

УДК 004.431(075)

ББК 32.973(Я73)

Л639

*Печатается по решению кафедры систем автоматизированного проектирования Института компьютерных технологий и информационной безопасности Южного федерального университета (протокол №6 от 13 января 2017 г.)*

**Рецензенты:**

зав. кафедрой математики и информатики Таганрогского института  
управления и экономики, доктор технических наук,  
профессор *В. П. Карелин*

зав. кафедрой систем автоматизированного управления Института радио-  
технических систем и управления ЮФУ, доктор технических наук,  
профессор *В. И. Финаев*

**Лисяк, Н. К.**

Л639 Моделирование систем. Часть 1 : учебное пособие / Н. К. Лисяк,  
В. В. Лисяк ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ;  
Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. –  
106 с.

ISBN 978-5-9275-2503-4

Часть 1. – 106 с.

ISBN 978-5-9275-2504-1 (Ч.1)

Приводятся основы теории моделирования, рассматриваются подходы к моделированию процессов и явлений, даются определения базовых понятий имитационного моделирования. Рассматривается математический аппарат формализации процессов и переход от концептуальной модели системы к формальной, приводится методология статистического моделирования систем и обсуждается интерпретация результатов моделирования исследуемой системы.

Учебное пособие написано для студентов, обучающихся по программе подготовки бакалавров направления «Информационные системы и технологии».

УДК 004.431(075)

ББК 32.973(Я73)

ISBN 978-5-9275-2504-1 (Ч.1)

ISBN 978-5-9275-2503-4

© Южный федеральный университет, 2017

© Лисяк Н. К., Лисяк В. В., 2017

© Оформление. Макет. Издательство

Южного федерального университета, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ.....</b>	<b>3</b>
<b>1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ.....</b>	<b>5</b>
1.1. Понятие системы. Состав системы.....	5
1.2. Свойства систем.....	6
1.3. Понятие модели, типы и назначения моделей.....	8
1.4. Задачи, цели и аспекты моделирования систем.....	9
1.5. Основные принципы моделирования.....	10
1.6. Свойства моделей и их классификация по способу реализации.....	11
1.7. Системный подход в моделировании.....	13
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	<i>14</i>
<b>2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....</b>	<b>15</b>
2.1. Задачи математического моделирования.....	15
2.2. Виды математических моделей.....	15
2.3. Классификация моделей по наличию и характеру движения.....	17
2.4. Составляющие математических моделей.....	19
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	<i>21</i>
<b>3. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....</b>	<b>22</b>
3.1. Функции и направления компьютерного моделирования.....	22
3.2. Системы компьютерного моделирования.....	23
3.3. Этапы компьютерного моделирования.....	24
3.3.1. Постановка задачи и построение концептуальной модели.....	25
3.3.2. Формализация модели и выбор метода решения задачи.....	27
3.3.3. Программная реализация моделирования.....	29
3.3.4. Организация эксперимента с учётом случайных факторов.....	30
3.3.5. Планирование имитационного программного эксперимента.....	32
3.3.6. Анализ качества моделирования.....	35
3.3.7. Корректировка модели.....	38
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	<i>39</i>
<b>4. ТЕХНОЛОГИИ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....</b>	<b>40</b>
4.1. Метод статистического моделирования.....	40
4.2. Особенности формализации концептуальной модели.....	41
4.3. Механизмы представления поведения системы.....	41
4.4. Механизмы задания модельного времени.....	43
4.5. Представление случайных факторов в имитационной модели.....	44

4.6. Вероятностные характеристики случайных величин.....	46
4.6.1. Распределения вероятностей значений случайной величины.....	46
4.6.2. Функции распределения случайной величины.....	47
4.6.3. Числовые характеристики случайных величин.....	49
4.6.4. Равномерный закон распределения.....	50
4.6.5. Нормальный закон распределения (закон Гаусса).....	52
4.6.6. Экспоненциальный закон распределения.....	54
4.7. Функциональное преобразование случайной величины.....	54
4.8. Генераторы случайных чисел.....	55
4.8.1. Способы имитации случайных чисел.....	55
4.8.2. Качество программных генераторов случайных чисел.....	57
4.9. Алгоритмы программной имитации случайных событий.....	59
4.10. Программная имитация дискретных случайных величин с заданным законом распределения.....	60
4.10.1. Распределение Бернулли.....	61
4.10.2. Биномиальное распределение.....	62
4.10.3. Распределение Пуассона.....	63
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	65
<b>5. ИМИТАЦИЯ НЕПРЕРЫВНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН С ЗАДАНЫМ ЗАКОНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ.....</b>	66
5.1. Метод обратной функции.....	66
5.2. Метод ступенчатой аппроксимации.....	68
5.3. Метод композиции.....	69
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	71
<b>6. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....</b>	72
6.1. Статистические оценки вероятностных характеристик случайных величин.....	72
6.2. Объем выборки и точность оценок вероятностных характеристик.....	74
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	77
<b>7. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ.....</b>	78
7.1. Потоки событий.....	78
7.2. Простейший поток событий.....	79
7.3. Общая характеристика СМО.....	80

7.4. Элементарный акт обслуживания заявки.....	82
7.5. Структуры и виды СМО.....	83
7.6. Описание функционирования СМО.....	85
7.7. Обозначения и классификация СМО.....	86
7.8. Эффективности и характеристики СМО.....	87
7.9. Общие принципы моделирования СМО.....	88
7.9.1. Моделирование СМО методом статистических испытаний.	88
7.9.2. Генерация входных потоков.....	89
7.9.3. Модель функционирования элементарных СМО.....	90
7.9.4. Модель СМО с ожиданием.....	91
7.9.5. Модель СМО без ожидания.....	92
7.9.6. Блочный принцип построения модели системы.....	93
7.9.7. Особенности моделирования СМО.....	94
<b>Вопросы для самоконтроля.....</b>	<b>97</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>99</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>101</b>