



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»

РЕКОМЕНДОВАНО  
К УТВЕРЖДЕНИЮ  
Декан, председатель совета  
факультета компьютерных технологий,  
вычислительной техники и энергетики

  
подпись Ш.А. Юсуфов  
17.09. 2018

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе,  
председатель методического  
совета ДГТУ

  
подпись Н.С. Суракатов  
14.10 2018

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина Имитационное моделирование Б1.В.ОД.5  
наименование дисциплины по ООП и код по ФГОС

для направления 01.03.02 - Прикладная математика и информатика  
шифр и полное наименование направления  
по профилю подготовки бакалавров «Системный анализ, исследование операций и управление»

факультет Компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики  
Наименование факультета, где ведется дисциплина  
кафедра Прикладной математики и информатики  
наименование кафедры, за которой закреплена дисциплина

Квалификация выпускника (степень) бакалавр  
бакалавр

Форма обучения очная, курс 4 семестр(ы) 7  
очная, заочная, др.

Всего трудоемкость в зачетных единицах (часах) 4 ЗЕТ (144 ч.) :


лекции 17 (час); экзамен 7 (1 ЗЕТ, 36 ч.) ;  
(семестр)

практические (семинарские) занятия - (час); зачет - ;  
(семестр)

лабораторные занятия 34 (час); самостоятельная работа 57 (час);

курсовой проект (работа, РГР) 7 (семестр).

Зав. кафедрой   
подпись Т.И. Исабекова

Начальник УО   
подпись Э.В. Магомаева



Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ООП ВО по направлению и профилю подготовки 01.03.02 - Прикладная математика и информатика, «Системное программирование и компьютерные технологии»

Программа одобрена на заседании выпускающей кафедры 16.09.18 от 16.09.18, протокол № 1

Зав. выпускающей кафедрой  
по данному направлению

  
подпись

Т.И. Исабекова  
ФИО


ОДОБРЕНО:

Методической комиссией по  
укрупненной группе  
специальностей и направлений

01.00.00 – Математика и механика  
шифр и полное наименование

\_\_\_\_\_   
специальности

Председатель МК

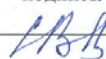
  
Подпись, Исабекова Т.И.  
ФИО

«16» 09 2018 г.

АВТОР ПРОГРАММЫ

Пиняскин В.В., кхн., доцент  
ФИО уч. степень, ученое звание,

\_\_\_\_\_   
подпись



### **1. Цели и задачи освоения дисциплины «Имитационное моделирование»**

Целью изучения дисциплины «Имитационное моделирование» является теоретическая и практическая подготовка студентов по основам алгоритмизации и имитационного моделирования экономических систем и их отдельных подсистем, систем управления, систем поддержки принятия решений.

Задачами изучения дисциплины является подготовка студентов для научной и практической деятельности в области разработки логико-математических и имитационных моделей сложных систем и проведения на них исследований.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата**

Учебный курс «Имитационное моделирование» относится к вариативной части обязательных дисциплин учебного плана. Для освоения дисциплины «Имитационное моделирование» обучающиеся используют знания, умения, навыки, способы деятельности и установки, сформированные в ходе изучения предметов «Математика», «Дискретная математика», «Вычислительные методы», «Математические основы систем и сетей массового обслуживания», «Теория вероятностей и математическая статистика».

Освоение дисциплины «Имитационное моделирование» является необходимой основой для последующего изучения дисциплин профессионального цикла и по выбору студента.

### **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины «Имитационное моделирование» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

способностью использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (ОК-1);

способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям (ПК-1);

способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат (ПК-2);

способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности (ПК-3);

способностью применять существующие и разрабатывать новые методы и средства обучения (ПК-13).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать**

- о направлениях имитационного моделирования экономических процессов, различных подходах к построению имитационных моделей;
- основные положения теории имитационного моделирования;
- модели основных систем массового обслуживания;
- понятия об имитационном моделировании случайных факторов;
- метод Монте-Карло;
- основные методы построения имитационных моделей экономических систем.

**Уметь:**

- ставить и решать конкретные задачи по разработке имитационных моделей экономических систем;
- выбирать показатели и критерии эффективности операций с экономическими системами при их имитационном моделировании;
- моделировать процессы массового обслуживания в экономических системах;
- рассчитывать показатели эффективности операций с экономическими системами при их имитационном моделировании;
- выполнять анализ результатов имитационного моделирования экономических процессов.

**Владеть:** методами и приёмами имитационного моделирования экономических процессов и систем.

## 4. Структура и содержание дисциплины «Имитационное моделирование»

### 4.1.Содержание дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины Тема лекции и вопросы	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего* контроля успеваемости (по срокам текущих аттестаций в семестре) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				ЛК	ПЗ	ЛР	СР	
1.	<p><b><u>Лекция 1.</u></b> <b><u>Тема: Введение в «Имитационное моделирование».</u></b></p> <p>1. Цель курса "Имитационное моделирование". 2. Основные составные части курса "Имитационное моделирование". 3. Сложная система, как объект моделирования. 4. Прикладной системный анализ — методология исследования сложных систем.* 5. Определение модели. Общая классификация основных видов моделирования. 6. Список литературы, рекомендуемой к изучению дисциплины.</p>	7	1	2	-	4	6	Входная контрольная работа
2.	<p><b><u>Лекция № 2</u></b> <b><u>Тема: «Сущность метода имитационного моделирования»</u></b></p> <p>1. Метод имитационного моделирования и его особенности. 2. Метод статистического моделирования на ЭВМ (метод Монте-Карло) 3. Статическое и динамическое представление моделируемой системы. 4. Понятие о модельном времени. Механизм продвижения модельного времени. 5. Моделирование случайных чисел. 6. Общая технологическая схема имитационного моделирования 7. Проблемы стратегического и тактического планирования имитационного эксперимента.* 8. Возможности, область применения имитационного моделирования.* 9. Компьютерное моделирование.*</p>		3	2	-	4	6	

3.	<p><b><u>Лекция № 3</u></b>  <b><u>Тема: «Математические предпосылки создания имитационной модели»</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Процедурно-технологическая схема построения и исследования моделей сложных систем.</li> <li>2. Имитационная модель как источник ответа на вопрос: «что будет, если...».</li> <li>3. Дискретные и непрерывные имитационные модели.</li> <li>4. Моделирующий алгоритм.</li> <li>5. Отличительные особенности моделей различных классов.*</li> <li>6. Классификация подходов ИМ.*</li> <li>7. Процесс имитационного моделирования.*</li> </ol>		5	2	-	4	6	Аттест. КР1
4.	<p><b><u>Лекция № 4</u></b>  <b><u>Тема: «Технологические этапы создания и использования имитационных моделей»</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные этапы имитационного моделирования. Общая технологическая схема.</li> <li>2. Формулировка проблемы и определение целей имитационного моделирования.</li> <li>3. Разработка концептуальной модели объекта моделирования.</li> <li>4. Формализация имитационной модели.</li> <li>5. Программирование имитационной модели.</li> <li>6. Сбор и анализ исходных данных.</li> <li>7. Испытание и исследование свойств имитационной модели.*</li> <li>8. Анализ результатов моделирования и принятие решений.*</li> </ol>		7	2	-	4	6	
5.	<p><b><u>Лекция № 5</u></b>  <b><u>Тема: «Испытание и исследование свойств имитационной модели»</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Комплексный подход к тестированию имитационной модели</li> <li>2. Проверка адекватности модели</li> <li>3. Верификация имитационной модели.</li> <li>4. Валидация данных имитационной модели.</li> <li>5. Оценка точности результатов моделирования.</li> <li>6. Оценка устойчивости результатов моделирования.</li> <li>7. Анализ чувствительности имитационной модели.*</li> <li>8. Тактическое планирование имитационного эксперимента.*</li> </ol>		9	2	-	4	6	Аттест. КР2

6.	<p><b><u>Лекция № 6</u></b>  <b><u>Тема: «Технология постановки и проведения направленного вычислительного эксперимента на имитационной модели».</u></b></p> <p>1. Направленный вычислительный эксперимент на имитационной модели и его содержание.  2. Основные цели и типы вычислительных экспериментов в имитационном моделировании.  3. Основы теории планирования экспериментов. Основные понятия: структурная, функциональная и экспериментальная модели.  4. План однофакторного эксперимента и процедуры обработки результатов эксперимента.*  5. Факторный анализ, полный и дробный факторный эксперимент и математическая модель.*  6. Основные классы планов, применяемые в вычислительном эксперименте.*  7. Методология анализа поверхности отклика.*  8. Техника расчета крутого восхождения.*</p>	11	2	-	4	6	
7.	<p><b><u>Лекция № 7</u></b>  <b><u>Тема: «Имитационное моделирование бизнес-процессов»</u></b></p> <p>1. Проверки гипотез о категориях типа:  событие<math>\leftrightarrow</math>явление<math>\leftrightarrow</math>поведение.  2. Планирование компьютерного эксперимента.  3. Прогнозирование рисков.  4. Структурный анализ процессов объектов: производственных, социально-экономических и др.  5. Автоматизированное конструирование моделей бизнес-процессов.*</p>	13	2	-	4	6	
8.	<p><b><u>Лекция № 8</u></b>  <b><u>Тема: «Моделирование объектов экономики»</u></b></p> <p>1. Модель производственного процесса.  2. Модели фирмы, учитывающие взаимодействия с рынком с банками, с бюджетом, с поставщиками, с наемным трудом.  3. Модели управления рисками.  4. Динамические модели экономических процессов на микро- и макроуровнях, процессов международной экономической деятельности.*</p>	15	2	-	4	6	Аттест. КРЗ



9.	<p><b><u>Лекция № 9</u></b>  <b><u>Тема: «Инструментальные средства автоматизации моделирования»</u></b></p> <p>1. Назначение языков и систем моделирования.  2. Классификация языков и систем моделирования, их основные характеристики.  3. Технологические возможности систем моделирования.  4. Развитие технологии системного моделирования.*  5. Выбор системы моделирования.*</p>		17	1	-	2	9	
	Итого			17	-	34	57	Экзамен(1зет-36ч)

#### 4.2. Содержание лабораторных занятий

<b>№</b>	<b>№ лекции из рабочей программы</b>	<b>Наименование лабораторного занятия</b>	<b>Количество часов</b>	<b>Рекомендуемая литература и методические разработки (№ источника из списка литературы)</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1.	1	Методы проверки статистических гипотез	4	1, 2, 3, 7, 8, 9, 10
2.	2	Моделирование случайных событий	4	1, 2, 3, 7, 8, 9, 10
3.	3	Моделирование дискретных случайных величин	4	1, 2, 3, 7, 8, 9, 10
4.	4	Моделирование непрерывных случайных величин	4	1, 2, 3, 7, 8, 9, 10
5.	5	Моделирование процессов обслуживания заявок в условиях отказов	4	1, 2, 3, 7, 8, 9, 10
6.	6	Моделирование объектов экономики	4	1, 2, 3, 7, 8, 9, 10
7.	7	Моделирование процессов обслуживания заявок в условиях очереди	4	
8.	8	Моделирование процессов обслуживания заявок в условиях неограниченной очереди	4	
9.	9	Моделирование многоканальных процессов обслуживания заявок	2	
		<b>Итого</b>	<b>34</b>	

### 4.3. Тематика для самостоятельной работы студента

№ п/п	Тематика по содержанию дисциплины, выделенная для самостоятельного изучения	Кол-во часов из содержания дисциплины	Рекомендуемая литература и источники информации	Формы контроля СРС
1	2	3	4	5
1.	Прикладной системный анализ — методология исследования сложных систем.*	6	[1, 2, 3, 7, 8, 9, 10]	Реферат
2.	Проблемы стратегического и тактического планирования имитационного эксперимента.*	6	[1, 2, 3, 7, 8, 9, 10]	Реферат
3.	Возможности, область применения имитационного моделирования.*	6	[1, 2, 3, 7, 8, 9, 10]	Реферат
4.	Компьютерное моделирование.*	6	[1, 2, 3, 7, 8, 9, 10]	Реферат
5.	Отличительные особенности моделей различных классов.*	6	[1, 2, 3, 7, 8, 9, 10]	Реферат
6.	Классификация подходов ИМ.*	6	[1, 2, 3, 7, 8, 9, 10]	Реферат
7.	Процесс имитационного моделирования.*	6	[1, 2, 3, 7, 8, 9, 10]	Реферат
8.	Испытание и исследование свойств имитационной модели.*	6	[1, 2, 3, 7, 8, 9, 10]	Реферат
9.	Анализ результатов моделирования и принятие решений.*	6	[1, 2, 3, 7, 8, 9, 10]	Реферат
Итого		57		

## 5. Образовательные технологии

Изучение дисциплины «Имитационное моделирование» предусматривает чтение лекций, проведение лабораторных занятий и самостоятельную работу студентов.

5.1. При чтении лекционного материала используются современные технологии проведения занятий, основанные на использовании интерактивной доски, обеспечивающей наглядное представление лекционного и методического материала. При составлении лекционного материала используется пакет прикладных программ презентаций MS PowerPoint. Использование данной технологии обеспечивает наглядность излагаемого материала, экономит время затрачиваемое преподавателем на построение рисунков, таблиц, графиков.

5.2. При проведении лабораторных занятий и курсового проектирования используются пакеты прикладных программ Borland C++, GPSS и др. Данные программы позволяют изучить информационные технологии математического и имитационного моделирования бизнес-процессов экономических объектов, разработки и запуска прикладных программ пользователя и др.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе они составляют не менее 20 % аудиторных занятий или 10 часов.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

ПЕРЕЧЕНЬ вопросов контрольной работы по проверке входных знаний студентов

1. Понятия сложной системы, процесса, модели.
2. Свойства сложной системы.
3. Структура системы.
4. Основные понятия языка Borland C++.
5. Структуры алгоритмов языка Borland C++.
6. Какие ошибки эксперимента нельзя устранить
7. Среднее значение случайной величины называется
8. Среднеквадратичное отклонение
9. Критерий определения тесноты связи между данными
10. Какие значения может принимать коэффициент корреляции

### ***Перечень вопросов для 1-ой текущей аттестационной контрольной работы***

1. Сложная система, как объект моделирования.
2. Прикладной системный анализ — методология исследования сложных систем.\*
3. Определение модели. Общая классификация основных видов моделирования.
4. Метод имитационного моделирования и его особенности.
5. Метод статистического моделирования на ЭВМ (метод Монте-Карло)
6. Статическое и динамическое представление моделируемой системы.
7. Понятие о модельном времени. Механизм продвижения модельного времени.
8. Общая технологическая схема имитационного моделирования
9. Проблемы стратегического и тактического планирования имитационного эксперимента.\*
10. Возможности, область применения имитационного моделирования.\*
11. Компьютерное моделирование.\*
12. Имитационная модель как источник ответа на вопрос: «что будет, если...».
13. Процедурно-технологическая схема построения и исследования моделей сложных систем.
14. Дискретные и непрерывные имитационные модели.
15. Моделирующий алгоритм.
16. Отличительные особенности моделей различных классов.\*
17. Классификация подходов ИМ.\*
18. Процесс имитационного моделирования.\*

### ***Перечень вопросов для 2-ой текущей аттестационной контрольной работы***

1. Основные этапы имитационного моделирования. Общая технологическая схема.
2. Формулировка проблемы и определение целей имитационного моделирования.
3. Разработка концептуальной модели объекта моделирования.
4. Формализация имитационной модели.
5. Программирование имитационной модели.
6. Сбор и анализ исходных данных.

7. Испытание и исследование свойств имитационной модели.\*
8. Комплексный подход к тестированию имитационной модели
9. Проверка адекватности модели
10. Верификация имитационной модели.
11. Валидация данных имитационной модели.
12. Оценка точности результатов моделирования.
13. Оценка устойчивости результатов моделирования.
14. Анализ чувствительности имитационной модели.\*
15. Тактическое планирование имитационного эксперимента.\*
16. Направленный вычислительный эксперимент на имитационной модели и его содержание.
17. Основные цели и типы вычислительных экспериментов в имитационном моделировании.
18. Основы теории планирования экспериментов. Основные понятия: структурная, функциональная и экспериментальная модели.
19. План однофакторного эксперимента и процедуры обработки результатов эксперимента
20. Факторный анализ, полный и дробный факторный эксперимент и математическая модель.
21. Основные классы планов, применяемые в вычислительном эксперименте.\*
22. Методология анализа поверхности отклика. \*
23. Техника расчета крутого восхождения.\*

### ***Перечень вопросов для 3–ой текущей аттестационной контрольной работы***

1. Проверки гипотез о категориях типа: событие $\leftrightarrow$ явление $\leftrightarrow$ поведение.
2. Планирование компьютерного эксперимента.
3. Прогнозирование рисков.
4. Структурный анализ процессов объектов: производственных, социально-экономических и др.
5. Автоматизированное конструирование моделей бизнес-процессов.\*
6. Модель производственного процесса.
7. Модели фирмы, учитывающие взаимодействия с рынком с банками, с бюджетом, с поставщиками, с наемным трудом.
8. Модели управления рисками. \*
9. Динамические модели экономических процессов на микро- и макро уровнях, процессов международной экономической деятельности.
10. Назначение языков и систем моделирования.
11. Классификация языков и систем моделирования, их основные характеристики.
12. Технологические возможности систем моделирования.
13. Развитие технологии системного моделирования.\*
14. Выбор системы моделирования.\*

### **ПЕРЕЧЕНЬ**

#### **вопросов на экзамен по дисциплине “Имитационное моделирование”**

1. Сложная система, как объект моделирования.
2. Прикладной системный анализ — методология исследования сложных систем.\*
3. Определение модели. Общая классификация основных видов моделирования.
4. Метод имитационного моделирования и его особенности.
5. Метод статистического моделирования на ЭВМ (метод Монте-Карло)
6. Статическое и динамическое представление моделируемой системы.

7. Понятие о модельном времени. Механизм продвижения модельного времени.
8. Общая технологическая схема имитационного моделирования
9. Проблемы стратегического и тактического планирования имитационного эксперимента.\*
10. Возможности, область применения имитационного моделирования.\*
11. Компьютерное моделирование.\*
12. Имитационная модель как источник ответа на вопрос: «что будет, если...».
13. Процедурно-технологическая схема построения и исследования моделей сложных систем.
14. Дискретные и непрерывные имитационные модели.
15. Моделирующий алгоритм.
16. Отличительные особенности моделей различных классов.\*
17. Классификация подходов ИМ.\*
18. Процесс имитационного моделирования.\*
19. Основные этапы имитационного моделирования. Общая технологическая схема.
20. Формулировка проблемы и определение целей имитационного моделирования.
21. Разработка концептуальной модели объекта моделирования.
22. Формализация имитационной модели.
23. Программирование имитационной модели.
24. Сбор и анализ исходных данных.
25. Испытание и исследование свойств имитационной модели.\*
26. Комплексный подход к тестированию имитационной модели
27. Проверка адекватности модели
28. Верификация имитационной модели.
29. Валидация данных имитационной модели.
30. Оценка точности результатов моделирования.
31. Оценка устойчивости результатов моделирования.
32. Анализ чувствительности имитационной модели.\*
33. Тактическое планирование имитационного эксперимента.\*
34. Направленный вычислительный эксперимент на имитационной модели и его содержание.
35. Основные цели и типы вычислительных экспериментов в имитационном моделировании.
36. Основы теории планирования экспериментов. Основные понятия: структурная, функциональная и экспериментальная модели.
37. План однофакторного эксперимента и процедуры обработки результатов эксперимента
38. Факторный анализ, полный и дробный факторный эксперимент и математическая модель.
39. Основные классы планов, применяемые в вычислительном эксперименте.\*
40. Методология анализа поверхности отклика. \*
41. Техника расчета крутого восхождения.\*
42. Проверки гипотез о категориях типа: событие $\Leftrightarrow$ явление $\Leftrightarrow$ поведение.
43. Планирование компьютерного эксперимента.
44. Прогнозирование рисков.
45. Структурный анализ процессов объектов: производственных, социально-экономических и др.
46. Автоматизированное конструирование моделей бизнес-процессов.\*
47. Модель производственного процесса.

48. Модели фирмы, учитывающие взаимодействия с рынком с банками, с бюджетом, с поставщиками, с наемным трудом.
49. Модели управления рисками. \*
50. Динамические модели экономических процессов на микро- и макро уровнях, процессов международной экономической деятельности.
51. Назначение языков и систем моделирования.
52. Классификация языков и систем моделирования, их основные характеристики.
53. Технологические возможности систем моделирования.
54. Развитие технологии системного моделирования.\*
55. Выбор системы моделирования.\*

## **ПЕРЕЧЕНЬ**

### **вопросов по проверке остаточных знаний студентов**

1. Метод имитационного моделирования и его особенности.
2. Метод статистического моделирования на ЭВМ (метод Монте-Карло)
3. Статическое и динамическое представление моделируемой системы.
4. Понятие о модельном времени. Механизм продвижения модельного времени.
5. Общая технологическая схема имитационного моделирования
6. Имитационная модель как источник ответа на вопрос: «что будет, если...».
7. Дискретные и непрерывные имитационные модели.
8. Моделирующий алгоритм.
9. Основные этапы имитационного моделирования. Общая технологическая схема.
10. Комплексный подход к тестированию имитационной модели
11. Проверка адекватности модели
12. Верификация имитационной модели.
13. Валидация данных имитационной модели.
14. Оценка точности результатов моделирования.
15. Оценка устойчивости результатов моделирования.
16. Функциональная структурная модель и динамическая имитационная модели и их взаимосвязь.
17. Назначение языков и систем моделирования.
18. Классификация языков и систем моделирования, их основные характеристики.
19. Технологические возможности систем моделирования.
20. Развитие технологии системного моделирования.\*
21. Выбор системы моделирования.\*

### **Примерная тематика курсовых работ по дисциплине**

#### **«Имитационное моделирование»**

#### **Требования к содержанию курсового проекта**

Целью курсовой работы является разработка имитационной модели реального экономического объекта или процесса. Исходные данные к проекту представлены в виде набора заданий. По каждому заданию предусмотрены наборы исходных данных.

### **Содержание и оформление курсовой работы**

#### **Содержание курсовой работы:**

1. Введение.

Формулируется цель и задача использования метода имитационного моделирования, сравнительный анализ метода и описание существующих программных средств моделирования.



## 2. Постановка задачи.

Точное определение проблемы и детальная формулировка целей исследования.

## 3. Описание метода решения.

Выбор методологического подхода моделирования и его описание

4. Разработка модели: логико-математическое описание моделируемой системы в соответствии с формулировкой задачи:

а) разработка упрощенной схемы объекта моделирования:

-определить структуру системы, выявить правила ее функционирования и выделить в них самое существенное, исключив ненужные детали.

-перечислить принятые упрощения и допущения и обосновать их применимость для адекватного описания моделируемого объекта.

б) временная диаграмма работы объекта моделирования:

- выделить основные процессы системы, их взаимосвязи и иллюстрировать изменение состояния этих процессов в едином времени.

в) блок схемы программных блоков и основной программы:

-описать представление входных данных, составить схемы алгоритмов решения подзадачи всей задачи в целом с использованием типовых символов (блоков), описать представление выходных данных;

-описать обозначения, используемые в схеме алгоритма.

## 5. Перевод модели на язык программирования:

-выбор языка программирования,

-перевод алгоритма на язык программирования;

-описание новых обозначений, используемых в тексте программы.

## 6. Верификация модели:

- установление правильности машинных программ путем ручной проверки вычислений или статистическими методами.

7. Оценка требуемой точности и соответствия имитационной модели реальной системе (Валидация).

Валидация модели обычно выполняется на различных уровнях. Мы рекомендуем выполнять валидацию на уровне входных данных, элементов модели, подсистем и их взаимосвязей. В имитационных моделях существует соответствие между элементами модели и элементами реальной системы, поэтому проверка адекватности разработанной модели включает сравнение ее структуры со структурой системы, а также сравнение того, как реализованы элементарные функции и решения в модели и системе.

Специальные методы валидации включают установление адекватности путем использования постоянных значений всех параметров имитационной модели или путем оценивания чувствительности выходов к изменению значений входных данных.

8. Получение результатов вычислительных экспериментов: результаты прогона имитационной модели на ЭВМ для получения требуемой информации.

9. Анализ результатов: изучение результатов имитационного эксперимента для подготовки выводов и рекомендаций по решению задачи.

### **Требования по оформлению курсовой работы:**

1. Выполняются нормативные требования к курсовым работам [9].

2. Текст оформляется в редакторе Word.

3. При защите должны быть представлены электронный вариант работы с текстами программ и отчета курсовой работы.

## Примерные задания курсовых работ

### Задание 1

Изделия обрабатываются на сборочной линии, имеющей четыре рабочих места, причем время обработки изделия на каждом из них распределено экспоненциально с математическим ожиданием 15. Изделия движутся от 1-го рабочего места через 2-е и 3-е - к 4-му. Очередное изделие поступает на 1-е рабочее место через каждые 20 единиц времени. Если обработка изделия на каком-либо рабочем месте не завершена в течение 20 единиц времени изделие направляется на одно из двух вспомогательных рабочих мест, расположенных вне сборочной линии. Здесь осуществляется полная доработка изделия. К оставшемуся времени выполнения незаконченной операции при этом добавляется 1 единица времени. Время выполнения каждой последующей незаконченной операции на вспомогательных рабочих местах распределено экспоненциально с математическим ожиданием 21. Перед каждым рабочим местом имеется одно место для хранения одного изделия. Перед вспомогательными рабочими местами допускаются бесконечные очереди изделий. Из очереди изделия поступают на рабочие места в порядке поступления. Построить **имитационную** модель на языке Си с целью получения статистических характеристик загрузки всех обслуживающих устройств и доли изделий, снятых с линии на каждой из операций.

### Задание 2

В банке для **автомобилистов** с одним кассиром есть место для размещения 5 автомобилей. Если **клиент** приезжает в тот момент, когда нет свободного места, он уходит и не возвращается. **Интервалы** между **прибытиями** клиентов распределены экспоненциально с математическим ожиданием 10. Время обслуживания клиента кассиром распределено равномерно на интервале от 6 до 12. Время, необходимое клиенту на то, чтобы встать в очередь, предполагается пренебрежимо малым. Сначала в очереди нет ни одного клиента, а кассир **свободен**. В приведенной модели банка автомобили отъезжают от кассира и попадают на улицу. Интервал **времени**, необходимый автомобилю на поиск промежутка в потоке автомобилей **для** выезда на улицу, распределен **экспоненциально** с математическим ожиданием 3. Зона парковки спланирована таким образом, что возможности выезда на улицу могут ожидать **одновременно** не более 5 машин. Для данного примера построить **имитационную** модель на языке Си, в которой **вычислялись** бы статистические оценки времени ожидания клиентов в очереди, времени пребывания **клиентов** в системе и времени между отказами в обслуживании.

### Задание 3

Мастерская по ремонту машин состоит из цеха ремонта, в который поступают и ремонтируются узлы, и цеха контроля, в котором отремонтированные узлы проверяются и выпускаются из мастерской или направляются на доработку. В цехе ремонта имеются три одинаковых (параллельных) рабочих места, а в цехе контроля находится один контролер. Узлы попадают в систему через экспоненциально распределенные интервалы времени с математическим ожиданием 10,25 единицы времени. Время ремонта распределено равномерно на интервале от 0 до 48. Время контроля распределено логнормально с математическим ожиданием и среднеквадратичным отклонением 1,5.

В цехе ремонта в первую очередь обслуживаются узлы с наименьшим временем ремонта. Очередь отремонтированных узлов к контролеру упорядочена по правилу FIFO. Проверка узла занимает 6 единиц времени. После проверки узел отправляется на доработку с вероятностью  $p^n$ , где  $p = 0,15$ , а  $n$  - число раз, которое узел направлялся на доработку. Направленные на доработку узлы становятся в очередь к цеху ремонта. Задаются следующие начальные условия:

1. Два рабочих места в цехе ремонта заняты на обслуживании, которое закончат

через 1,0 и 1,5 единицы времени соответственно.

2. Первое поступление узла произойдет в нулевой момент времени.
3. Контролер свободен.

Проимитируйте работу мастерской в течение 2000 единиц времени для получения оценок следующих величин:

1. Загрузка обслуживающих устройств.
2. Математическое ожидание, среднеквадратичное отклонение и гистограмма общего времени ожидания ремонтируемых узлов,
3. Математическое ожидание, среднеквадратичное отклонение и гистограмма общего времени, проведенного каждым узлом в системе.
4. Среднее число узлов в системе.
5. Математическое ожидание, среднеквадратичное отклонение и гистограмма качества циклов ремонта каждого узла.

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**  
**Рекомендуемая литература и источники информации**

№ п/п	Виды занятия	Необходимая учебная, учебно-методическая (основная и дополнительная) литература, программное обеспечение и Интернет ресурсы	Автор(ы)	Издательство, год издания	Количество изданий	
					в библиотеке	на кафедре
1	2	3	4	5	6	7
<b>ОСНОВНАЯ</b>						
1.	Лк, лб, ср	Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учеб. пособие.	Сидняев Н. И.	М.: Юрайт, 2011	1	-
2.	Лк, лб, ср	Имитационное моделирование экономических процессов в среде Agena: учеб.	Гусева Е.Н.	М.:Изд-во "Издательство "ФЛИНТА", 2011, 132с. (e.lanbook.com).		
3.	Лк, лб, ср	Имитационное моделирование экономических процессов: Учеб.	Емельянов А.А., Власова Е.А., Дума Р.В.	М.: "Финансы и статистика",2010, 416с.		
4.	Лк, лб, ср	Основы теории вероятностей и математической статистики: учебник.	Балдин К.В.	М.: Флинта: НОУ ВО «МПСИ», 2010, 488с., (e.lanbook.com)		
5.	Лк, лб, ср	Теория вероятностей и математическая статистика: учебник.	Климов Г.П.	М.: МГУ, 2011, 368 с. (ibooks.ru)		
<b>ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ</b>						
6.	Лк, лб, ср	Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб.	Умалатов С.Д., Расулов А.Г.	Махачкала: ДГТУ, 2013, 88 с.	9	1
7.	Лк, лб, ср	Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб.	Абилова Ф.В., Абилов М.В.	Махачкала: ДГТУ, 2013, 92 с.	7	1
8.	Лк, лб, ср	Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб.	Нурмагомедов А.М., Джамалудинова З.М., Асадулаева Т.Г.	Махачкала: ДГТУ, 2010, 36 с.	10	1
9.	Лк, лб, ср	Курс лекций по дисц. "Теория вероятностей и математическая статистика": для студ. направл. подготовки бакалавров "Информатика и вычислительная техника" и "Программная инженерия	Умалатов С.Д., Расулов А.Г.	ФГБОУ ВО "ДГТУ", Каф. Высшей математики-Махачкала: ДГТУ, 2013	9	1

№ п/п	Виды занятия	Необходимая учебная, учебно-методическая (основная и дополнительная) литература, программное обеспечение и Интернет ресурсы	Автор(ы)	Издательство, год издания	Количество изданий	
					в библиотеке	на кафедре
10.	Лк, лб, ср	Курс лекций по дисц. "Теория вероятностей и математическая статистика": курс лекций для студ. направл. подгот. бакалавров "Экономика"	Абилова Ф.В, Абилов М.В.	ФГБОУ ВО "ДГТУ", Каф. ВМ. Ч.1; [Per. 294]. - Махачкала: ДГТУ, 2013	7	1
11.	Лк, лб, ср	Курс лекций по дисц. "Теория вероятностей и математическая статистика": курс лекций для студ. направл. подгот. бакалавров "Экономика"	Абилова Ф.В, Абилов М.В.	ФГБОУ ВО "ДГТУ", Каф. ВМ. Ч.2; [Per. 294]. - Махачкала: ДГТУ, 2013	9	1
<b>ЭЛЕКТРОННЫЕ ИЗДАНИЯ</b>						
12.		Имитационное моделирование	В.П. Строгалева, И.О. Толкачева	— Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. — 295 с.	ЭБС «Лань» : <a href="https://e.lanbook.com/book/106283">https://e.lanbook.com/book/106283</a>	
13.		Имитационное моделирование : учебно-методическое пособие.	Алябьева, Е.В.	— Барнаул : АлтГПУ, 2016. — 48 с.	ЭБС «Лань» : <a href="https://e.lanbook.com/book/112166">https://e.lanbook.com/book/112166</a>	
14.		Имитационное моделирование : учебное пособие	Пимонов, А.Г.	— Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2015. — 139 с.	«Лань» : [сайт]. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/69500">https://e.lanbook.com/book/69500</a>	

Зав. библиотекой \_\_\_\_\_

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс, локальная сеть с доступом в Интернет, проектор.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ООП ВО по направлению профилю подготовки 01.03.02 - Прикладная математика и информатика, «Системное программирование и компьютерные технологии».

Рецензент от выпускающей кафедры по направлению 01.03.02 - Прикладная математика и информатика

  
Подпись,

Мирземагомедова М.М.  
ФИО



