) для решения вопросов техносферной безопасности; применять методики расчета основных систем обеспечения техносферной безопасности Владеет навыками решения сложных и проблемных вопросов в сфере техносферной безопасности, в том числе навыками проектирования и расчетов

## **3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы**

Дисциплина относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность направленность (профиль) «Пожарная безопасность».

## **4. Структура и содержание дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

### **4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам и формам обучения**

для очной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	з. е.	час.	по
			семестрам
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
Контактная работа, в том числе:		<b>54</b>	<b>54</b>
<b>Аудиторные занятия</b>		<b>54</b>	<b>54</b>
Лекции		18	18
Практические занятия		36	36
Лабораторные работы			
<b>Самостоятельная работа</b>		<b>54</b>	<b>54</b>
<b>Контроль</b>			
Зачет с оценкой		+	+

для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	з.е.	час.	по
			курсам
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
Контактная работа, в том числе:		<b>10</b>	<b>10</b>
<b>Аудиторные занятия</b>		<b>10</b>	<b>10</b>
Лекции		2	2
Практические занятия		8	8
Лабораторные работы			
<b>Самостоятельная работа</b>		<b>98</b>	<b>98</b>
<b>Контроль</b>			
Зачет с оценкой		+	+

**4.2. Тематический план, структурированный по темам (разделам) с  
указанием отведенного на них количества академических часов и видов  
учебных занятий**

**для очной формы обучения**

№ п/п	<b>Наименование тем</b>	<b>Всего часов</b>	<b>Количество часов по видам занятий</b>				<b>Контроль</b>	<b>Самостоятельная работа</b>
			<b>Лекции</b>	<b>Практические/ Семинарские занятия</b>	<b>Лабораторные работы</b>	<b>Консультация</b>		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
1	Тема 1. Общие положения теории моделирования	8	2					6
2	Тема 2. Математическое моделирование с применением линейного программирования	18	4	4				10
3	Тема 3. Математическое моделирование с применением динамического программирования	18	2	8				8
4	Тема 4. Статистические методы математического моделирования	16	2	4				10
5	Тема 5. Марковские случайные процессы	22	4	8				10
6	Тема 6. Математическое моделирование с применением теории массового обслуживания	26	4	12				10
	<b>Зачет с оценкой</b>						+	
	<b>Итого по дисциплине</b>	<b>108</b>	<b>18</b>	<b>36</b>			+	<b>54</b>

**для заочной формы обучения**

№ п/п	<b>Наименование тем</b>	<b>Всего часов</b>	<b>Количество часов по видам занятий</b>					<b>Контроль</b>	<b>Самостоятельная работа</b>
			<b>Лекции</b>	<b>Практические/ Семинарские занятия</b>	<b>Лабораторные работы</b>	<b>Консультация</b>			
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	
1	Тема 1. Общие положения теории моделирования	6							6
2	Тема 2. Математическое моделирование с применением линейного программирования	22	2	4					16
3	Тема 3. Математическое моделирование с применением динамического программирования	14							14
4	Тема 4. Статистические методы математического моделирования	20							20
5	Тема 5. Марковские случайные процессы	22							22
6	Тема 6. Математическое моделирование с применением теории массового обслуживания	24		4					20
	<b>Зачет с оценкой</b>							+	
	<b>Итого по дисциплине</b>	<b>108</b>	<b>2</b>	<b>8</b>				+	<b>98</b>

**4.3 Содержание дисциплины для обучающихся**

**очной формы обучения**

**Тема 1. Общие положения теории моделирования**

**Лекция.** Классификация моделей сложных систем. Построение математических моделей сложных систем. Оценка сложности систем.

**Самостоятельная работа.** Основы системного подхода в исследовании сложных техносферных систем. Методы математического моделирования сложных систем. Методы анализа надежности сложных систем. Оценка сложности систем. Написание реферата.

**Рекомендуемая литература:**  
основная [2];

дополнительная [1].

## **Тема 2. Математическое моделирование с применением линейного программирования**

**Лекция.** Постановка задачи линейного программирования. Графическое решение задач линейного программирования. Методы нахождения оптимального решения задач линейного программирования.

**Практическое занятие.** Геометрический метод решения задачи линейного программирования. Выполнение расчетно-графической работы «Линейное программирование» (РГР).

**Практическое занятие.** Применение симплекс-метода при решении задач линейного программирования.

**Самостоятельная работа.** Решение задач линейного программирования. Выполнение расчетно-графической работы «Линейное программирование» (РГР). Написание реферата.

**Рекомендуемая литература:**

основная [2];

дополнительная [1].

## **Тема 3. Математическое моделирование с применением динамического программирования**

**Лекция.** Постановка задачи динамического программирования Принцип оптимальности Р. Беллмана.

**Практическое занятие.** Решение задач с применением динамического программирования. Выполнение расчетно-графической работы «Динамическое программирование» (РГР).

**Практическое занятие.** Динамическое программирование в моделировании процесса оптимизации выработки решения.

**Самостоятельная работа.** Динамическое программирование. Оптимальное распределение ресурсов. Выполнение расчетно-графической работы «Динамическое программирование» (РГР). Написание реферата.

**Рекомендуемая литература:**

основная [2];

дополнительная [1].

## **Тема 4. Статистические методы математического моделирования**

**Лекция.** Постановка задачи аппроксимации функций по методу наименьших квадратов (МНК). Выбор системы линейно-независимых функций для построения нормальной системы уравнений в МНК.

**Практическое занятие.** Решение задач регрессионного анализа по методу наименьших квадратов.

**Практическое занятие.** Выравнивание экспериментальных данных. Подбор аппроксимирующей функции.

**Самостоятельная работа.** Интегральное и точечное среднеквадратичное приближение функций ортогональными многочленами Чебышева. Написание реферата.

**Рекомендуемая литература:**

основная [2];

дополнительная [2].

## **Тема 5. Марковские случайные процессы**

**Лекция.** Цепи Маркова с дискретным временем, основные понятия и определения. Вывод формул для определения вероятностей состояний системы после  $n$  шагов процесса. Нахождение вероятностей состояний цепей Маркова с дискретным временем. Стационарный режим для цепи Маркова. Финальные вероятности. Цепи Маркова с непрерывным временем. Система дифференциальных уравнений Колмогорова. Финальные вероятности.

**Практическое занятие.** Вычисление вероятностей состояний дискретной Марковской цепи. Выполнение расчетно-графической работы «Марковские случайные процессы» (РГР).

**Практическое занятие.** Методы решения поглощающих Марковских моделей.

**Практическое занятие.** Вычисление вероятностей состояний Марковских случайных процессов.

**Самостоятельная работа.** Дискретные Марковские цепи. Цепи Маркова с непрерывным временем. Определение вероятностей состояний Марковских случайных процессов. Выполнение расчетно-графической работы «Марковские случайные процессы» (РГР). Написание реферата.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1, 3].

## **Тема 6. Математическое моделирование с применением теории массового обслуживания**

**Лекция.** Классификация систем массового обслуживания (СМО). Показатели эффективности работы систем массового обслуживания. Системы массового обслуживания с отказами. Одноканальная СМО с ожиданием при ограничении очереди. Одноканальная СМО с ожиданием при длине очереди  $m \rightarrow \infty$ . Многоканальная СМО с ожиданием.

**Практическое занятие.** Анализ функционирования системы массового обслуживания с отказами.

**Практическое занятие.** Анализ функционирования системы массового обслуживания с ожиданием.

**Самостоятельная работа.** Показатели эффективности работы систем массового обслуживания с отказами и ожиданием. Написание реферата.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1].

### **заочной формы обучения**

## **Тема 1. Общие положения теории моделирования**

**Самостоятельная работа.** Классификация моделей сложных систем. Построение математических моделей сложных систем. Основы системного подхода в исследовании сложных техносферных систем. Методы анализа надежности сложных систем. Оценка сложности систем. Написание реферата.

**Рекомендуемая литература:**

основная [2];

дополнительная [1].

## **Тема 2. Математическое моделирование с применением линейного программирования**

**Лекция.** Постановка задачи линейного программирования. Графическое решение задач линейного программирования.

**Практическое занятие.** Геометрический метод решения задачи линейного программирования. Применение симплекс-метода при решении задач линейного программирования. Выполнение расчетно-графической работы «Линейное программирование» (РГР).

**Самостоятельная работа.** Решение задач линейного программирования. Выполнение расчетно-графической работы «Линейное программирование» (РГР). Написание реферата.

**Рекомендуемая литература:**

основная [2];

дополнительная [1].

## **Тема 3. Математическое моделирование с применением динамического программирования**

**Самостоятельная работа.** Постановка задачи динамического программирования. Принцип оптимальности Р. Беллмана. Оптимальное распределение ресурсов. Решение задач динамического программирования. Выполнение расчетно-графической работы «Динамическое программирование» (РГР). Написание реферата.

**Рекомендуемая литература:**

основная [2];

дополнительная [1].

#### **Тема 4. Статистические методы математического моделирования**

**Самостоятельная работа.** Постановка задачи аппроксимации функций по методу наименьших квадратов (МНК). Выбор системы линейно-независимых функций для построения нормальной системы уравнений в МНК. Линейная интегральная аппроксимация функций по методу наименьших квадратов (МНК). Линейная точечная аппроксимация функций по МНК. Выравнивание экспериментальных данных. Подбор аппроксимирующей функции. Оценка погрешности линейной аппроксимации по МНК. Интегральное и точечное среднеквадратичное приближение функций ортогональными многочленами Чебышева. Написание реферата.

**Рекомендуемая литература:**

основная [2];

дополнительная [2].

#### **Тема 5. Марковские случайные процессы**

**Самостоятельная работа.** Дискретные Марковские цепи. Стационарный режим для цепи Маркова. Финальные вероятности. Определение характеристик поглощающих Марковских моделей. Цепи Маркова с непрерывным временем. Система дифференциальных уравнений Колмогорова. Финальные вероятности. Определение вероятностей состояний Марковских случайных процессов. Выполнение расчетно-графической работы «Марковские случайные процессы» (РГР). Написание реферата.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1,3].

#### **Тема 6. Математическое моделирование с применением теории массового обслуживания**

**Практическое занятие.** Анализ функционирования системы массового обслуживания с отказами.

**Самостоятельная работа.** Классификация систем массового обслуживания (СМО). Показатели эффективности работы систем массового обслуживания. Системы массового обслуживания с отказами. Одноканальная СМО с ожиданием при ограничении очереди. Одноканальная СМО с ожиданием при длине очереди  $m \rightarrow \infty$ . Многоканальная СМО с ожиданием. Показатели эффективности работы систем массового обслуживания с отказами и ожиданием. Написание реферата.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1].

## **5. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

При реализации программы дисциплины используются лекционные и практические занятия.

Общими целями занятий являются:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление теоретических знаний по конкретным темам дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;
- выработка при решении поставленных задач профессионально значимых качеств: самостоятельности, ответственности, точности, творческой инициативы.

Целями лекции являются:

- формирование систематизированных научных знаний по дисциплине с акцентом внимания на наиболее сложных вопросах построения математических моделей в области техносферной безопасности;
- стимулирование активной познавательной деятельности обучающихся, способствующей формированию их творческого мышления.

В ходе практического занятия обеспечивается процесс активного взаимодействия обучающихся с преподавателем; приобретаются практические навыки и умения. Цель практического занятия: углубить и закрепить знания, полученные на лекции; формирование навыков использования знаний для решения практических задач; выполнение тестовых заданий по проверке полученных знаний и умений.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим занятиям, на развитие творческого потенциала при выполнении расчетно-графических работ и написании рефератов.

## **6. Оценочные материалы по дисциплине**

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины, проводится в соответствии с содержанием дисциплины по видам занятий в форме опроса, докладов, решения задач, тестирования, расчётно-графических работ.

Промежуточная аттестация обеспечивает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине, проводится в форме зачета с оценкой.

## **6.1. Примерные оценочные материалы**

### **6.1.1. Текущего контроля**

#### **Примерные вопросы для опроса:**

1. Классификация моделей сложных систем.
2. Оценка сложности систем.
3. Постановка задачи линейного программирования.
4. Алгоритм графического решения задачи линейного программирования.
5. Постановка задачи динамического программирования.
6. Принцип оптимальности Р. Беллмана.
7. Постановка задачи аппроксимации функций по методу наименьших квадратов.
8. Марковские случайные процессы. Определение и классификация.
9. Классификация систем массового обслуживания (СМО).
10. Показатели эффективности работы СМО с отказами.
11. Показатели эффективности работы СМО с ожиданием.

#### **Примерные темы для докладов:**

1. Оптимизация процессов оперативного реагирования сил и средств МЧС России на чрезвычайные ситуации с применением метода математического моделирования.
2. Математическое моделирование оперативной деятельности подразделений МЧС России в повседневной деятельности и при ликвидации ЧС.
3. Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на основе математического моделирования опасных природных и техногенных процессов и явлений.
4. Биографии выдающихся советских математиков и их вклад в развитие математики.

#### **Примерные темы для рефератов:**

1. Оптимизация процессов оперативного реагирования сил и средств МЧС России на чрезвычайные ситуации с применением методов исследования операций.
2. Математическое моделирование оперативной деятельности подразделений МЧС России в повседневной деятельности и при ликвидации ЧС.
3. Разработка методов оптимизации маршрута доставки сил и средств подразделений МЧС в зону ЧС в условиях ограничения времени.
4. Анализ современных и прогнозируемых угроз радиационной, химической и биологической природы для сил МЧС России в мирное и военное время.
5. Применение теории графов для решения ряда задач оптимизации оперативной деятельности подразделений МЧС России при ликвидации ЧС.
6. Разработка интегрального критерия пожарной безопасности оборудования опасных производственных объектов.

7. Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на основе математического моделирования опасных природных и техногенных процессов и явлений.

8. Прогнозирование последствий и оценка рисков аварий техногенного характера на основе математического моделирования опасных техногенных процессов и явлений.

9. Разработка мероприятий по гражданской обороне и по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

10. Мероприятия по радиационной безопасности, связанные с устранением последствий аварий на АЭС.

11. Применение методов математического моделирования при решении задачи выявления и оценки РХБ обстановки в зоне ЧС.

12. Оптимизация процессов оперативного реагирования сил и средств МЧС России на чрезвычайные ситуации с применением методов исследования операций.

13. Математическое моделирование оперативной деятельности подразделений МЧС России в повседневной деятельности и при ликвидации ЧС.

14. Разработка методов оптимизации маршрута доставки сил и средств подразделений МЧС в зону ЧС в условиях ограничения времени.

15. Оценка эффективности локальной вычислительной сети ЦУКС.

16. Математическое моделирование при планировании мероприятий на проведение взрывных работ на реках в паводковый период.

17. Методика оценки риска отказа специальной техники и обоснования резерва запасных частей для ее работы в ходе ликвидации ЧС.

18. Применение теории графов для решения ряда задач оптимизации оперативной деятельности подразделений МЧС России.

19. Применение теории очередей для обоснования структуры и организации функционирования мобильного госпиталя МЧС России.

20. Комплексное использование методов исследования операций при обосновании управлеченческих решений в системе управления МЧС России.

21. Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера, прогнозирование их последствий и ущерба на основе анализа статистических данных.

22. Применение метода последовательного анализа при обосновании оптимальных управлеченческих решений в деятельности МЧС России.

23. Обоснование выбора эффективного тактического приема по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ с помощью метода последовательного анализа.

24. Разработка автоматизированной системы прогнозирования последствий и оценки рисков аварий техногенного характера.

25. Разработка комплексного критерия оценки безопасности оборудования опасных производственных объектов

26. Анализ эффективности групповой деятельности специалистов по ликвидации последствий природных и техногенных катастроф и чрезвычайных ситуаций.

27. Разработка метода оценки и прогнозирования пожароопасной обстановки для принятия оптимальных управленческих решений в деятельности МЧС России.

28. Оценка риска аварии трубопровода на территории станций заправки жидким моторным топливом наземных транспортных средств.

**Темы для расчётно-графической работы:**

1. Линейное программирование.
2. Динамическое программирование.
3. Марковские случайные процессы.

**Типовые задачи:**

**1-3.** Изобразить граф состояний и вычислить вероятность состояний Марковской последовательности после трех шагов процесса, если матрице условных вероятностей перехода за один шаг  $\pi$  и вектор  $\vec{p}(0)$  начальные распределения вероятностей имеют вид:

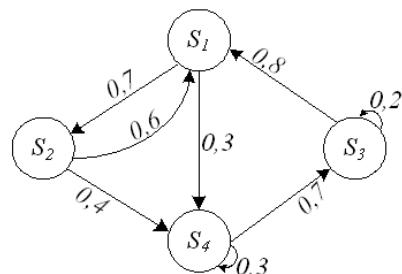
$$1. \pi = \begin{pmatrix} 0,1 & 0,6 & 0,3 \\ 0 & 0,2 & 0,8 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \vec{p}(0) = (1; 0; 0).$$

$$2. \pi = \begin{pmatrix} 0,2 & 0,4 & 0,4 \\ 0 & 0,7 & 0,3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \vec{p}(0) = (1; 0; 0).$$

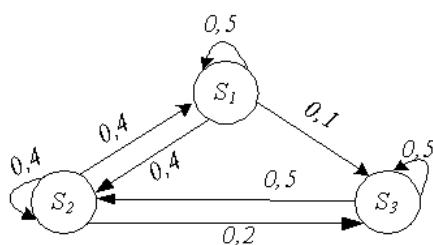
$$3. \pi = \begin{pmatrix} 0,3 & 0,6 & 0,1 \\ 0 & 0,8 & 0,2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \vec{p}(0) = (1; 0; 0).$$

**4-7.** Дан граф состояний Марковской последовательности. Проверить условие эргодичности. Найти финальные вероятности.

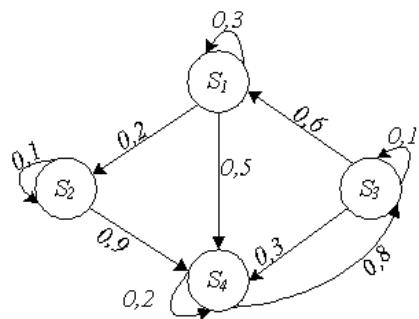
4.



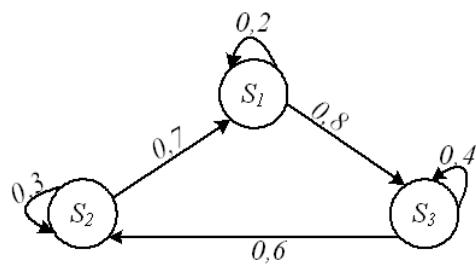
5.



6.

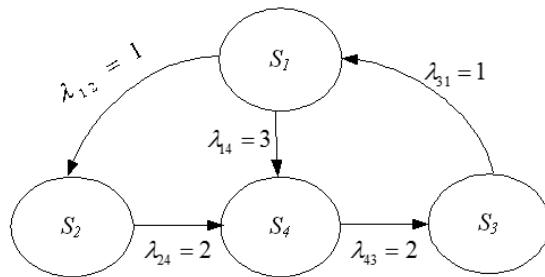


7.

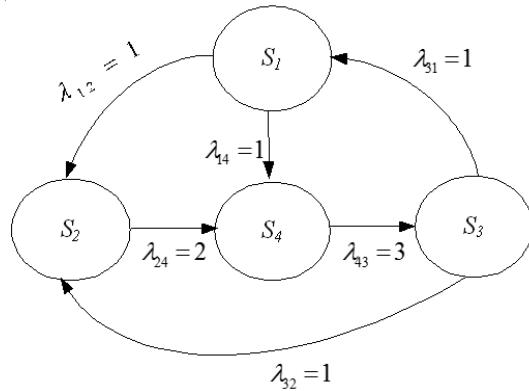


**8-12.** Для графа состояний Марковского случайного процесса записать алгебраические уравнения Колмогорова и найти финальные вероятности состояний.

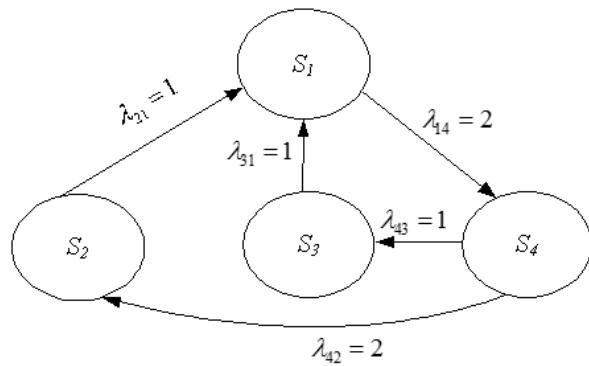
8.



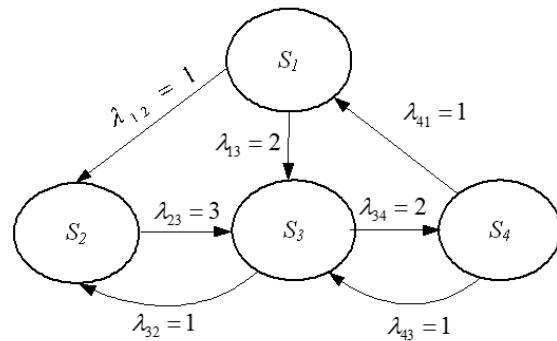
9.



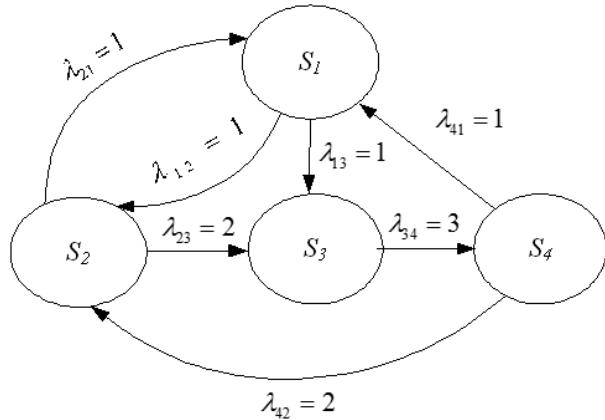
**10.**



**11.**



**12.**



**13.** Одноканальная СМО с отказами представляет собой телефонную линию. Интенсивность потока вызовов  $\lambda = 0,8$  (вызовов/минуту). Средняя продолжительность разговора  $\bar{t}_{ob} = 1,5\text{мин}$ . Определить (в установившемся режиме):

- 1)  $P_{omk}$  – вероятность отказа;
- 2)  $q$  – относительную пропускную способность;
- 3)  $A$  – абсолютную пропускную способность.

**14-18.** Аппроксимировать таблично заданную функцию линейной функцией.

<b>14.</b>	$x_i$	1	2	3	4	5
	$y_i$	1,1	1,4	1,6	1,7	1,9
<b>15.</b>	$x_i$	1	2	3	4	5
	$y_i$	1,05	1,55	1,7	1,75	1,8
<b>16.</b>	$x_i$	1	2	3	4	5
	$y_i$	0,4	0,55	0,13	0,09	0,07
<b>17.</b>	$x_i$	1	2	3	4	5
	$y_i$	7,5	6,2	5,5	3,5	3
<b>18.</b>	$x_i$	1	2	3	4	5
	$y_i$	8,2	5,9	4,9	4	3,2

В задачах **19 – 24** геометрическим методом решить задачу линейного программирования.

$$19. \quad \begin{cases} x_1 + 3x_2 \leq 21 \\ 6x_1 + 5x_2 \leq 48 \\ x_1 + 5x_2 \geq 5 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases} .$$

$$f(x) = 6x_1 + 9x_2 \rightarrow \max$$

$$20. \quad \begin{cases} x_1 + x_2 \leq 6 \\ x_1 + 3x_2 \leq 12 \\ x_1 + 2x_2 \geq 2 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases} .$$

$$f(x) = 3x_1 + 7x_2 \rightarrow \max$$

$$21. \quad \begin{cases} 3x_1 + x_2 \leq 18 \\ x_1 + 3x_2 \leq 14 \\ 3x_1 + 2x_2 \geq 6 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases} .$$

$$f(x) = 4x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$$

$$22. \quad \begin{cases} 4x_1 + 5x_2 \leq 25 \\ x_1 \leq 5 \\ x_1 + 4x_2 \geq 4 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases} .$$

$$f(x) = 2x_1 + 4x_2 \rightarrow \max$$

$$23. \quad \begin{cases} 2x_1 + 2x_2 \leq 7 \\ x_1 + 3x_2 \leq 6 \\ 3x_1 + 2x_2 \leq 8 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases} .$$

$$f(x) = 4x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$$

$$24. \quad \begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 80 \\ 2x_1 + x_2 \leq 70 \\ x_1 \leq 30 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases} .$$

$$f(x) = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$$

В задачах **25 – 28** решить задачу линейного программирования симплекс методом.

25.

$$\begin{cases} x_1 + 4x_2 \leq 36 \\ 3x_1 + 2x_2 \leq 38 \\ x_1 \leq 10 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases} .$$

$$f(x) = x_1 + x_2 \rightarrow \max$$

26.

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 40 \\ x_1 + x_2 \leq 25 \\ x_1 + 2x_2 \leq 40 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases} .$$

$$f(x) = 2x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$$

27.

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 80 \\ 4x_1 + 2x_2 \leq 140 \\ x_1 \leq 30 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases} .$$

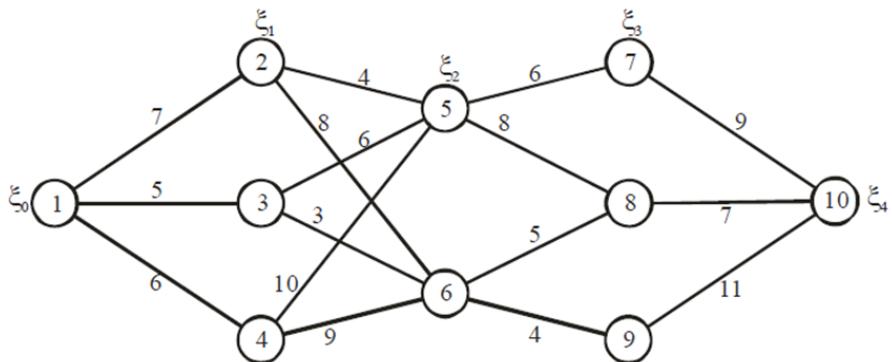
$$f(x) = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$$

28.

$$\begin{cases} x_1 - 2x_2 \leq -4 \\ x_1 - x_2 \leq 1 \\ x_1 + x_2 \geq 5 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases} .$$

$$f(x) = -x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$$

29. Методом динамического программирования найти самый короткий или самый длинный путь на графе.



**Типовые задания для тестирования:**  
(ответов на вопрос может быть один или несколько)

**Вопрос 1.** Техносфера как целостная система включает в себя:

- 1) специфическое техническое знание, умения, правила, теории, их культурную ценность
- 2) техническую деятельность в двух планах: 1) инженерную, 2) связанную с повседневной жизнью
- 3) систему отношений между человеком и природой, где техника выступает как некий посредник

**Вопрос 2.** Детерминированное моделирование отображает процессы, в которых

- 1) состояние объекта исследуется с течением времени
- 2) предполагается отсутствие случайных воздействий
- 3) состояние объекта рассматривается в фиксированный момент времени

**Вопрос 3.** Стохастическое моделирование

- 1) применяется для моделирования стихийных бедствий
- 2) предполагает отсутствие случайных воздействий

**3) учитывает вероятностные процессы и события**

**Вопрос 4. Статическое моделирование**

- 1) служит для описания состояния объекта в фиксированный момент времени
- 2) применяется только в статистических исследованиях
- 3) служит для описания состояния объекта с течением времени

**Вопрос 5. Динамическое моделирование**

- 1) используется для построения моделей физических явлений
- 2) служит для исследования объекта во времени
- 3) служит для описания состояния объекта в фиксированный момент времени

**Вопрос 6. В математическом программировании выделяют**

- 1) выпуклое программирование
- 2) линейное программирование
- 3) целочисленное программирование

**Вопрос 7. Оптимизация – это процесс выбора**

- 1) наихудшего плана из множества решений по выбранному критерию оптимальности
- 2) наилучшего плана из множества решений по выбранному критерию оптимальности
- 3) решения, полученного наиболее коротким путем

**Вопрос 8. Областью допустимых решений задачи линейного программирования с двумя переменными является**

- 1) выпуклый многоугольник
- 2) вогнутый многоугольник
- 3) первая четверть координатной плоскости

**Вопрос 9. Если задача линейного программирования имеет оптимальное решение, то целевая функция достигает нужного экстремального значения**

- 1) в одной из вершин многоугольника (многогранника) допустимых решений
- 2) в одной из внутренних точек многоугольника (многогранника) допустимых решений
- 3) вне многоугольника (многогранника) допустимых решений

**Вопрос 10. Целевая функция  $f = x_1 + 2x_2$  при ограничениях**

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 1 \\ 2x_1 + 3x_2 \leq 6 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

имеет оптимальное решение в точках

- 1) (1;0)
- 2) (0;2)
- 3) (0;1)

4) (3;0)

**Вопрос 11.** Целевая функция  $f = x_1 + 2x_2$  при ограничениях  $\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 1 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$  имеет наименьшее значение в точке

1) (0;1)

**2) (1;0)**

3) (0;0)

**Вопрос 12.** Целевая функция  $f = x_1 + x_2$  при ограничениях

$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 1 \\ 2x_1 + 3x_2 \leq 6 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$  имеет наибольшее значение в точке

1) (0;2)

2) (0;1)

**3) (3;0)**

4) (1;0)

**Вопрос 13.** Симплексный метод решения задач линейного программирования включает

**1)** определение одного из допустимых базисных решений поставленной задачи (опорного плана)

**2)** определение правила перехода к не худшему решению

**3)** проверку оптимальности найденного решения

**Вопрос 14.** Задача линейного программирования не имеет оптимального решения, если

1) в точке области допустимых значений достигается максимум целевой функции  $f$

**2)** система ограничений задачи несовместна

3) в точке области допустимых значений достигается минимум целевой функции  $f$

**Вопрос 15.** Динамическое программирование или динамическое планирование – это

**1)** особый метод оптимизации решений, применяемый к многошаговым (многоэтапным) операциям

**2)** способ решения сложных задач путём разбиения их на более простые подзадачи

**3)** способ нахождения решения, где ответ на одну задачу может быть получен только после решения задачи, предшествующей ей

### **6.1.2. Промежуточной аттестации**

#### **Примерный перечень вопросов, выносимых на зачет с оценкой**

1. Предмет дисциплины «Современные методы математического моделирования сложных техносферных объектов». Понятие техносфера.
2. Система. Математическая модель. Объект техносфера.
3. Сложность системы: статическая, динамическая, информационная, вычислительная, алгоритмическая.
4. Классификация моделей сложных систем.
5. Построение математических моделей сложных систем.
6. Основы системного подхода в исследовании сложных техносферных систем.
7. Методы анализа надежности сложных систем.
8. Оценка сложности систем.
9. Способы понижения сложности моделей.
10. Постановка задачи линейного программирования.
11. Задача линейного программирования. Основные определения.
12. Графическое решение задач линейного программирования.
13. Построение математической модели задачи линейного программирования.
14. Построение области допустимых планов задачи линейного программирования.
15. Методы нахождения оптимального решения задачи линейного программирования.
16. Решение задач линейного программирования симплекс-методом.
17. Постановка задачи динамического программирования.
18. Динамическое программирование. Принцип оптимальности Р. Беллмана.
19. Динамическое программирование. Оптимальное распределение ресурсов.
20. Метод наименьших квадратов и регрессионный анализ. Постановка задачи аппроксимации функций по методу наименьших квадратов (МНК).
21. Выбор системы линейно-независимых функций для построения нормальной системы уравнений в МНК.
22. Линейная интегральная аппроксимация функций по методу наименьших квадратов (МНК).
23. Линейная точечная аппроксимация функций по МНК.
24. Метод наименьших квадратов и регрессионный анализ. Выравнивание экспериментальных данных.
25. Метод наименьших квадратов и регрессионный анализ. Подбор аппроксирующей функции.
26. Оценка погрешности линейной аппроксимации по МНК.
27. Интегральное и точечное среднеквадратичное приближение функций ортогональными многочленами Чебышева.
28. Марковские случайные процессы – определение и классификация.

29. Случайные последовательности. Цепи Маркова с дискретным временем – определения и обозначения.
30. Вывод формул для определения вероятностей состояний системы после n шагов процесса.
31. Нахождение вероятностей состояний цепей Маркова с дискретным временем.
32. Стационарный режим для цепи Маркова. Финальные вероятности.
33. Определение характеристик поглощающих Марковских моделей.
34. Цепи Маркова с непрерывным временем – обозначенная, основные допущения.
35. Цепи Маркова с непрерывным временем. Система дифференциальных уравнений Колмогорова.
36. Цепи Маркова с непрерывным временем. Финальные вероятности – определение и вычисление.
37. Классификация систем массового обслуживания (СМО).
38. Показатели эффективности работы систем массового обслуживания.
39. Системы массового обслуживания с отказами.
40. Одноканальная СМО с ожиданием при ограничении очереди.
41. Одноканальная СМО с ожиданием при длине очереди  $m \rightarrow \infty$ .
42. Многоканальная СМО с ожиданием.
43. Показатели эффективности работы систем массового обслуживания с отказами и ожиданием.

## **6.2. Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок**

Система оценивания включает:

Форма контроля	Показатели оценивания	Критерии выставления оценок	Шкала оценивания
Зачёт с оценкой	правильность и полнота ответа	дан правильный, полный ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; могут быть допущены недочеты, исправленные самостоятельно в процессе ответа.	отлично
		дан правильный, недостаточно полный ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи; могут быть допущены недочеты, исправленные с помощью преподавателя.	хорошо
		дан недостаточно правильный и	удовлетворительно

Форма контроля	Показатели оценивания	Критерии выставления оценок	Шкала оценивания
		полный ответ; логика и последовательность изложения имеют нарушения; в ответе отсутствуют выводы.	
		ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу; присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения; дополнительные и уточняющие вопросы не приводят к коррекции ответа на вопрос.	неудовлетворительно

## 7. Ресурсное обеспечение дисциплины

### 7.1. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. SPSS Statistics 17 [ПО-F2B-743] - Программное обеспечение для статистической обработки данных [Лицензионное]
2. Statistica for Windows v.6 Russian [ПО-405-152] - Программное обеспечение для статистического анализа информации [Лицензионное]
3. Статистическая диалоговая система STADIA [ПО-6FF-561] - Статистическая диалоговая система [Лицензионное. Номер в Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных - 9064]
4. SMath Studio [ПО-A68-516] - Программное обеспечение для вычисления математических выражений и построения графиков функций [Свободно распространяемое. Номер в Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных - 12849]
5. МойОфис Образование [ПО-41В-124] - Полный комплект редакторов текстовых документов и электронных таблиц, а также инструментарий для работы с графическими презентациями [Свободно распространяемое. Номер в Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных - 4557]
6. Astra Linux Common Edition релиз Орел [ПО-25В-603] - Операционная система общего назначения "Astra Linux Common Edition" [Коммерческая (Full Package Product). Номер в Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных - 4433]

## **7.2. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/>, доступ только после самостоятельной регистрации
2. Электронная библиотечная система университета, обеспечивающая индивидуальный неограниченный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет: <http://elib.igps.ru>.
3. Электронная библиотечная система университета, обеспечивающая индивидуальный неограниченный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет: <http://www.iprbookshop.ru>;
4. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru> – индивидуальный неограниченный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет.
5. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ: <https://e.lanbook.com/>

## **7.3. Литература**

### **Основная литература:**

1. Каменецкая, Наталия Владимировна. Математические методы в задачах оптимизации процессов управления силами МЧС России [Текст]: учебное пособие: [гриф УМО] / Н. В. Каменецкая, О. М. Медведева; ред. Э. Н. Чижиков, 2019. - 120 с.

<http://elib.igps.ru/?2&type=card&cid=ALSFR-7e37ea32-ac9c-4c81-970d-37604dc73da0&remote=false>

2. Системный анализ и принятие решений [Текст]: учебник: [гриф МЧС] / В. С. Артамонов [и др.]; ред. В. С. Артамонов, 2009. - 378 с.  
<http://elib.igps.ru/?54&type=card&cid=ALSFR-43609c27-2618-4a31-9fd7-cd497f001b8a&remote=false>

### **Дополнительная литература:**

1. Каменецкая, Наталия Владимировна. Математическое моделирование в задачах оптимизации оперативной деятельности подразделений МЧС России при ликвидации ЧС [Текст]: учебное пособие. Ч.II / Н. В. Каменецкая, О. М. Медведева, С. Б. Хитов, 2017. - 86 с.  
<http://elib.igps.ru/?10&type=card&cid=ALSFR-5033a598-278b-4241-9350-a10cb9b6ada7&remote=false>

2. Каменецкая, Наталия Владимировна. Вычислительная математика [Текст]: учебное пособие. Ч.II. Вычислительные методы / Н. В. Каменецкая; ред. Э. Н. Чижиков, 2018. - 112 с.  
<http://elib.igps.ru/?6&type=card&cid=ALSFR-a90da4a8-3b27-4e4b-b3bb-86968a2b573b&remote=false>

3. Каменецкая, Наталия Владимировна. Линейная алгебра и аналитическая геометрия [Текст]: учебное пособие. Ч. 1. Элементы линейной алгебры / Н. В. Каменецкая, 2015. - 116 с.

<http://elib.igps.ru/?41&type=card&cid=ALSFR-696fdd29-919a-447e-aae1-83befbdc37bc>

#### **7.4. Материально-техническое обеспечение**

Для проведения и обеспечения занятий используются помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой магистратуры, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: автоматизированное рабочее место преподавателя, маркерная доска, мультимедийный проектор, посадочные места обучающихся.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде университета.

**Автор:** канд. техн. наук, доцент Каменецкая Н.В.