

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Луганский государственный университет  
имени Владимира Даля»  
(ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»)

Краснодонский факультет инженерии и менеджмента (филиал)  
Кафедра информационных технологий и транспорта

УТВЕРЖДАЮ:

Директор

Панайотов К.К.



«21» апреля 2023 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

|                           |                                                                              |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| По дисциплине             | <u>Имитационное моделирование</u><br>(название дисциплины по учебному плану) |
| По направлению подготовки | <u>38.03.05 Бизнес-информатика</u><br>(код, название без кавычек)            |
| Профиль подготовки        | <u>Информационная бизнес-аналитика</u>                                       |

Краснодон 2023

## Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Имитационное моделирование» по направлению подготовки 38.03.05 – Бизнес-информатика, профиль «Информационная бизнес-аналитика» - 35 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Имитационное моделирование» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 38.03.05 Бизнес-информатика (утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 29 июня 2020 года № 838, с изменениями и дополнениями от 26 ноября 2020 г)

### СОСТАВИТЕЛЬ (СОСТАВИТЕЛИ):

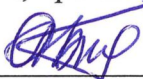
к.т.н., доц. Истомин Л.Ф.

---

*(ученая степень, ученое звание, должность фамилия, инициалы)*

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры информационных технологий и транспорта «15» марта 2023 г., протокол № 7.

Заведующий кафедрой



Бихдрикер А.С.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии факультета «20» марта 2023 г., протокол № 8.

Председатель учебно-методической  
комиссии факультета



Замота О.Н.

## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Целью дисциплины «Имитационное моделирование» является ознакомление студентов с основными методами решения задач на основе имитационного моделирования, получение навыков создания моделей систем различного назначения, изучение методов планирования экспериментов, применение полученных знаний при создании и проведении экспериментов с имитационными моделями систем различной сложности.

Задачи: получение студентами теоретических знаний и практических навыков создания и использования имитационных моделей сложных систем.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Имитационное моделирование» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Дисциплины (модули).

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

знать: основы теории вероятностей и математической статистики, дискретной математики; использование информационных технологий обработки информации;

уметь: применять математические методы, физические законы и вычислительную технику для решения практических задач; проводить анализ данных, полученных в результате моделирования;

владеть: основами алгоритмизации; навыками работы с прикладными статистическими/математическими пакетами.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Бизнес-информатика», «Бизнес-информатика 2», «Математические методы принятия решений», «Численные методы в экономических расчетах» и служит основой для освоения дисциплин «Прогнозирование социально-экономических процессов», «Проектирование экономических информационных систем».

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

| Код и наименование компетенции                                             | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)                          | Перечень планируемых результатов                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1. Способен осуществлять анализ и моделирование архитектуры предприятия | ПК-1.3. Способен разрабатывать имитационные модели компонентов архитектуры предприятия | Знать: математические методы и методы компьютерного моделирования                                                                                                                                                                  |
|                                                                            |                                                                                        | Уметь: анализировать, систематизировать и обобщать информацию по поиску новых моделей и методов совершенствования архитектуры предприятия                                                                                          |
|                                                                            |                                                                                        | Владеть: инструментами исследования моделей и методами совершенствования архитектуры предприятия, разработками стратегии ее развития; программными продуктами, реализующими эти методы применительно к имитационному моделированию |

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы                                                                                                                                                                                                                     | Объем часов (зач. ед.)    |                           |               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
|                                                                                                                                                                                                                                        | Очная форма               | Очно-заочная форма        | Заочная форма |
| <b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>                                                                                                                                                                                                  | <b>108</b><br>(3 зач. ед) | <b>108</b><br>(3 зач. ед) | -             |
| <b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:</b>                                                                                                                                                                   | <b>68</b>                 |                           | -             |
| Лекции                                                                                                                                                                                                                                 | 34                        | 16                        | -             |
| Семинарские занятия                                                                                                                                                                                                                    | -                         | -                         | -             |
| Практические занятия                                                                                                                                                                                                                   | 34                        | 16                        | -             |
| Лабораторные работы                                                                                                                                                                                                                    | -                         | -                         | -             |
| Курсовая работа (курсовой проект)                                                                                                                                                                                                      | -                         | -                         | -             |
| Другие формы и методы организации образовательного процесса ( <i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i> ) | -                         | -                         | -             |
| <b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>                                                                                                                                                                                         | <b>40</b>                 | <b>76</b>                 | -             |
| Форма аттестации                                                                                                                                                                                                                       | зачет с оценкой           | зачет с оценкой           | -             |

##### 4.2. Содержание разделов дисциплины

#### ***Тема 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ. СЛОЖНЫЕ СИСТЕМЫ КАК ОБЪЕКТ МОДЕЛИРОВАНИЯ***

Свойства сложных систем. Сложная система, как объект моделирования. Прикладной системный анализ – методология исследования сложных систем. Определение модели. Общая классификация основных видов моделирования. Компьютерное моделирование. Метод имитационного моделирования. Процедурно-технологическая схема построения и исследования моделей сложных систем. Основные понятия моделирования Метод статистического моделирования на ЭВМ (метод Монте-Карло). Отличительные особенности моделей различных классов.

#### ***Тема 2. СУЩНОСТЬ МЕТОДА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ***

Метод имитационного моделирования и его особенности. Статическое и динамическое представление моделируемой системы. Понятие о модельном времени. Механизм продвижения модельного времени. Дискретные и непрерывные имитационные модели. Моделирующий алгоритм. Имитационная модель. Проблемы стратегического и тактического планирования имитационного эксперимента. Направленный вычислительный эксперимент на имитационной модели. Общая технологическая схема имитационного моделирования. Возможности, область применения имитационного моделирования.

#### ***Тема 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ***

Основные этапы имитационного моделирования. Общая технологическая схема. Формулировка проблемы и определение целей имитационного исследования. Разработка концептуальной модели объекта моделирования. Формализация имитационной модели.

Программирование имитационной модели. Сбор и анализ исходных данных. Испытание и исследование свойств имитационной модели. Направленный вычислительный эксперимент на имитационной модели. Анализ результатов моделирования и принятие решений.

#### ***Тема 4. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ***

История возникновения и предмет теории управления запасами. Основные понятия теории управления запасами. Пример имитационной модели управления запасами. Пример концептуальной модели при имитационном моделировании управления запасами.

#### ***Тема 5. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ***

Назначение языков и систем моделирования. Классификация языков и систем моделирования, их основные характеристики. Технологические возможности систем моделирования. Развитие технологии системного моделирования. Выбор системы моделирования.

#### ***Тема 6. ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ МОДЕЛИ В СРЕДЕ ANYLOGIC***

Введение в Anylogic. Окно программы (интерфейс). Элементы модели: проект, пакет, активный объект, эксперимент, библиотеки. Иерархия элементов модели и правила видимости объектов. Параметры и переменные, их типы и способы описания. Структура модели. Графическое описание поведения (карта состояний). Способы проведения экспериментов с моделью в среде Anylogic. Простой эксперимент. Эксперимент с варьированием параметров. Визуализация процесса в среде Anylogic. Способы визуализации процесса: диаграммы, анимация объектов. Технология создания диаграмм: временных и фазовых. Анализ процесса по диаграмме. Технология создание анимации: бегунки, индикаторы, динамические объекты, статические и динамические тексты.

#### ***Тема 7. МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ***

Случайные процессы с детерминированным временем и случайным результатом. Понятие случайного процесса. Случайные процессы с дискретными состояниями и дискретным временем (дискретные цепи Маркова). Матрица переходов. Формула определения вероятности состояний для дискретных Марковских цепей. Имитация наступления случайного события через заданный промежуток времени с заданной вероятностью. Имитационная модель экономического процесса с конечным числом состояний, детерминированным временем и с заданной вероятностью перехода из состояния в состояние.

#### ***Тема 8. ИСПЫТАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ***

Комплексный подход к тестированию имитационной модели. Проверка адекватности модели. Верификация имитационной модели. Валидация данных имитационной модели. Оценка точности результатов моделирования. Оценка устойчивости результатов моделирования. Анализ чувствительности имитационной модели. Тактическое планирование имитационного эксперимента.

#### ***Тема 9. ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТАНОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ НАПРАВЛЕННОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА НА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ***

Направленный вычислительный эксперимент на имитационной модели и его содержание. Основные цели и типы вычислительных экспериментов в имитационном моделировании. Основы теории планирования экспериментов. Основные понятия: структурная, функциональная и экспериментальная модели. План однофакторного эксперимента и процедуры обработки результатов эксперимента. Факторный анализ, полный и дробный факторный эксперимент и математическая модель. Основные классы

планов, применяемые в вычислительном эксперименте. Методология анализа поверхности отклика. Техника расчета крутого восхождения.

### **Тема 10. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

Элементы теории массового обслуживания. Основные понятия. Классификация систем массового обслуживания. Понятие марковского случайного процесса. Потoki событий. Уравнения Колмогорова. Предельные вероятности состояний. Процесс гибели и размножения. Размеченный граф состояний процесса гибели и размножения. Системы массового обслуживания с отказами. Системы массового обслуживания с ожиданием. Типовые математические схемы моделей. Понятие системы массового обслуживания (СМО). Общая классификация СМО. Одноканальная модель с отказами и очередями. Одноканальная модель с приоритетами. Имитация многоканальных устройств. Дискретные и непрерывные функции. Многоканальная модель с приоритетами. Смешанная модель.

#### **4.3. Лекции**

| №<br>п/п      | Название темы                                                                                        | Объем часов    |                           |                  |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------|------------------|
|               |                                                                                                      | Очная<br>форма | Очно-<br>заочная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1.            | Основные понятия компьютерного моделирования. Сложные системы как объект моделирования               | 3              | 1                         | -                |
| 2.            | Сущность метода имитационного моделирования                                                          | 3              | 1                         | -                |
| 3.            | Технологические этапы создания и использования имитационных моделей                                  | 3              | 2                         | -                |
| 4.            | Системы управления запасами                                                                          | 3              | 2                         | -                |
| 5.            | Инструментальные средства автоматизации моделирования.                                               | 3              | 2                         | -                |
| 6.            | Технология создания модели в среде Anylogic                                                          | 4              | 2                         | -                |
| 7.            | Моделирование случайных процессов                                                                    | 4              | 2                         | -                |
| 8.            | Испытание и исследование свойств имитационной модели.                                                | 3              | 2                         | -                |
| 9.            | Технология постановки и проведения направленного вычислительного эксперимента на имитационной модели | 4              | 1                         | -                |
| 10.           | Моделирование систем массового обслуживания                                                          | 4              | 1                         | -                |
| <b>Итого:</b> |                                                                                                      | <b>34</b>      | <b>16</b>                 |                  |

#### **4.4. Практические (семинарские) занятия**

| №<br>п/п | Название темы                                                                           | Объем часов    |                           |                  |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------|------------------|
|          |                                                                                         | Очная<br>форма | Очно-<br>заочная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1.       | Основные понятия компьютерного моделирования. Сложные системы как объект моделирования. | 3              | 1                         | -                |
| 2.       | Сущность метода имитационного моделирования                                             | 3              | 1                         | -                |
| 3.       | Технологические этапы создания и использования имитационных моделей.                    | 3              | 2                         | -                |
| 4.       | Системы управления запасами                                                             | 3              | 2                         | -                |

|               |                                                                                                       |           |           |   |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|---|
| 5.            | Инструментальные средства автоматизации моделирования.                                                | 3         | 2         | - |
| 6.            | Технология создания модели в среде Anylogic.                                                          | 4         | 2         | - |
| 7.            | Моделирование случайных процессов                                                                     | 4         | 2         | - |
| 8.            | Испытание и исследование свойств имитационной модели.                                                 | 3         | 2         | - |
| 9.            | Технология постановки и проведения направленного вычислительного эксперимента на имитационной модели. | 4         | 1         | - |
| 10.           | Моделирование систем массового обслуживания                                                           | 4         | 1         | - |
| <b>Итого:</b> |                                                                                                       | <b>34</b> | <b>16</b> |   |

#### 4.5. Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрены.

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

| №<br>п/п | Название темы                                                                           | Вид СРС                                                                                  | Объем часов    |                           |                  |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------|------------------|
|          |                                                                                         |                                                                                          | Очная<br>форма | Очно-<br>заочная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1.       | Основные понятия компьютерного моделирования. Сложные системы как объект моделирования. | Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений | 2              | 6                         |                  |
| 2.       | Сущность метода имитационного моделирования                                             | Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений | 2              | 6                         |                  |
| 3.       | Технологические этапы создания и использования имитационных моделей.                    | Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений | 4              | 6                         |                  |
| 4.       | Системы управления запасами                                                             | Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений | 4              | 6                         |                  |
| 5.       | Инструментальные средства автоматизации моделирования.                                  | Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений | 4              | 8                         |                  |

|               |                                                                                                       |                                                                                          |           |           |   |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|---|
| 6.            | Технология создания модели в среде Anylogic.                                                          | Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений | 4         | 8         | - |
| 7.            | Моделирование случайных процессов                                                                     | Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений | 4         | 8         | - |
| 8.            | Испытание и исследование свойств имитационной модели.                                                 | Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений | 4         | 8         | - |
| 9.            | Технология постановки и проведения направленного вычислительного эксперимента на имитационной модели. | Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений | 4         | 8         | - |
| 10.           | Моделирование систем массового обслуживания                                                           | Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений | 4         | 8         | - |
| 11.           | Зачет с оценкой                                                                                       | Контроль знаний и умений                                                                 | 4         | 4         | - |
| <b>Итого:</b> |                                                                                                       |                                                                                          | <b>40</b> | <b>76</b> | - |

#### 4.7. Курсовые работы/проекты.

Учебным планом не предусмотрены.

#### 5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Информационные технологии: использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект, размещенный во внутренней сети, или т.п.) при подготовке к лекциям и практическим занятиям.

Мультимедийные технологии: презентации к лекциям.

#### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

##### а) основная литература:

1. Акопов А. С. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. Учебник и практикум для вузов [Электронный ресурс] , 2020 - 389 - Режим доступа: <https://urait.ru/book/imitacionnoe-modelirovanie-450555>

2. Березовская Е.А., Имитационное моделирование: учеб. пособие / Березовская Е. А. - Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2018. - 76 с. - ISBN 978-5-9275-2426-6 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927524266.html>

3. Эльберг М.С., Имитационное моделирование: учеб. пособие / Эльберг М. С. - Красноярск: СФУ, 2017. - 128 с. - ISBN 978-5-7638-3648-6 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763836486.html>

4. Строгалева В.П., Имитационное моделирование: учебное пособие / В.П. Строгалева, И.О. Толкачева - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. - 295 с. - ISBN 978-5-7038-4825-8 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703848258.html>

#### **б) дополнительная литература:**

1. Емельянов А.А., Имитационное моделирование экономических процессов: учеб. пособие. / А.А. Емельянов, Е.А. Власова, Р.В. Дума; под ред. А.А. Емельянова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Финансы и статистика, 2009. - 416 с. - ISBN 978-5-279-02947-1 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785279029471.html>

2. Бабина О.И., Имитационное моделирование процессов планирования на промышленном предприятии / Бабина О.И. - Красноярск: СФУ, 2014. - 152 с. - ISBN 978-5-7638-3082-8 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763830828.html>

3. Решмин Б.И., Имитационное моделирование и системы управления: учебное пособие. / Решмин Б.И. - М.: Инфра-Инженерия, 2018. - 74 с. - ISBN 978-5-9729-0120-3 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972901203.html>

4. Черняева С.Н., Имитационное моделирование систем: учеб. пособие / С.Н. Черняева, Л.А. Коробова, В.В. Денисенко - Воронеж: ВГУИТ, 2016. - 94 с. - ISBN 978-5-00032-180-5 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785000321805.html>

5. Бунцев И.А., Создание и реализация имитационных моделей в программной среде AnyLogic . Учебное пособие для вузов./ Бунцев И.А. - М.: Горячая линия - Телеком, 2016. - 154 с. - ISBN 978-5-9912-0487-3 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991204873.html> (дата обращения: 31.01.2020). - Режим доступа: по подписке.

6. Боев В.Д., Концептуальное проектирование систем в Anylogic 7 и GPSS World / Боев В.Д. - М.: Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ", 2016. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: [http://www.studentlibrary.ru/book/intuit\\_127.html](http://www.studentlibrary.ru/book/intuit_127.html)

7. Сырецкий Г.А., Моделирование систем. Ч. 3 / Г.А. Сырецкий - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. - 38 с. - ISBN 978-5-7782-1614-3 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778216143.html> (дата обращения: 31.01.2020). - Режим доступа: по подписке.

#### **в) методические рекомендации:**

1. Методические указания к практическому занятию по дисциплине «Имитационное моделирование» [Электронный ресурс]: для студ. напр. подготовки «38.03.05–Бизнес-информатика» (Исследование систем массового обслуживания. Задача Эрланга) / сост.: Н.Н. Попова. – Луганск: ЛГУ им. В. Даля, 2022. – 19 с.

2. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Имитационное моделирование» [Электронный ресурс]: для студ. напр. подготовки 38.03.05–«Бизнес-информатика» (Моделирование систем управления запасами с несколькими розничными точками) / сост. Н.Н. Попова. – Луганск: ЛНУ им. В. Даля, 2018. – 30 с.

3. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Имитационное моделирование» [Электронный ресурс]: для студ. напр. подготовки 38.03.05 – «Бизнес-информатика» (Моделирование трехуровневой цепи поставок) / сост. Н.Н. Попова. – Луганск: ЛНУ им. В. Даля, 2018. – 30 с.

4. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Имитационное моделирование» [Электронный ресурс]: для студ. напр. подготовки 38.03.05 – «Бизнес-информатика» (Моделирование систем управления запасами) / сост. Н.Н. Попова. – Луганск: ЛНУ им. В. Даля, 2018. – 58 с.

5. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Имитационное моделирование» для студентов направления подготовки 38.03.05 – Бизнес-информатика [Электронный ресурс] / сост. Н.Н. Попова. – Луганск: ЛНУ им. В. Даля, 2019. – 81 с.

6. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Имитационное моделирование» для студентов направления подготовки 38.03.05 – Бизнес-информатика [Электронный ресурс] / сост. Н.Н. Попова. – Луганск: ЛНУ им. В. Даля, 2022. – 59 с.

#### **г) Интернет-ресурсы:**

1. Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

2. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

3. Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

4. Министерство промышленности и торговли Луганской Народной Республики – <https://www.minpromlnr.su/main.php/>

5. Министерство экономического развития Луганской Народной Республики – <https://merlnr.su/>

6. Министерство финансов Луганской Народной Республики – <https://minfinlnr.su/>

7. Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

8. Государственный комитет статистики Луганской Народной Республики – <https://www.gkslnr.su/>

9. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru/>

10. Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

11. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

12. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

#### **Электронные библиотечные системы и ресурсы**

13. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/>

14. Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru/>

#### **Информационный ресурс библиотеки образовательной организации**

15. Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

## 7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий требуется аудитория на курс, оборудованная мультимедийным проектором с экраном.

Для проведения лабораторных занятий требуется компьютерный класс, подключенный к Интернет.

Программное обеспечение:

| <b>Функциональное назначение</b>                        | <b>Бесплатное программное обеспечение</b> | <b>Ссылки</b>                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Офисный пакет                                           | OpenOffice 4.3.7                          | <a href="https://www.openoffice.org/">https://www.openoffice.org/</a>                                                                                                                                                                     |
| Операционная система                                    | UBUNTU 19.04                              | <a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a>                                                                                                                                                                                     |
| Браузер                                                 | Firefox Mozilla                           | <a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>                                                                                                                                                   |
| Графический редактор                                    | GIMP (GNU Image Manipulation Program)     | <a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a><br><a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a><br><a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a> |
| Редактор PDF                                            | Adobe Acrobat Reader                      | <a href="https://get.adobe.com/ru/reader/">https://get.adobe.com/ru/reader/</a>                                                                                                                                                           |
| Аудиоплеер                                              | VLC                                       | <a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>                                                                                                                                                                   |
| Программное обеспечение для имитационного моделирования | AnyLogic Personal Learning Edition        | <a href="https://www.anylogic.com/downloads/personal-learning-edition-download/">https://www.anylogic.com/downloads/personal-learning-edition-download/</a>                                                                               |

## 8. Оценочные средства по дисциплине

### Паспорт фонда оценочных средств по учебной дисциплине «Имитационное моделирование»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Формулировка контролируемой компетенции                              | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине) | Контролируемые темы учебной дисциплины, практики                                                  | Этапы формирования (семестр изучения) |
|-------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 3.    | ПК-1                           | Способен осуществлять анализ и моделирование архитектуры предприятия | ПК-1.3                                                        | Тема 1<br>Тема 2<br>Тема 3<br>Тема 4<br>Тема 5<br>Тема 6<br>Тема 7<br>Тема 8<br>Тема 9<br>Тема 10 | 5                                     |

#### Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине) | Перечень планируемых результатов                                                                                                                                                                                                                                          | Контролируемые темы учебной дисциплины                                                            | Наименование оценочного средства                                       |
|-------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 3.    | ПК-1                           | ПК-1.3                                                        | Знать:<br>математические методы и методы компьютерного моделирования<br>Уметь:<br>анализировать, систематизировать и обобщать информацию по поиску новых моделей и методов совершенствования архитектуры предприятия<br>исследования моделей и методами совершенствования | Тема 1<br>Тема 2<br>Тема 3<br>Тема 4<br>Тема 5<br>Тема 6<br>Тема 7<br>Тема 8<br>Тема 9<br>Тема 10 | Собеседование (устный или письменный опрос), контрольная работа, тесты |

|  |  |  |                                                                                                                                                           |  |  |
|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  |  | архитектуры предприятия, разработками стратегии ее развития; программными продуктами, реализующими эти методы применительно к имитационному моделированию |  |  |
|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

### Фонды оценочных средств по дисциплине «Имитационное моделирование»

#### Перечень вопросов (для проведения собеседования (устный или письменный опрос))

1. Постановка задач моделирования: «что будет, если...», «как сделать, чтобы...», «анализ чувствительности». Как решаются эти задачи в среде Anylogic.
2. Концепция блочно-событийного моделирования.
3. Концепция агентного моделирования.
4. Что такое дискретная Марковская цепь?
5. Уравнение Маркова для дискретной цепи
6. Что такое непрерывная Марковская цепь?
7. Уравнение Колмогорова для непрерывной Марковской цепи.
8. Что значит финальные вероятности состояний.
9. Имитация перехода из состояния в состояние с заданной вероятностью наступления события и заданным временем наступления события. Для случая переходов в два состояния, для случая перехода в три состояния.
10. Понятие простейшего потока. Свойства простейшего потока.
11. Способы имитации простейшего потока событий с заданной интенсивностью.
12. Имитация двух (трех) простейших потоков, выходящих из одного состояния.
13. Моделирование случайных величин с заданным законом распределения.
14. Понятие системы массового обслуживания. Основные структурные элементы СМО.

Вопросы по практическому заданию «Системы массового обслуживания».

Постановка задачи: на рисунке представлена функциональная модель системы массового обслуживания (СМО) в некий текущий момент времени. Известно, что за единицу времени в СМО поступает в среднем  $\{x\}$  заявок. Каждая заявка обслуживается каналом обслуживания в среднем  $\{y\}$  единиц времени. Считаем, что поток заявок и поток обслуживания являются простейшими.

15. К какому типу систем массового обслуживания (СМО) относится данная модель?
16. Сколько времени функционирует система?
17. Сколько заявок поступило в систему?
18. Сколько заявок обслужено?
19. Сколько заявок покинуло систему не обслуженными?

20. Сколько времени осталось до появления новой заявки? 39. Какова интенсивность входящего потока заявок?
21. Какова интенсивность обслуживания заявки?
22. Какова интенсивность потока обслуженных заявок?
23. Какова интенсивность потока необслуженных заявок?
24. Определите коэффициент функционирования СМО?
25. Какова длительность обслуживания последней обслуживаемой заявки?
26. Какую часть от общего времени функционирования системы канал обслуживания занят?
27. Чему равна вероятность того, что заявка покинет систему обслуженной?
28. Чему равна вероятность того, что заявка покинет систему не обслуженной?
29. Какова вместимость узла обслуживания?
30. Сколько заявок обслуживается в текущий момент?
31. Какова вместимость очереди?
32. Сколько заявок находится в очереди в текущий момент?
33. Чему равно среднее значение заявок в очереди?
34. Чему равно среднее время нахождения заявки в очереди?
35. Чему равно среднее время нахождения заявки в системе?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству собеседование (устный или письменный опрос)

| Шкала оценивания<br>(интервал баллов) | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                     | собеседование (устный или письменный опрос) прошел на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемый вопрос, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)                    |
| 4                                     | собеседование (устный или письменный опрос) прошел на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемый вопрос, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)                            |
| 3                                     | собеседование (устный или письменный опрос) на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.) |
| 2                                     | собеседование (устный или письменный опрос) прошел на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)                                                               |

### Контрольная работа

Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля.

Построить модели, используя инструмент имитационного моделирования AnyLogic.

1. Создать модель простой системы обслуживания, а именно модель банковского отделения. В банковском отделении находятся банкомат и стойки банковских кассиров, что позволяет быстро и эффективно обслуживать посетителей банка. Операции с

наличностью клиенты банка производят с помощью банкомата, а более сложные операции, такие как оплата счетов – с помощью кассиров.

– Банкомат обслуживает одновременно одного клиента. Клиенты прибывают с интенсивностью 0,3. Одновременно в офисе может находиться не более 15 клиентов. Интервал времени работы банкомата подчиняется треугольному закону распределения с параметрами  $x_{\min}=0.8$ ,  $x_{\max}=3.5$  предпочтительное значение 1.5.

– Ко всем кассирам будет вести одна общая очередь. Максимальное количество человек в этой очереди - 20.

Время обслуживания имеет треугольное распределение с минимальным значением равным 2.5, средним - 6, и максимальным - 11 минутам.

Задание:

1. Постройте гистограмму распределения времени в точке обслуживания клиентов банкоматом.
2. Постройте гистограмму распределения времени обслуживания клиентов консультантами банка.
3. Увеличьте в модели число консультантов до пяти, протестируйте созданную модель.
4. Измените правила распределения клиентов между каналами обслуживания элементом SelectOutput. Выберите на вкладке «Основные» режим переключения «При выполнении условия». В качестве условия задайте `queue.size()<15`, где 15 максимальная длина очереди, а `size()` метод, который возвращает текущий размер очереди.

Поставьте эксперимент для определения значения интенсивности входного потока заявок, при котором система сохраняет работоспособность. Для изменения интенсивности  $\lambda$  в диапазоне от [0.1...3] создайте интерфейс эксперимента с помощью ползунка. Обеспечьте предварительный просмотр выбранного значения  $\lambda$ .

## 2. Построить модель автозаправочной станции.

При построении модели будем считать, что автозаправочная станция представляет собой одноканальную систему массового обслуживания (СМО).

Заявки – автомобили поступают в систему по времени между прибытиями. Изменение времени соответствует экспоненциальному закону распределения с интенсивностью  $\lambda$  (lambda), равной 0.5. Для задания времени используйте встроенную функцию AnyLogic `exponential(lambda)`.

Вместимость очереди  $qN$  равна 10 автомобилям. Заявки могут покидать очередь по истечении таймаута через порт T. Значение таймаута равно 20. Заявки могут быть вытеснены из очереди, если в очередь приходит заявка с большим приоритетом через порт P. Приоритет заявок целое число, которое выбирается в модели случайно из диапазона от 1 до 5.

Для получения кода приоритета используйте функцию AnyLogic `uniform`, которая возвращает равномерно распределенное число в заданном диапазоне: `(int)uniform(1,5)`.

Так как функция возвращает результат типа `double`, его нужно преобразовать к типу `int` с помощью операцию приведения типов Java (`type`), здесь `type` – требуемый результирующий тип преобразования.

Процессор обслуживания (бензоколонка) `delay` выполняет обработку заявки с явно заданным временным интервалом, который подчиняется экспоненциальному закону распределения. Интенсивность работы процессора  $\lambda$  (`mu`) равна 0.25.

Задание:

- 1) построить модель автозаправочной станции (одноканальная СМО);
- 2) построить круговую диаграмму, показывающую распределение долей заявок в СМО. Определить в процентах:
  - долю вытесненных заявок-автомобилей через порт P очереди;

- долю заявок-автомобилей покинувших СМО не дождавшихся обслуживания (вытесненных через порт Т очереди);
- долю обработанных заявок - автомобилей.
- 3) Построить гистограмму, отражающую затраты времени на обслуживание заявки в СМО, вывести среднее значение.
- 4) Определить, приемлемое значение для емкости очереди используем формулу Литтла.
- 5) Протестировать созданную модель. Выполните запуск модели с разными значениями для емкости очереди и сделать выводы.

### 3. Построить модель системы управления запасами (СУЗ.)

Допустим, спрос детерминированный и составляет 80 единиц за один период. В модели одна розничная точка. При уровне запасов равном нулю осуществляется имманентное (мгновенное) пополнение запасов. Данные о текущем уровне запаса фиксируются в начале периода. Размер оптимального заказа составляет 400 единиц.

1) Рассчитайте аналитически оптимальные параметры управления запасами при помощи формулы EOQ (размер заказа при пополнении запаса) и формулы расчета страхового запаса при вероятностной структуре спроса и сравните с результатом оптимизационного эксперимента.

2) Измените тип распределения спроса на треугольное распределение  $\text{triangular}(0, \text{demandMean} * 3, \text{demandMean})$  и проведите оптимизационный эксперимент. Как и почему изменились параметры управления запасами и ожидаемые издержки?

### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольная работа

| Шкала оценивания<br>(интервал баллов) | Критерий оценивания                                                                                   |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                     | Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов/задач)     |
| 4                                     | Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% вопросов/задач)      |
| 3                                     | Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% вопросов/задач)       |
| 2                                     | Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%) |

### Тесты

1. Процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленных задач с требуемой точностью

- а) построение модели;
- б) исследование процесса;
- в) планирование эксперимента.

2. Наилучшие условия протекания процесса

- а) оптимальные условия;
- б) условия эксперимента;
- в) область значений фактора.

3. Эксперимент, который ставится для решения задачи оптимизации

- а) интерполяционный;

- б) экстремальный;
- в) экстраполяционный.

6. Кибернетическая система, описывающая объект исследования

- а) система уравнений;
- б) «черный ящик»;
- в) функциональная зависимость.

7. Уравнение, связывающее параметр оптимизации с факторами

- а) математическая модель;
- б) экспериментальная модель;
- в) модель процесса.

8. Эксперимент типа  $k^p$

- а)  $p$  – число факторов,  $k$  – число уровней факторов;
- б)  $p$  – число уровней факторов,  $k$  – число факторов;
- в)  $p$  – число параметров,  $k$  – число уровней параметров

9. Активное вмешательство в процесс и возможность выбора в каждом опыте тех уровней факторов, которые представляют интерес

- а) воспроизводимость;
- б) повторность;
- в) управляемость.

10. Метод выбора количества и условий проведения опытов, минимально необходимых для отыскания оптимальных условий

- а) планирование экстремального эксперимента;
- б) планирование интерполяционного эксперимента;
- в) планирование экстраполяционного эксперимента.

11. Характеристика цели, заданная количественно

- а) фактор;
- б) параметр оптимизации;
- в) критерий оптимизации.

12. Реакция системы на воздействия, которые определяют ее поведение

- а) фактор;
- б) параметр оптимизации;
- в) критерий оптимизации.

13. Затраты на эксперимент

- а) экономический параметр оптимизации;
- б) технико-экономический параметр оптимизации;
- в) статистический параметр оптимизации.

14. Параметр оптимизации оказывает влияние на

- а) поведение «черного ящика»;
- б) факторы;
- в) на вид математической модели.

15. Способ воздействия на объект

- а) фактор;
- б) параметр;

в) отклик.

16. Изменяемая переменная величина, принимающая в некоторый момент времени определенные значения

- а) фактор;
- б) параметр;
- в) отклик.

17. Фактор может принимать в опыте одно из нескольких значений

- а) уровень;
- б) область определения;
- в) область значений.

18. Фиксированный набор уровней факторов

- а) область определения;
- б) область значений;
- в) условия проведения одного из возможных опытов.

19. Все комбинации факторов осуществимы и безопасны

- а) совместимость;
- б) независимость;
- в) однозначность.

20. Возможность установления фактора на любом уровне независимо от уровня других факторов

- а) совместимость;
- б) независимость;
- в) однозначность.

21. Эффект одного фактора зависит от уровня, на котором находится другой фактор

- а) нелинейность;
- б) ортогональность;
- в) ротатабельность.

22. Заданному набору значений факторов должно соответствовать одно с точностью до ошибки эксперимента значение параметра оптимизации

- а) корреляция;
- б) однозначность;
- в) регрессия.

23. Коэффициенты линейной модели при независимых переменных указывают на силу влияния факторов. Чем больше численная величина коэффициента

- а) тем большее влияние оказывает фактор;
- б) тем меньшее влияние оказывает фактор;
- в) роли не играет.

24. Коэффициенты линейной модели при независимых переменных указывают на силу влияния факторов. Если коэффициент имеет знак плюс, то с увеличением значения фактора параметр оптимизации

- а) уменьшается;
- б) увеличивается;

в) не изменяется.

25. Коэффициенты линейной модели при независимых переменных указывают на силу влияния факторов. Если коэффициент имеет знак минус, то с увеличением значения фактора параметр оптимизации

- а) уменьшается;
- б) увеличивается;
- в) не изменяется.

26. Коэффициенты линейной модели при независимых переменных указывают на силу влияния факторов. Чем меньше численная величина коэффициента

- а) тем большее влияние оказывает фактор;
- б) тем меньшее влияние оказывает фактор;
- в) роли не играет.

27. Геометрический аналог функции отклика

- а) факторное пространство;
- б) гиперкуб;
- в) поверхность.

28. Пространство, в котором строится поверхность отклика

- а) оптимальное пространство;
- б) факторное пространство;
- в) пространство параметра оптимизации.

29. Предсказание результатов опытов в точках, которые лежат внутри подобласти

- а) корреляция;
- б) интерполяция;
- в) экстраполяция.

30. Предсказание результатов опытов в точках, которые лежат вне подобласти

- а) корреляция;
- б) интерполяция;
- в) экстраполяция.

31. Исходная точка для построения плана эксперимента

- а) основной уровень фактора;
- б) верхний уровень фактора;
- в) нижний уровень фактора.

32. Эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней факторов

- а) дробный факторный эксперимент;
- б) многофакторный эксперимент;
- в) полный факторный эксперимент.

33. Геометрическая интерпретация полного факторного эксперимента  $2^2$

- а) квадрат;
- б) куб;
- в) гиперкуб.

34. Геометрическая интерпретация полного факторного эксперимента  $2^3$

- а) квадрат;
- б) куб;

в) гиперкуб.

35. Геометрическая интерпретация полного факторного эксперимента 25

- а) квадрат;
- б) куб;
- в) гиперкуб.

36. Алгебраическая сумма элементов вектор-столбца каждого фактора в матрице планирования эксперимента равна нулю

$$\sum_{i=1}^N x_{ji} = 0, j = 1 \dots k$$

- а) симметричность относительно центра эксперимента;
- б) условие нормировки;
- в) ортогональность матрицы планирования.

37. Сумма квадратов элементов каждого столбца равна числу опытов

$$\sum_{i=1}^N x_{ji}^2 = N, j = 1 \dots k$$

- а) симметричность относительно центра эксперимента;
- б) условие нормировки;
- в) ортогональность матрицы планирования.

38. Сумма почленных произведений любых двух вектор-столбцов матрицы равна нулю

$$\sum_{i=1}^N x_{ji} x_{ui} = 0, j \neq u, u = 1 \dots k$$

- а) симметричность относительно центра эксперимента;
- б) условие нормировки;
- в) ортогональность матрицы планирования.

39. Точки в матрице планирования эксперимента подбираются так, что точность предсказания значений параметра оптимизации одинакова на равных расстояниях от центра эксперимента и не зависит от направления

- а) симметричность относительно центра эксперимента;
- б) ротатабельность;
- в) ортогональность матрицы планирования.

40. Ортогональность матрицы планирования позволяет получить

- а) зависимые друг от друга оценки коэффициентов;
- б) независимые друг от друга оценки коэффициентов;
- в) коэффициенты при квадратах факторов.

41. Коэффициент линейной модели  $b_0$

- а) общая оценка;
- б) оценка квадратичных членов;
- в) смешанная оценка.

42. Случайная последовательность при постановке опытов, запланированных матрицей

- а) ортогональность;
- б) рандомизация;

в) ротатабельность.

43. Из множества факторов, влияющих на рассеяние выходной величины  $Y$ , выбирается один, который, по мнению исследователя, имеет наибольшее влияние на это рассеяние. Чтобы выявить эффект исследуемого фактора, его делят на несколько четко разделимых уровней, а остальные факторы рандомизируют. Это–

- а) однофакторный дисперсионный анализ;
- б) двухфакторный дисперсионный анализ;
- в) трехфакторный дисперсионный анализ.

44. Взаимно однозначное соответствие между элементами модели и реального объекта моделирования, а также сохранение характера взаимодействия между элементами

- а) изоморфизм
- б) гомоморфизм
- в) эмпиризм
- г) рационализм

45. Неполное, приближенное отображение структуры оригинала

- а) изоморфизм
- б) гомоморфизм
- в) эмпиризм
- г) рационализм

46. Метод научного познания, критерием которого является практика

- а) эмпиризм
- б) рационализм
- в) абсолютный прагматизм
- г) гомоморфизм

47. Метод научного познания, критерием которого является полезность

- а) эмпиризм
- б) рационализм
- в) абсолютный прагматизм
- г) гомоморфизм

48. Метод научного познания, основанный на применении методов формальной логики

- а) эмпиризм
- б) рационализм
- в) абсолютный прагматизм
- г) изоморфизм

49. Приверженцы \_\_\_\_\_ считают, что модель есть совокупность правил логической дедукции (типа “если, то”), которые могут привести от предпосылок к объективным выводам.

- а) эмпиризма
- б) рационализма
- в) абсолютного прагматизма
- г) изоморфизма

50. Модель должна с определенной точностью позволять достигать некоторых целей и давать полезные результаты, поэтому исследователя не интересует внутренность модели

– “черного ящика”, его интересуют лишь соотношения между входами и выходами модели. Это философия:

- а) эмпиризма
- б) рационализма
- в) абсолютного прагматизма
- г) изоморфизма

51. Основные категории оценки имитационной модели

- а) оценка адекватности или валидация модели
- б) верификация модели
- в) валидация данных
- г) изоморфизм
- д) гомоморфизм

52. Подтверждение того, что модель в пределах рассматриваемой области приложений ведет себя с удовлетворительной точностью в соответствии с целями моделирования.

- а) верификация
- б) изоморфизм
- в) гомоморфизм
- г) валидация

53. Проверка на соответствие поведения модели замыслу исследователя и моделирования.

- а) верификация
- б) изоморфизм
- в) гомоморфизм
- г) валидация

54. Подходы к проведению валидации имитационной модели

- а) статистическое сравнение между откликами реальной системы и модели.
- б) тест Тьюринга
- в) эмпирическое тестирование допущений модели
- г) все ответы неверны

55. Установление экспертами различий между поведением модели и реальной системы

- а) тест Тьюринга
- б) критерий t-Стьюдента
- в) критерий согласия  $\chi^2$
- г) критерий Фишера F

56. Проверку адекватности имитационной модели объекту моделирования проводят для:

- а) существующих (реальных) систем
- б) проектируемых систем
- в) существующих и проектируемых систем

57. Процедуры, связанные с проверкой исходных предположений (выдвинутых на основе опыта, теоретических знаний, интуитивных представлений, на основе имеющейся информации), относятся к

- а) формальным
- б) неформальным
- в) существующим

г) проектируемым

58. Исследование свойств имитационной модели, в ходе которого оценивается точность, устойчивость, чувствительность результатов моделирования и другие свойства имитационной модели.

- а) валидация данных
- б) валидация модели
- в) верификация модели
- г) рационализм

59. Оценка влияния стохастических элементов на функционирование модели сложной системы.

- а) точность имитации явлений
- б) устойчивость результатов имитации
- в) чувствительность модели
- г) все ответы неверны

60. Степень нечувствительности результатов к изменению условий моделирования.

- а) устойчивость результатов имитации
- б) точность имитации явлений
- в) чувствительность модели
- г) все ответы неверны

61. Оценка влияния колебаний значений входных переменных на отклики (выходные переменные) модели.

- а) чувствительность модели
- б) устойчивость результатов имитации
- в) точность имитации явлений
- г) все ответы неверны

62. Большая система - это

- а) система для моделирования которой недостает ресурсов
- б) система, поведение которой адекватно описывается некоторой моделью
- в) система, поведение которой не может быть адекватно описано некоторой моделью

63. Выберите верное утверждение

- а) Метод обратных функций применяется для моделирования непрерывной случайной величины, функция распределения которой задана аналитически
- б) Метод обратных функций применяется для моделирования дискретной случайной величины
- в) Метод обратных функций применяется для сбора статистической информации по результатам имитации

64. Знаку "?" в схеме "исследуемый процесс-?-результат математического ...

- а) компьютерная программа
- б) компьютерная технология
- в) математическая модель
- г) исследующий ученый

65. Компьютерное моделирование - это:

- а) процесс построения модели компьютерными средствами;
- б) процесс исследования объекта с помощью компьютерной модели;

- в) построение модели на экране компьютера;
- г) решение конкретной задачи с помощью компьютера.

66. Логико-математическая модель исследуемой системы представляет собой алгоритм функционирования системы, программно-реализуемый на компьютере.

- а) концептуальное моделирование
- б) физическое моделирование
- в) структурно – функциональное
- г) математическое (логико-математическое) моделирование
- д) имитационное (программное) моделирование

67. Любая математическая модель должна (в рамках рассматриваемых гипотез моделирования) быть абсолютно ...

- а) Точной
- б) Адекватной
- в) Идеальной
- г) Совершенной

68. Математическая модель объекта - это:

- а) созданная из какого-либо материала модель, точно отражающая внешние признаки объекта-оригинала;
- б) описание в виде схемы внутренней структуры изучаемого объекта;
- в) совокупность данных, содержащих информацию о количественных характеристиках объекта и его поведения в виде таблицы;
- г) совокупность записанных на языке математики формул, отражающих те или иные свойства объекта-оригинала или его поведение;
- д) последовательность электрических сигналов.

69. Методом случайных испытаний (метод Монте-Карло) невозможно вычислить:

- а) число  $\pi$ ;
- б) площадь;
- в) числа Фибоначчи;
- г) корень уравнения.

70. Моделирование - это:

- а) процесс замены реального объекта (процесса, явления) моделью, отражающей его существенные признаки с точки зрения достижения конкретной цели;
- б) процесс демонстрации моделей одежды в салоне мод;
- в) процесс неформальной постановки конкретной задачи;
- г) процесс замены реального объекта (процесса, явления) другим материальным или идеальным объектом;
- д) процесс выявления существенных признаков рассматриваемого объекта.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству тесты

| Шкала оценивания<br>(интервал баллов) | Критерий оценивания                                                          |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                     | Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов) |
| 4                                     | Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)  |

|   |                                                                                                 |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)                      |
| 2 | Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов) |

### Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет с оценкой)

#### Вопросы к зачету

1. Общая классификация математических моделей
2. Особенности моделирования социально-экономических систем
3. Классификация математических моделей в экономике
4. Основные цели имитационного моделирования экономических процессов
5. Постановка задачи имитационного моделирования. Ее отличие от задач исследования операций
6. Формы представления результатов имитационного моделирования в экономике
7. Области применения компьютерного имитационного моделирования
8. Цели компьютерного имитационного моделирования применительно к задачам организационного управления
9. Этапы построения и практического использования имитационной модели при исследовании социально-экономических систем
10. Метод Монте-Карло и его связь с имитационным моделированием
11. Использование в компьютерном имитационном моделировании случайных событий
12. Метод мультипликативных конгруэнций получения псевдослучайных чисел
13. Порядок моделирования случайных векторов и случайных событий
14. Использование случайных событий при построении и эксплуатации экономических имитационных моделей
15. Основные идеи методов повторения, подынтервалов и циклов получения наблюдений в имитационном моделировании. Их достоинства и недостатки
16. Методы уменьшения выборочной дисперсии при компьютерном имитационном моделировании.
17. Сетевое представление модели экономической системы
18. Средства динамической отладки модели
19. Модели систем управления запасами
20. Оптимальное управление запасами
21. Задачи анализа и синтеза СМО
22. Характеристики одноканальных и многоканальных СМО
23. СМО с отказами и ожиданием
24. СМО с ограничением на длину очереди
25. СМО с ограничением на время ожидания
26. Перечислите особенности систем массового обслуживания (СМО).
27. Перечислите базовые элементы AnyLogic необходимые для построения канала СМО и дайте им краткую характеристику.
28. Как строится анимация процесса обслуживания заявок в AnyLogic?
29. Как определить среднее число заявок в очереди в модели AnyLogic?
30. Как определить среднее число заявок обслуженных процессором в модели AnyLogic?
31. Какие элементы AnyLogic нужно использовать для моделирования канала обслуживания с учетом ресурсов?
32. Как строится модель AnyLogic в которой выполняется выбор канала обслуживания?

33. Перечислите особенности построения анимации канала обслуживания с ресурсами?

34. Как создать в модели СМО класс заявки отличный от принятого по умолчанию?

35. Как в модели СМО использовать класс заявки созданный разработчиком?

36. Перечислите основные этапы создания гистограмм в модели СМО.

#### Критерии и шкала оценивания промежуточной аттестации

| Шкала оценивания (экзамен) | Характеристика знания предмета и ответов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Зачеты     |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| отлично (5)                | Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. | зачтено    |
| хорошо (4)                 | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.                                      |            |
| удовлетворительно (3)      | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.                                    |            |
| неудовлетворительно (2)    | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.                           | не зачтено |

### 9. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости рабочая программа учебной дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК). В случае необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников, например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения – аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной (модулем), за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительность сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, – не более чем на 90 минут;
- продолжительность подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, – не более чем на 20 минут; – продолжительность выступления обучающегося при защите курсовой работы – не более чем на 15 минут.

## Лист изменений и дополнений

| №<br>п/п | Виды дополнений и<br>изменений | Дата и номер протокола<br>заседания кафедры<br>(кафедр), на котором<br>были рассмотрены и<br>одобрены изменения и<br>дополнения | Подпись (с<br>расшифровкой)<br>заведующего кафедрой<br>(заведующих кафедрами) |
|----------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                |                                                                                                                                 |                                                                               |
|          |                                |                                                                                                                                 |                                                                               |
|          |                                |                                                                                                                                 |                                                                               |
|          |                                |                                                                                                                                 |                                                                               |