

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Петровская Анна Викторовна  
Должность: Директор  
Дата подписания: 27.11.2023 15:10:49  
Уникальный программный ключ:  
798bda6555fbdebe827768f017100d17a9070c31dc1bba6c5a1f20ca31f9

Приложение 3  
к основной профессиональной образовательной программе  
по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика  
направленность (профиль) программы «Прикладная информатика в экономике»

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»**

**Краснодарский филиал РЭУ им. Г. В. Плеханова**

Факультет экономики, менеджмента и торговли

Кафедра экономики и цифровых технологий

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.ДЭ.02.02 Математическое и имитационное моделирование**

**Направление подготовки 09.03.03 Прикладная информатика**

**Направленность (профиль) программы Прикладная информатика в экономике**

**Уровень высшего образования Бакалавриат**

**Год начала подготовки 2024**

Краснодар – 2023 г.

Составитель:

Старший преподаватель кафедры экономики и цифровых технологий Л.А. Винсковская

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры экономики и цифровых технологий Краснодарского филиала РЭУ им. Г.В. Плеханова, протокол № 8 от 16.03.2023 г.

Рабочая программа составлена на основе рабочей программы по дисциплине «Математическое и имитационное моделирование», утвержденной на заседании базовой кафедры Математических методов в экономике федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский экономический университета имени Г.В. Плеханова» протокол № 12 от 28 апреля 2021г., разработанной автором:

Щукиной Н.А., к.т.н., доцентом кафедры математических методов в экономике

## Содержание

<b>I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....</b>	<b>4</b>
Цель и задачи освоения дисциплины .....	4
Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	4
Объем дисциплины и виды учебной работы .....	4
Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине .....	5
<b>II. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>7</b>
<b>III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ, ИНФОРМАЦИОННОЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>14</b>
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	14
ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ .....	14
ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕКТРОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ.....	14
ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ .....	15
ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	15
ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ .....	15
МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	15
<b>IV. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>16</b>
<b>V. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ И УМЕНИЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ.....</b>	<b>16</b>
<b>VI. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....</b>	<b>16</b>
<b>КУРСОВАЯ РАБОТА/ПРОЕКТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ» НЕ ПРЕДУСМОТРЕНА. ....</b>	<b>17</b>
<b>АННОТАЦИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>31</b>

# I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## Цель и задачи освоения дисциплины

Целью учебной дисциплины «Математическое и имитационное моделирование» является формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков построения математических моделей и принципов моделирования процессов и систем с применением компьютерных технологий автоматизации моделирования.

Задачами дисциплины являются:

1. изучение методологии постановки задачи моделирования;
2. научить студентов использовать методы математического и имитационного моделирования для решения сложных экономических задач, а также находить и использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам исследования;
3. ознакомить студентов с компьютерными технологиями автоматизации разработки, отладки и эксплуатации динамических имитационных моделей функционирования систем различного назначения;
4. познакомить студентов с основами системного подхода к формированию имитационных моделей, способам конструирования и обоснования имитационных моделей;
5. изучение и освоение различных инструментальных методов и современных пакетов прикладных программ для проведения имитационного эксперимента;
6. овладение методологией по выработке рекомендаций по выбору методов моделирования и моделей в конкретных условиях;
7. научить студентов использовать и модифицировать имитационные модели для решения профессиональных задач для достижения поставленных целей;
8. научить интерпретировать полученные с помощью имитационных моделей результаты применительно к моделируемой системе.

## Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математическое и имитационное моделирование» относится к обязательной части учебного плана и является элективной дисциплиной.

## Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1

Показатели объема дисциплины	Всего часов по формам обучения	
	очная	заочная
Объем дисциплины в зачетных единицах	<i>3 ЗЕТ</i>	
Объем дисциплины в акад. часах	<i>108</i>	
Промежуточная аттестация: форма	<i>Зачет</i>	<i>Зачет</i>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем (Контакт. часы), всего:</b>	<b>30</b>	12
1. Контактная работа на проведение занятий лекционного и семинарского типов, всего часов, в том числе:	28	10

• лекции	12	4
• практические занятия	16	6
• лабораторные занятия	-	-
в том числе практическая подготовка	-	-
2. Индивидуальные консультации (ИК)	-	-
3. Контактная работа по промежуточной аттестации (Катт)	2	2
4. Консультация перед экзаменом (КЭ)	-	-
5. Контактная работа по промежуточной аттестации в период экз. сессии / сессии заочников (Каттэк)	-	-
<b>Самостоятельная работа (СР), всего:</b>	78	96
в том числе:		
• самостоятельная работа в период экз. сессии (СРэк)	-	2
• самостоятельная работа в семестре (СРС)	78	94
в том числе, самостоятельная работа на курсовую работу	-	-
• изучение ЭОР	-	-
• изучение онлайн-курса или его части	-	-
• выполнение индивидуального или группового проекта	-	-

## Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины должны быть сформированы следующие компетенции:

Таблица 2

Формируемые компетенции (код и наименование компетенции)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование индикатора)	Результаты обучения (знания, умения)
УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.2. Выбирает оптимальные способы решения задач, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.2. 3-1. <b>Знает</b> основные методы принятия решений, в том числе в условиях риска и неопределенности
		УК-2.2. У-1. <b>Умеет</b> проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений

ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Формализует стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.1. 3-1. <b>Знает</b> основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования
		ОПК-1.1. У-1. <b>Умеет</b> осуществлять сбор, систематизацию, формализацию, интерпретацию, первичную обработку и анализ данных для исследования конкретных экономических ситуаций, используя методы математического, статистического, экономического анализа и моделирования
	ОПК-1.2. Применяет естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования для решения профессиональных задач	ОПК-1.2. 3-1. <b>Знает</b> основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования
		ОПК-1.2. У-1. <b>Умеет</b> решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общеинженерные знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования ОПК-1.2. У-4. <b>Умеет</b> использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе
ОПК-6. Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования	ОПК-6.1. Применяет и адаптирует методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования, методы исследования математических моделей для автоматизации задач принятия решений	ОПК-6.1. 3-3. <b>Знает</b> основные понятия, используемые для математического описания задач профессиональной деятельности и современный математический инструментарий
		ОПК-6.1. У-1. <b>Умеет</b> анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач
	ОПК-6.2. Применяет и адаптирует экономико-математические модели для принятия оптимальных управленческих решений	ОПК-6.2. 3-1. <b>Знает</b> традиционные и современные подходы к принятию управленческих решений на основе применения методов оптимизации
		ОПК-6.2. У-2. <b>Умеет</b> использовать различные модели и методы принятия управленческих решений и проводить комплексный анализ динамических экономических процессов для принятия научно-обоснованных решений ОПК-6.2. У-3. <b>Умеет</b> осуществлять анализ альтернативных вариантов с целью принятия рациональных решений

## II. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

этапы формирования и критерии оценивания сформированности компетенций обучающихся очной формы обучения

Таблица 3.1

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Трудоемкость, академические часы						Индикаторы достижения компетенций (из Таблицы 2)	Результаты обучения (знания, умения) (из Таблицы 2)	Учебные задания для аудиторных занятий	Текущий контроль	Задания для творческого рейтинга (по теме(-ам)/разделу или по всему курсу в целом)
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	Самостоятельная работа/ КЭ, Каттэк, Катт	Всего					
Семестр 4												
1.	<b>Тема 1. Основные понятия математического и имитационного моделирования систем и процессов.</b> Понятие модели и моделирования. Классификация моделей и приемов моделирования. Этапы моделирования. Технологическая схема имитационного моделирования. Системный подход к формированию имитационной модели, конструирование и обоснование модели. Достоинства и недостатки различных подходов к моделированию систем. Область применения имитационных моделей.	1	-			6	7	ОПК-1.2 ОПК-6.1	ОПК-1.2. 3-1; ОПК-6.1. 3-3	О.	-	-
2.	<b>Тема 2. Модели биологических аналогий.</b> Дискретные и непрерывные модели. Разностные и дифференциальные уравнения. Примеры решения простейших уравнений. Задача о воспроизводстве (размножении) и гибели популяции	2	2			6	10	ОПК-1.2	ОПК-1.2. 3-1; ОПК-1.2. У-1; ОПК-1.2. У-4.	О.	Комп. сим.	-

	бактерий. Математическая постановка задачи. Переход от постановки проблемы к уравнениям модели. Варианты решения системы дифференциальных уравнений. Начальные условия. Аналитические исследования вариантов решения. Аналогии с условиями взаимодействия результатов хозяйственной деятельности людей с окружающей средой. Анализ и прогноз вариантов последствий взаимодействия.											
3.	<b>Тема 3. Теоретические основы и инструментальные средства имитационного моделирования.</b> Датчики случайных и псевдослучайных чисел. Моделирование случайных величин, случайных событий и процессов. Статистическое моделирование как простейший вид имитационного моделирования. Имитационная модель оценки риска инвестиционного проекта по производству продукта. Критерии качества имитационной модели. Моделирующая система Matlab/Simulink и её применение для исследования организационно-технических систем. Моделирующая система AnyLogic и её применение для исследования организационно-технических систем Основные приемы подготовки и редактирования модели.	2	4			6	12	УК-2.2 ОПК-1.1 ОПК-6.1.	УК-2.2. 3-1; УК-2.2. У-1; ОПК-1.1. 3-1 ОПК-6.1. 3-3; ОПК-6.1. У-1	О.	Комп. сим.	-
4.	<b>Тема 4. Моделирование дискретно-событийных систем.</b> Использование дискретных потоков для дискретно-событийного моделирования. Управление модельным временем.	4	4			46	54	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-6.1	ОПК-1.1. 3-1; ОПК-1.1. У-1; ОПК-1.2. 3-1; ОПК-1.2. У-1; ОПК-1.2. У-4;	О.	Комп. сим.	Ин.п.



	<p>Моделирование параллельных процессов. Применение сетевых моделей для описания параллельных процессов. Разработка планов экспериментов. Проведение имитационных экспериментов с использованием файлов сценариев. Структура и классификация систем массового обслуживания (СМО). Основные характеристики СМО. Математические модели элементарных СМО. Имитационные модели СМО. Модель обработки запросов сервером. Модель обработки документов в организации. Модель функционирования предприятия. Моделирование процессов управления запасами (модели логистики). Имитационная модель деятельности банка. Имитационная модель выдачи кредита в банке.</p>								ОПК-6.1. У-1			
5.	<p><b>Тема 5. Методы системной динамики.</b> Основные понятия системной динамики. Основные концепции системной динамики. Причинно-следственная диаграмма (когнитивная карта, потоковая диаграмма), импульсные процессы. Верификация и оценка устойчивости системно-динамических моделей. Проведение сценарного анализа. Паутинообразная равновесная модель системной динамики. Имитационная модель циклов роста и падения в экономике. Применение когнитивных моделей в системах поддержки принятия решений.</p>	2	4			8	14	<p>УК-2.2 ОПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-6.2</p>	<p>УК-2.2. У-1; ОПК-1.2. У-4; ОПК-6.1. У-1; ОПК-6.2. 3-1; ОПК-6.2. У-2; ОПК-6.2. У-3</p>	О.	Комп. сим.	-

6.	<b>Тема 6. Методы агентного моделирования.</b> Основные понятия агентного моделирования. Карта состояний агента. Процедура разработки агентной модели в AnyLogic. Агентное моделирование влияния маркетинговых мероприятий. Пространственная динамика агентов. Мультиагентная модель технического обеспечения системы связи. Пешеходная динамика	2	2			6	10	ОПК-1.1 ОПК-1.2	ОПК-1.1. 3-1; ОПК-1.2. У-1; ОПК-1.2. У-4	О.	Комп. сим.	
	<i>Контактная работа по промежуточной аттестации (Катт)</i>	-	-	-	-	-/2	2	-	-	-	-	-
	<i>Самостоятельная работа в период экз. сессии (СРэк)</i>	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
	<b>Итого</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	-	-	<b>78/2</b>	<b>108</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>

**этапы формирования и критерии оценивания сформированности компетенций обучающихся заочной формы обучения**

Таблица 3.2

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Трудоемкость, академические часы						Индикаторы достижения компетенций (из Таблицы 2)	Результаты обучения (знания, умения) (из Таблицы 2)	Учебные задания для аудиторных занятий	Текущий контроль	Задания для творческого рейтинга (по теме(-ам)/разделу или по всему курсу в целом)
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	Самостоятельная работа/ КЭ, Каттэк, Катт	Всего					
Семестр 4												
1.	<b>Тема 1. Основные понятия математического и имитационного моделирования систем и процессов.</b> Понятие модели и моделирования.	-	-	-	-	16	16	ОПК-1.2 ОПК-6.1	ОПК-1.2. 3-1; ОПК-6.1. 3-3	О.	-	-

	Классификация моделей и приемов моделирования. Этапы моделирования. Технологическая схема имитационного моделирования. Системный подход к формированию имитационной модели, конструирование и обоснование модели. Достоинства и недостатки различных подходов к моделированию систем. Область применения имитационных моделей.											
2.	<b>Тема 2. Модели биологических аналогий.</b> Дискретные и непрерывные модели. Разностные и дифференциальные уравнения. Примеры решения простейших уравнений. Задача о воспроизводстве (размножении) и гибели популяции бактерий. Математическая постановка задачи. Переход от постановки проблемы к уравнениям модели. Варианты решения системы дифференциальных уравнений. Начальные условия. Аналитические исследования вариантов решения. Аналогии с условиями взаимодействия результатов хозяйственной деятельности людей с окружающей средой. Анализ и прогноз вариантов последствий взаимодействия.	1	-	-	-	16	17	ОПК-1.2	ОПК-1.2. 3-1; ОПК-1.2. У-1; ОПК-1.2. У-4.	О.	Комп. сим.	-
3.	<b>Тема 3. Теоретические основы и инструментальные средства имитационного моделирования.</b> Датчики случайных и псевдослучайных чисел. Моделирование случайных величин, случайных событий и процессов. Статистическое моделирование как простейший вид имитационного моделирования.	1	-	-	-	16	17	УК-2.2 ОПК-1.1 ОПК-6.1.	УК-2.2. 3-1; УК-2.2. У-1; ОПК-1.1. 3-1 ОПК-6.1. 3-3; ОПК-6.1. У-1	О.	Комп. сим.	-

	Имитационная модель оценки риска инвестиционного проекта по производству продукта. Критерии качества имитационной модели. Моделирующая система Matlab/Simulink и её применение для исследования организационно-технических систем. Моделирующая система AnyLogic и её применение для исследования организационно-технических систем Основные приемы подготовки и редактирования модели.											
4.	<b>Тема 4. Моделирование дискретно-событийных систем.</b> Использование дискретных потоков для дискретно-событийного моделирования. Управление модельным временем. Моделирование параллельных процессов. Применение сетевых моделей для описания параллельных процессов. Разработка планов экспериментов. Проведение имитационных экспериментов с использованием файлов сценариев. Структура и классификация систем массового обслуживания (СМО). Основные характеристики СМО. Математические модели элементарных СМО. Имитационные модели СМО. Модель обработки запросов сервером. Модель обработки документов в организации. Модель функционирования предприятия. Моделирование процессов управления запасами (модели логистики). Имитационная модель деятельности банка. Имитационная модель выдачи кредита в банке.	<i>1</i>	<i>2</i>	-	-	<i>15</i>	18	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-6.1	ОПК-1.1. 3-1; ОПК-1.1. У-1; ОПК-1.2. 3-1; ОПК-1.2. У-1; ОПК-1.2. У-4; ОПК-6.1. У-1	О.	Комп. сим.	Ин.п.

5.	<b>Тема 5. Методы системной динамики.</b> Основные понятия системной динамики. Основные концепции системной динамики. Причинно-следственная диаграмма (когнитивная карта, потоковая диаграмма), импульсные процессы. Верификация и оценка устойчивости системно-динамических моделей. Проведение сценарного анализа. Паутинообразная равновесная модель системной динамики. Имитационная модель циклов роста и падения в экономике. Применение когнитивных моделей в системах поддержки принятия решений.	-	2	-	-	16	18	УК-2.2 ОПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-6.2	УК-2.2. У-1; ОПК-1.2. У-4; ОПК-6.1. У-1; ОПК-6.2. 3-1; ОПК-6.2. У-2; ОПК-6.2. У-3	О.	Комп. сим.	-
6.	<b>Тема 6. Методы агентного моделирования.</b> Основные понятия агентного моделирования. Карта состояний агента. Процедура разработки агентной модели в AnyLogic. Агентное моделирование влияния маркетинговых мероприятий. Пространственная динамика агентов. Мультиагентная модель технического обеспечения системы связи. Пешеходная динамика	1	2	-	-	15	18	ОПК-1.1 ОПК-1.2	ОПК-1.1. 3-1; ОПК-1.2. У-1; ОПК-1.2. У-4	О.	Комп. сим.	-
	<i>Контактная работа по промежуточной аттестации (Катт)</i>	-	-	-	-	-/2	2	-	-	-	-	-
	<i>Самостоятельная работа в период экз. сессии (СРэк)</i>	-	-	-	-	2/-	2	-	-	-	-	-
	<b>Итого</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>96/2</b>	<b>108</b>	<b>х</b>	<b>х</b>	<b>х</b>	<b>х</b>	<b>х</b>

**Формы учебных заданий на аудиторных занятиях:** Опрос (О.)

**Формы текущего контроля:** Компьютерная симуляция (Комп.сим.)

**Формы заданий для творческого рейтинга:** Индивидуальный или групповой проект (Ин.п./Гр.п.)

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ, ИНФОРМАЦИОННОЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

##### Основная литература:

1. Безруков, А. И. Математическое и имитационное моделирование : учебное пособие / А. И. Безруков, О. Н. Алексенцева. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 227 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-012709-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/read?id=335687>
2. Доррер, Г. А. Методы и системы принятия решений: Учебное пособие / Доррер Г.А. - Краснояр.:СФУ, 2016. - 210 с.: ISBN 978-5-7638-3489-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/read?id=320924>

##### Дополнительная литература:

1. Математическое и имитационное моделирование: учеб. пособие / А.И. Безруков, О.Н. Алексенцева. - М.: ИНФРА-М, 2019. - 227 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://znanium.com/read?id=335687>
2. Власов, М. П. Оптимальное управление экономическими системами: учебное пособие / М.П. Власов, П.Д. Шимко. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 312 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/read?id=414351>

##### Нормативно-правовые документы:

В рамках изучения дисциплины не используются.

##### ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

В рамках изучения дисциплины не используются

##### ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕКТРОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

1. Горемыкина Г.И. «Исследование операций и методы оптимизации»(*электронный образовательный ресурс, размещённый в ЭОС РЭУ им. Г.В. Плеханова*)<http://lms.rea.ru>
2. Халиков М.А., Горемыкина Г.И. «Исследование операций»(*электронный образовательный ресурс, размещённый в ЭОС РЭУ им. Г.В. Плеханова*)<http://lms.rea.ru>

## **ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ**

1. <http://www.gks.ru> - Росстат – федеральная служба государственной статистики
2. [www.economy.gov.ru](http://www.economy.gov.ru) - Базы данных Министерства экономического развития и торговли России
3. <https://www.polpred.com> - Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ"

## **ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. <http://www.mathnet.ru/> - Общероссийский математический портал (информационная система)
2. <http://www.grandars.ru/student/vysshaya-matematika/matematicheskie-metody/> Энциклопедия экономиста. Раздел «Экономико-математические методы»
3. <http://lib.mexmat.ru/books/22284>

## **ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

*Лицензионное программное обеспечение:*

- Операционная система Windows 10, Microsoft Office Professional Plus: 2019 год (MS Word, MS Excel, MS Power Point, MS Access)
- Антивирусная программа Касперского Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Расширенный Rus Edition.

## **МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Дисциплина «Математическое и имитационное моделирование» обеспечена:

для проведения занятий лекционного типа:

- учебной аудиторией, оборудованной учебной мебелью, мультимедийными средствами обучения для демонстрации лекций-презентаций;

для проведения занятий семинарского типа (*практические занятия*):

- компьютерным классом с комплектом лицензионного программного обеспечения Microsoft Office Excel; MATLAB;

для самостоятельной работы:

- помещением для самостоятельной работы, оснащенным компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде университета.

#### IV. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

- Методические указания по проведению практических занятий и организации самостоятельной работы обучающихся

#### V. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ И УМЕНИЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации формируют рейтинговую оценку работы обучающегося. Распределение баллов при формировании рейтинговой оценки работы обучающегося осуществляется в соответствии с «Положением о рейтинговой системе оценки успеваемости и качества знаний студентов в процессе освоения дисциплины **«Математическое и имитационное моделирование»** в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова».

Таблица 4

Виды работ	Максимальное количество баллов
Выполнение учебных заданий на аудиторных занятиях	20
Текущий контроль	20
Творческий рейтинг	20
Промежуточная аттестация ( <i>зачет</i> )	40
<b>ИТОГО</b>	<b>100</b>

В соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки успеваемости и качества знаний обучающихся преподаватель кафедры, непосредственно ведущий занятия со студенческой группой, обязан проинформировать группу о распределении рейтинговых баллов по всем видам работ на первом занятии учебного модуля (семестра), количестве модулей по учебной дисциплине, сроках и формах контроля их освоения, форме промежуточной аттестации, снижении баллов за несвоевременное выполнение выданных заданий. Обучающиеся в течение учебного модуля (семестра) получают информацию о текущем количестве набранных по дисциплине баллов через личный кабинет студента».

#### VI. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Оценочные материалы по дисциплине разработаны в соответствии с Положением об оценочных материалах в федеральном государственном



бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова».

***Тематика курсовых работ:***

Курсовая работа/проект по дисциплине «Математическое и имитационное моделирование» не предусмотрена.

***Перечень вопросов к зачету***

1. Понятия модели и моделирования.
2. Принципы построения математических моделей.
3. Классификационные признаки и классификация моделей.
4. Основные этапы математического моделирования. Понятие о вычислительном эксперименте. Оценка адекватности, устойчивости, чувствительности.
5. Понятие имитационного моделирования.
6. Принципы организации имитационного моделирования.
7. Методы генерации случайных чисел.
8. Проверка генераторов равномерно распределенных псевдослучайных чисел.
9. Методы формирования псевдослучайных чисел с заданным законом распределения (аналитический, табличный, метод композиций).
10. Моделирование случайных величин. Общая характеристика методов моделирования случайных величин.
11. Моделирование случайных величин с негауссовским распределением. Метод обратной функции.
12. Моделирование простого события.
13. Моделирование полной группы несовместных событий.
14. Моделирование дискретной случайной величины.
15. Моделирование непрерывных случайных величин.
16. Моделирование случайных величин с показательным распределением.
17. Моделирование случайных величин с равномерным распределением.
18. Моделирование случайных величин с нормальным распределением.
19. Моделирование случайных величин с усеченным нормальным распределением.
20. Моделирование случайных величин с произвольным распределением.
21. Организация экспериментов. Проблемы организации имитационных экспериментов.
22. Оценка точности результатов моделирования.
23. Факторный план. Дисперсионный анализ в планировании экспериментов.
24. Особенности планирования экспериментов.
25. Метод статистических испытаний Монте-Карло.
26. Общая модель оценки рисков.

27. Имитационная модель оценки риска инвестиционного проекта по производству продукта.
28. Управление модельным временем. Алгоритмы продвижения модельного времени.
29. Временная диаграмма. Моделирование параллельных процессов.
30. Применение сетевых моделей для описания параллельных процессов.
31. Использование дискретных потоков для дискретно-событийного моделирования.
32. Разработка планов экспериментов. Проведение имитационных экспериментов с использованием файлов сценариев.
33. Имитационные модели СМО.
34. Модель обработки запросов сервером.
35. Модель обработки документов в организации.
36. Модель функционирования предприятия.
37. Моделирование процессов управления запасами (модели логистики).
38. Имитационная модель деятельности банка.
39. Имитационная модель выдачи кредита в банке.
40. Системная динамика. Основные концепции системной динамики.
41. Последовательность этапов системно-динамического моделирования.
42. Понятие когнитивной карты.
43. Применение знаковых и взвешенных оргграфов для моделирования систем.
44. Импульсные процессы в знаковых и взвешенных оргграфах.
45. Понятие импульсной и абсолютной устойчивости оргграфа.
  
46. Построение концептуальных моделей экономических систем и процессов.
47. Верификация и оценка устойчивости системно-динамических моделей.
48. Проведение сценарного анализа.
49. Паутинообразная равновесная модель системной динамики.
50. Имитационная модель циклов роста и падения в экономике.
51. Применение когнитивных моделей в системах поддержки принятия решений.
52. Агентное (мультиагентное) моделирование. Основные понятия.
53. Типичные свойства агента.
54. Реализация взаимодействия агентов друг с другом и внешней средой при мультиагентном моделировании.
55. Представление пространственной динамики агентов.

### **Задания для проведения компьютерных симуляций**

#### **Задание 1**

Разработать имитационную модель функционирования сети связи. Исследовать влияние емкостей буферов, интервалов поступления сообщений, их вычислительных сложностей и других параметров на показатели

функционирования сети с целью их оценки и принятия при необходимости решений по улучшению качества обслуживания сети.

## **Задание 2**

Разработать имитационную модель предоставления ремонтных услуг. Исследовать зависимость количества выполненных заявок и вероятностей выполнения заявок всех типов от интервала поступления их в ремонт и вероятностей поступления всех типов заявок. Результаты моделирования получить с точностью  $\varepsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью 0,95. Сделать выводы о загруженности каждой группы мастеров за 24 часа и необходимых мерах по повышению эффективности работы фирмы предоставления ремонтных услуг.

## **Задание 3**

Разработать имитационную модель для определения оптимальной ставки налога на прибыль организации (по критерию максимума суммы налоговых отчислений в бюджет за 5 лет) и исследования зависимости налоговых отчислений от рентабельности и ставки дисконтирования.

## ***Вопросы для опроса***

1. Что общего в процедурах оценки адекватности и верификации имитационной модели?
2. Что является мерой точности полученных результатов моделирования и как можно повысить точность результатов моделирования?
3. Почему алгоритмические датчики правильно называть датчиками псевдослучайных чисел?
4. Что называется верхней границей ошибки и вероятной ошибкой в методе статистического моделирования?
5. Сформулируйте задачу о воспроизводстве (размножении) и гибели популяции бактерий.
6. Найдите аналогии поведения бактерий с результатами взаимодействия хозяйственной деятельности людей с окружающей средой.
7. Дайте анализ и прогноз вариантов последствий взаимодействия хозяйственной деятельности людей с окружающей средой.
8. Какое дифференциальное уравнение описывает модель естественного роста? Какие процессы моделирует данное уравнение?
9. В чем состоит отличие времени моделирования от модельного времени?
10. Сформулируйте алгоритмы продвижения модельного времени.
11. От чего зависит выбор метода реализации механизма модельного времени?
12. В каких терминах осуществляется формализация модели при дискретно-событийном подходе?
13. Какова практическая применимость имитационных моделей для СМО?

14. Какова последовательность построения имитационной модели СМО?  
Какие компоненты целесообразно иметь в модели?
15. Что собой представляет система связи как СМО?
16. Какова методика создания оптимизационного эксперимента при моделировании СМО?
17. В чем преимущества использования методов системной динамики для разработки стратегии банковской группы?
18. С помощью каких показателей (KPI) можно оценить эффективность стратегии, эффективность бизнес-процессов в каждом сегменте динамической модели предприятия? Что дает в управлении и формировании стратегии развития предприятия анализ динамики этих показателей?
19. В чем суть агентного моделирования? Какое значение имеет карта состояний в агентном моделировании?
20. Сформулируйте основные понятия агентного моделирования.
21. Сформулируйте типичные свойства агента.
22. Как при мультиагентном моделировании реализуется взаимодействие агентов друг с другом и внешней средой?
23. Как можно представить пространственную динамику агентов?
24. Опишите процедуру разработки агентной модели в AnyLogic.
25. Опишите подход к проектированию агентной модели поведения толпы людей. Каким образом можно реализовать экономическую динамику агентов с учетом их взаимодействия?

### **Задания для индивидуальных проектов:**

#### **Вариант 1**

##### **Постановка задачи**

Направление связи состоит из  $n_1$  основных,  $n_2$  резервных каналов связи, общего накопителя емкостью на  $L$  сообщений,  $n$  источников. Интервалы  $T_1, T_2, \dots, T_n$  поступления сообщений случайные. При нормальной работе сообщения передаются по основным каналам. Время  $T_{п1}, T_{п2}, \dots, T_{пn}$  передачи случайное.

Основные каналы подвержены отказам. Интервалы времени  $T_{от1}, T_{от2}, \dots, T_{отn1}$  между отказами случайные. Если отказ происходит во время передачи, то отыскивается исправный и свободный основной канал. Если такого нет, включается один из резервных каналов, если он исправен и свободен. Время  $T_{вк1}, T_{вк2}, \dots, T_{вкn2}$  включения постоянное для соответствующего канала. Сообщение, передача которого была прервана, передается по включенному резервному каналу. Время  $T_{пр1}, T_{пр2}, \dots, T_{прn2}$  передачи случайное.

Отказавший основной канал восстанавливается. Время  $T_{в1}, T_{в2}, \dots, T_{вn1}$  восстановления случайное. После восстановления резервный канал выключается, и восстановленный канал продолжает работу с передачи очередного сообщения.

Резервные каналы также подвержены отказам. Интервалы времени  $T_{отр1}, T_{отр2}, \dots, T_{отрn2}$  между отказами случайные. Отказавший резервный канал восстанавливается. Время  $T_{вр1}, T_{вр2}, \dots, T_{врn2}$  восстановления случайное. Для прерванного сообщения отыскивается возможность передачи по любому исправному и свободному каналу.

В случае полного заполнения накопителя, поступающие сообщения теряются.

##### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования направления связи. Исследовать влияние емкости  $L$  накопителя, интервалов времени поступления сообщений на время

передачи направлением связи  $N$  сообщений. Провести дисперсионный анализ. Факторы и их уровни выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,1$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,95$ .

Сделать выводы о загруженности каналов связи и необходимых мерах по повышению эффективности функционирования направления связи

## **Вариант 2**

### **Постановка задачи**

Направление связи состоит из  $n_1$  основных,  $n_2$  резервных каналов связи, общего накопителя емкостью на  $L$  сообщений,  $n$  источников. Интервалы  $T_1, T_2, \dots, T_n$  поступления сообщений случайные. При нормальной работе сообщения передаются по основным каналам. Время  $T_{п1}, T_{п2}, \dots, T_{пn}$  передачи случайное.

Основные каналы подвержены отказам. Интервалы времени  $T_{от1}, T_{от2}, \dots, T_{отn1}$  между отказами случайные. Если отказ происходит во время передачи, то отыскивается исправный и свободный основной канал. Если такого нет, включается один из резервных каналов, если он исправен и свободен. Время  $T_{вк1}, T_{вк2}, \dots, T_{вkn2}$  включения постоянное для соответствующего канала. Сообщение, передача которого была прервана, передается по включенному резервному каналу. Время  $T_{пр1}, T_{пр2}, \dots, T_{прn2}$  передачи случайное.

Отказавший основной канал восстанавливается. Время  $T_{в1}, T_{в2}, \dots, T_{вn1}$  восстановления случайное. После восстановления резервный канал выключается, и восстановленный канал продолжает работу с передачи очередного сообщения.

Резервные каналы также подвержены отказам. Интервалы времени  $T_{отр1}, T_{отр2}, \dots, T_{отрn2}$  между отказами случайные. Отказавший резервный канал восстанавливается. Время  $T_{вр1}, T_{вр2}, \dots, T_{врn2}$  восстановления случайное. Для прерванного сообщения отыскивается возможность передачи по любому исправному и свободному каналу.

В случае полного заполнения накопителя, поступающие сообщения теряются.

### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования направления связи. Исследовать влияние емкости накопителя, интервалов времени поступления сообщений и количества каналов на вероятность отказа в передаче сообщений от каждого источника и по направлению связи в целом. Время моделирования –  $T$  часов. Провести дисперсионный анализ. Факторы и их уровни выбрать самостоятельно.

Сделать выводы о загруженности каналов связи и необходимых мерах по повышению эффективности функционирования направления связи.

## **Вариант 3**

### **Постановка задачи**

Направление связи состоит из  $n_1$  основных,  $n_2$  резервных каналов связи, общего накопителя емкостью на  $L$  сообщений,  $n$  источников. Интервалы  $T_1, T_2, \dots, T_n$  поступления сообщений случайные. При нормальной работе сообщения передаются по основным каналам. Время  $T_{п1}, T_{п2}, \dots, T_{пn}$  передачи случайные.

Основные каналы подвержены отказам. Интервалы времени  $T_{от1}, T_{от2}, \dots, T_{отn1}$  между отказами случайные. Если отказ происходит во время передачи, отыскивается исправный и свободный основной канал. Если такого нет, включается один из резервных каналов, если он исправен и свободен. Время  $T_{вк1}, T_{вк2}, \dots, T_{вkn2}$  включения постоянное для соответствующего канала. Сообщение, передача которого была прервана, передается по включенному резервному каналу. Время  $T_{пр1}, T_{пр2}, \dots, T_{прn2}$  передачи случайное. Отказавший основной канал восстанавливается. Время  $T_{в1}, T_{в2}, \dots, T_{вn1}$  восстановления случайное. После восстановления резервный канал выключается, и восстановленный канал продолжает работу с передачи очередного сообщения.

Резервные каналы также подвержены отказам. Интервалы времени  $T_{отр1}, T_{отр2}, \dots, T_{отрn2}$  между отказами случайные. Отказавший резервный канал восстанавливается. Время

Твр1, Твр2, ..., Тврn2 восстановления случайное. Для прерванного сообщения отыскивается возможность передачи по любому исправному и свободному каналу.

Сообщения источника 1 обладают абсолютным приоритетом по отношению к сообщениям других источников. Вследствие этого, если при поступлении сообщения от источника 1 все каналы заняты также передачей сообщений от источника 1, то прерывания не происходит, и заявка считается потерянной. Если же есть передача сообщений от других источников, то передача любого из них прерывается и начинается передача сообщения от источника 1. Сообщения более низких категорий теряются. В случае полного заполнения накопителя, поступающие сообщения теряются.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования направления связи в течение  $T$  часов. Исследовать влияние емкости накопителя, интервалов времени поступления сообщений и количества каналов на вероятность отказа в передаче сообщений от каждого источника и по направлению связи в целом.

Провести дисперсионный анализ. Факторы и их уровни выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,95$ .

Сделать выводы о загруженности каналов связи и необходимых мерах по повышению эффективности функционирования направления связи.

### **Вариант 4**

#### **Постановка задачи**

Предприятие имеет  $n1$  цехов, производящих  $n1$  типов блоков, т. е. каждый цех производит блоки одного типа. Интервалы выпуска блоков  $T1, T2, \dots, Tn1$  – случайные. Из  $n1$  блоков собирается одно изделие.

Перед сборкой каждый тип блоков проверяется на  $n11, n12, \dots, n1n$  соответствующих постах. Длительности контроля одного соответствующего блока  $T11, T12, \dots, T1n$  – случайные. На каждом посту бракуется  $q11, q12, \dots, q1n$  % блоков соответственно. Эти блоки в дальнейшем процессе сборки не участвуют и удаляются с постов контроля.

Прошедшие контроль, т. е. не забракованные блоки поступают на один из  $n2$  пунктов сборки. На каждом пункте сборки одновременно собирается только одно изделие. Сборка начинается только тогда, когда имеются все необходимые  $n1$  блоков различных типов. Время сборки  $Tc$  случайное.

После сборки изделие поступает на один из  $n3$  стендов выходного контроля. На одном стенде одновременно проверяется только одно изделие. Время проверки  $Tп$  случайное. По результатам проверки бракуется  $q2$  % изделий.

Забракованное изделие направляется в цех сборки, где неработоспособные блоки заменяются новыми. Время замены  $Tз$  случайное. После замены блоков изделие вновь поступает на один из стендов выходного контроля.

Прошедшие стенд выходного контроля изделия поступают в отдел военной приемки. Время приемки  $Tпр$  одного изделия случайное. По результатам приемки бракуется  $q4$  % изделий, которые направляются вновь на стенд выходного контроля.

Принятые военной приемкой изделия направляются на склад.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования предприятия. Исследовать влияние интервалов выпуска блоков из цехов на количество и среднее время подготовки изделий, принятых военной приемкой в течение недели.

Провести дисперсионный анализ. Факторы и их уровни выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 1$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,95$ .

Сделать выводы о загруженности подразделений предприятия и необходимых мерах по повышению эффективности их функционирования.

## **Вариант 5**

### **Постановка задачи**

Предприятие имеет  $n_1$  цехов, производящих  $n_1$  типов блоков, т. е. каждый цех производит блоки одного типа. Интервалы выпуска блоков  $T_1, T_2, \dots, T_{n_1}$  – случайные. Из  $n_1$  блоков собирается одно изделие.

Перед сборкой каждый тип блоков проверяется на  $n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1n}$  соответствующих постах. Длительности контроля одного соответствующего блока  $T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}$  – случайные. На каждом посту бракуется  $q_{11}, q_{12}, \dots, q_{1n}$  % блоков соответственно. Эти блоки в дальнейшем процессе сборки не участвуют и удаляются с постов контроля.

Прошедшие контроль, т. е. не забракованные блоки поступают на один из  $n_2$  пунктов сборки. На каждом пункте сборки одновременно собирается только одно изделие. Сборка начинается только тогда, когда имеются все необходимые  $n_1$  блоков различных типов. Время сборки  $T_s$  случайное.

После сборки изделие поступает на один из  $n_3$  стендов выходного контроля. На одном стенде выходного контроля одновременно может проверяться только одно собранное изделие. Время проверки  $T_p$  случайное. По результатам проверки бракуется  $q_2$  % изделий.

Забракованное изделие направляется в цех сборки, где неработоспособные блоки заменяются новыми. Время замены  $T_z$  случайное. После замены блоков изделие вновь поступает на один из стендов выходного контроля.

Прошедшие стенд выходного контроля изделия поступают в отдел военной приемки. Время приемки  $T_{пр}$  одного изделия случайное. По результатам приемки бракуется  $q_4$  % изделий, которые направляются вновь на стенд выходного контроля.

Принятые военной приемкой изделия направляются на склад.

### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования предприятия. Исследовать влияние интервалов выпуска блоков из цехов и их качества на время выпуска принятых военной приемкой  $N$  изделий.

Провести дисперсионный анализ. Факторы и их уровни выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,1$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,95$ .

Сделать выводы о загруженности подразделений предприятия и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.

## **Вариант 6**

### **Постановка задачи**

Предприятие имеет  $n_1$  цехов, производящих  $n_1$  типов блоков, т. е. каждый цех производит блоки одного типа. Интервалы выпуска блоков  $T_1, T_2, \dots, T_{n_1}$  – случайные. Из  $n_1$  блоков собирается одно изделие.

Перед сборкой каждый тип блоков проверяется на  $n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1n}$  соответствующих постах. Длительности контроля одного соответствующего блока  $T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}$  – случайные. На каждом посту бракуется  $q_{11}, q_{12}, \dots, q_{1n}$  % блоков соответственно. Эти блоки в дальнейшем процессе сборки не участвуют и удаляются с постов контроля.

Прошедшие контроль, т. е. не забракованные блоки поступают на один из  $n_2$  пунктов сборки. На каждом пункте сборки одновременно собирается только одно изделие. Сборка начинается только тогда, когда имеются все необходимые  $n_1$  блоков различных типов. Время сборки  $T_s$  случайное.

После сборки изделие поступает на один из  $n_3$  стендов выходного контроля. На одном стенде одновременно проверяется одно изделие. Время проверки  $T_p$  случайное. По результатам проверки бракуется  $q_2$  % изделий. Причиной брака может быть от одного до  $q_3$  блоков.

Забракованное изделие направляется в цех сборки, где неработоспособные блоки заменяются новыми. Время замены  $T_z$  одного блока случайное. После замены блоков изделие

вновь поступает на один из стендов выходного контроля. Блоки, которые были заменены только один раз, вновь направляются на соответствующие посты входного контроля. Блоки, замененные более одного раза, в дальнейшем в процессе сборки изделия не участвуют и удаляются.

Прошедшие стенд выходного контроля изделия поступают в отдел военной приемки. Время приемки  $T_{пр}$  одного изделия случайное. По результатам приемки бракуется  $q_4$  % изделий, которые направляются вновь на стенд выходного контроля и снова проверяются.

Принятые военной приемкой изделия направляются на склад.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования предприятия. Исследовать влияние качества изготовления блоков на количество принятых военной приемкой изделий в течение недели (42 часов).

Провести дисперсионный анализ. Факторы и их уровни выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 1$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,99$ .

Сделать выводы о загруженности подразделений предприятия и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.

### **Вариант 7**

#### **Постановка задачи**

На вычислительный комплекс коммутации сообщений (ВККС) поступают сообщения от  $n_1$  абонентов с интервалами времени  $T_1, T_2, \dots, T_{n_1}$ . Сообщения могут быть  $n_2$  категорий с вероятностями  $p_1, p_2, \dots, p_{n_2}$  ( $p_1 + p_2 + \dots + p_{n_2} = 1$ ) и вычислительными сложностями  $S_1, S_2, \dots, S_{n_2}$  операций (оп) соответственно. Вычислительные сложности случайные. Сообщения 1-й категории обладают относительным приоритетом по отношению к сообщениям остальных категорий. ВККС имеет входной накопитель емкостью  $L_1$  байт для хранения сообщений, ожидающих передачи. В буфере сообщения размещаются в соответствии с приоритетом.

ВККС обрабатывает сообщения с производительностью  $Q$  оп/с. После обработки сообщения передаются по  $n_3$  направлениям, каждое из которых имеет  $k_1, k_2, \dots, k_{n_3}$  каналов связи. Вероятности передачи сообщений по направлениям от любого источника  $p_1, p_2, \dots, p_{n_3}$  ( $p_1 + p_2 + \dots + p_{n_3} = 1$ ). Скорость передачи  $V_{п}$  бит/с.

Если после обработки сообщения все каналы связи направления заняты, то обработанное сообщение помещается в накопитель каналов связи, если в нем есть место. При отсутствии места в накопителе каналов связи сообщение теряется. Емкость накопителя каналов связи ограничена  $L_2$  сообщениями.

ВККС и каналы связи имеют конечную надежность. Интервалы времени  $T_{от1}$  и  $T_{от2}$  между отказами ВККС и каналов связи случайные. Длительности восстановления  $T_{в1}$  и  $T_{в2}$  ВККС и каналов связи случайные.

При отказе канала связи передаваемые сообщения 1-й категории сохраняются в накопителе каналов, если в нем есть место. При выходе из строя ВККС с вероятностью  $P_c$  все сообщения в накопителе ВККС и накопителе каналов связи сохраняются, обрабатываемое сообщение теряется, а прием ВККС и передача сообщений по каналам связи прекращается. Поступающие в это время сообщения теряются.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования ВККС. Исследовать влияние емкостей входных накопителей, интервалов времени и вероятностей на время передачи  $N$  сообщений и среднее время обработки одного сообщения.

Провести дисперсионный анализ. Факторы и их уровни выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,1$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,99$ .

Сделать выводы о загруженности элементов ВККС и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.



## Структура зачетного задания

<i>Наименование оценочного средства</i>	<i>Максимальное количество баллов</i>
Вопрос 1	15
Вопрос 2	15
Практическое задание (комп. симуляция)	10

**Показатели и критерии оценивания планируемых результатов освоения компетенций и результатов обучения, шкала оценивания**

Шкала оценивания		Формируемые компетенции	Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Уровень освоения компетенций
<b>85 – 100 баллов</b>	<b>«зачтено»</b>	УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.2. Выбирает оптимальные способы решения задач, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	<b>Знает верно и в полном объеме:</b> основные методы принятия решений, в том числе в условиях риска и неопределенности <b>Умеет верно и в полном объеме:</b> проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений	<b>Продвинутый</b>
		ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Формализует стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общепрофессиональных знаний, методов математического анализа и моделирования	<b>Знает верно и в полном объеме:</b> основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования <b>Умеет верно и в полном объеме:</b> осуществлять сбор, систематизацию, формализацию, интерпретацию, первичную обработку и анализ данных для исследования конкретных экономических ситуаций, используя методы математического, статистического, экономического анализа и моделирования	
		ОПК-1.2. Применяет естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования для решения профессиональных задач	<b>Знает верно и в полном объеме:</b> основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования <b>Умеет верно и в полном объеме:</b> решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе		

		<p>ОПК-6. Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования</p>	<p>ОПК-6.1. Применяет и адаптирует методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования, методы исследования математических моделей для автоматизации задач принятия решений</p> <p>ОПК-6.2. Применяет и адаптирует экономико-математические модели для принятия оптимальных управленческих решений</p>	<p><b>Знает верно и в полном объеме:</b> основные понятия, используемые для математического описания задач профессиональной деятельности и современный математический инструментарий</p> <p><b>Умеет верно и в полном объеме:</b> анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач</p> <p><b>Знает верно и в полном объеме:</b> традиционные и современные подходы к принятию управленческих решений на основе применения методов оптимизации</p> <p><b>Умеет верно и в полном объеме:</b> использовать различные модели и методы принятия управленческих решений и проводить комплексный анализ динамических экономических процессов для принятия научно-обоснованных решений; осуществлять анализ альтернативных вариантов с целью принятия рациональных решений</p>	
<p><b>70 – 84 баллов</b></p>	<p><b>«зачтено»</b></p>	<p>УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений</p> <p>ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования профессиональной деятельности</p>	<p>УК-2.2. Выбирает оптимальные способы решения задач, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений</p> <p>ОПК-1.1. Формализует стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и инженерных знаний, методов математического анализа и моделирования</p>	<p><b>Знает с незначительными замечаниями:</b> основные методы принятия решений, в том числе в условиях риска и неопределенности</p> <p><b>Умеет с незначительными замечаниями:</b> проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений</p> <p><b>Знает с незначительными замечаниями:</b> основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования</p> <p><b>Умеет с незначительными замечаниями:</b> осуществлять сбор, систематизацию, формализацию, интерпретацию, первичную обработку и анализ данных для исследования конкретных экономических ситуаций, используя методы математического, статистического, экономического анализа и моделирования</p>	<p><b>Повышенный</b></p>

			<p>ОПК-1.2. Применяет естественнонаучные и общетеоретические знания, методы математического анализа и моделирования для решения профессиональных задач</p>	<p><b>Знает с незначительными замечаниями:</b> основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования</p> <p><b>Умеет с незначительными замечаниями:</b> решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общетеоретические знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе</p>	
		<p>ОПК-6. Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования</p>	<p>ОПК-6.1. Применяет и адаптирует методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования, методы исследования математических моделей для автоматизации задач принятия решений</p>	<p><b>Знает с незначительными замечаниями:</b> основные понятия, используемые для математического описания задач профессиональной деятельности и современный математический инструментарий</p> <p><b>Умеет с незначительными замечаниями:</b> анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач</p>	
			<p>ОПК-6.2. Применяет и адаптирует экономико-математические модели для принятия оптимальных управленческих решений</p>	<p><b>Знает с незначительными замечаниями:</b> традиционные и современные подходы к принятию управленческих решений на основе применения методов оптимизации</p> <p><b>Умеет с незначительными замечаниями:</b> использовать различные модели и методы принятия управленческих решений и проводить комплексный анализ динамических экономических процессов для принятия научно-обоснованных решений; осуществлять анализ альтернативных вариантов с целью принятия рациональных решений</p>	
<p><b>50 – 69 баллов</b></p>	<p><b>«зачтено»</b></p>	<p>УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений</p>	<p>УК-2.2. Выбирает оптимальные способы решения задач, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений</p>	<p><b>Знает на базовом уровне, с ошибками:</b> основные методы принятия решений, в том числе в условиях риска и неопределенности</p> <p><b>Умеет на базовом уровне, с ошибками:</b> проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений</p>	<p><b>Базовый</b></p>

		<p>ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-1.1. Формализует стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования</p>	<p><b>Знает на базовом уровне, с ошибками:</b> основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования <b>Умеет на базовом уровне, с ошибками:</b> осуществлять сбор, систематизацию, формализацию, интерпретацию, первичную обработку и анализ данных для исследования конкретных экономических ситуаций, используя методы математического, статистического, экономического анализа и моделирования</p>	
			<p>ОПК-1.2. Применяет естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования для решения профессиональных задач</p>	<p><b>Знает на базовом уровне, с ошибками:</b> основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования <b>Умеет на базовом уровне, с ошибками:</b> решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общинженерные знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе</p>	
		<p>ОПК-6. Способен анализировать, разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования</p>	<p>ОПК-6.1. Применяет и адаптирует методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования, методы исследования математических моделей для автоматизации задач принятия решений</p>	<p><b>Знает на базовом уровне, с ошибками:</b> основные понятия, используемые для математического описания задач профессиональной деятельности и современный математический инструментарий <b>Умеет на базовом уровне, с ошибками:</b> анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач</p>	
			<p>ОПК-6.2. Применяет и адаптирует экономико-математические модели для принятия оптимальных управленческих решений</p>	<p><b>Знает на базовом уровне, с ошибками:</b> традиционные и современные подходы к принятию управленческих решений на основе применения методов оптимизации <b>Умеет на базовом уровне, с ошибками:</b> использовать различные модели и методы принятия управленческих решений и проводить комплексный анализ динамических экономических процессов для принятия научно-обоснованных решений; осуществлять анализ альтернативных вариантов с целью принятия рациональных решений</p>	

менее 50 баллов	«не зачтено»	УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.2. Выбирает оптимальные способы решения задач, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	<b>Не знает на базовом уровне:</b> основные методы принятия решений, в том числе в условиях риска и неопределенности <b>Не умеет на базовом уровне:</b> проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений	Компетенции не сформированы
		ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Формализует стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	<b>Не знает на базовом уровне:</b> основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования <b>Не умеет на базовом уровне:</b> осуществлять сбор, систематизацию, формализацию, интерпретацию, первичную обработку и анализ данных для исследования конкретных экономических ситуаций, используя методы математического, статистического, экономического анализа и моделирования	
			ОПК-1.2. Применяет естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования для решения профессиональных задач	<b>Не знает на базовом уровне:</b> основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования <b>Не умеет на базовом уровне:</b> решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общинженерные знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе	
		ОПК-6. Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования	ОПК-6.1. Применяет и адаптирует методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования, методы исследования математических моделей для автоматизации задач принятия решений	<b>Не знает на базовом уровне:</b> основные понятия, используемые для математического описания задач профессиональной деятельности и современный математический инструментарий <b>Не умеет на базовом уровне:</b> анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач	
			ОПК-6.2. Применяет и адаптирует экономико-математические модели для принятия оптимальных управленческих решений	<b>Не знает на базовом уровне:</b> традиционные и современные подходы к принятию управленческих решений на основе применения методов оптимизации <b>Не умеет на базовом уровне:</b> использовать различные модели и методы принятия управленческих решений и проводить комплексный анализ динамических экономических процессов для принятия научно-обоснованных решений; осуществлять анализ альтернативных вариантов с целью принятия рациональных решений	

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»**

**Факультет экономики, менеджмента и торговли**

**Кафедра экономики и цифровых технологий**

## **АННОТАЦИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.ДЭ.02.02 Математическое и имитационное моделирование**

**Направление подготовки 09.03.03 Прикладная информатика**

**Направленность (профиль) программы Прикладная информатика в экономике**

**Уровень высшего образования Бакалавриат**

Краснодар – 2023 г.

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью учебной дисциплины «Математическое и имитационное моделирование» является формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков построения математических моделей и принципов моделирования процессов и систем с применением компьютерных технологий автоматизации моделирования.

Задачами дисциплины являются:

1. изучение методологии постановки задачи моделирования;
2. научить студентов использовать методы математического и имитационного моделирования для решения сложных экономических задач, а также находить и использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам исследования;
3. ознакомить студентов с компьютерными технологиями автоматизации разработки, отладки и эксплуатации динамических имитационных моделей функционирования систем различного назначения;
4. познакомить студентов с основами системного подхода к формированию имитационных моделей, способам конструирования и обоснования имитационных моделей;
5. изучение и освоение различных инструментальных методов и современных пакетов прикладных программ для проведения имитационного эксперимента;
6. овладение методологией по выработке рекомендаций по выбору методов моделирования и моделей в конкретных условиях;
7. научить студентов использовать и модифицировать имитационные модели для решения профессиональных задач для достижения поставленных целей;
8. научить интерпретировать полученные с помощью имитационных моделей результаты применительно к моделируемой системе.

## 2. Содержание дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (темы)
1	Основные понятия математического и имитационного моделирования систем и процессов
2	Модели биологических аналогий
3	Теоретические основы и инструментальные средства имитационного моделирования
4	Моделирование дискретно-событийных систем
5	Методы системной динамики
6	Методы агентного моделирования
<b>Трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е. / 108 часов.</b>	

**Форма контроля – зачет**

**Составитель:**

Старший преподаватель Л.А. Винсковская