

**В.М. ГРАДОВ, Г.В. ОВЕЧКИН,
П.В. ОВЕЧКИН, И.В. РУДАКОВ**

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УЧЕБНИК

*Рекомендовано
Научно-методическим советом «РГРТУ»
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки 02.03.03 —
математическое обеспечение и администрирование
информационных систем
(квалификация «бакалавр»)*

Москва
КУРС
ИНФРА-М
2017

УДК 004.94(075.8)

ББК 32.973.2я73

Г75

ФЗ
№ 436-ФЗ

Издание не подлежит маркировке
в соответствии с п. 1 ч. 2 ст. 1

Рецензенты:

В.В. Золотарев — доктор технических наук, профессор Института космических исследований РАН.

А.Н. Пылькин — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной и прикладной математики ФГБОУ ВПО «Рязанского государственного радиотехнического университета».

Г75 **Градов В.М., Овечкин Г.В., Овечкин П.В., Рудаков И.В.**
Компьютерное моделирование: Учебник/ В.М. Градов, Г.В. Овечкин, П.В. Овечкин, И.В. Рудаков — М.:КУРС: ИНФРА-М, 2017. — 264 с.

ISBN 978-5-906818-79-9 (КУРС)

ISBN 978-5-16-012263-2 (ИНФРА-М, print)

ISBN 978-5-16-105145-0 (ИНФРА-М, online)

Рассматриваются теория и практика построения компьютерных моделей. Подробно изложены вопросы построения генераторов случайных величин с заданными законами распределения, приведены рекомендации и методики проверки их качества. На конкретных примерах показаны основные приемы моделирования с помощью метода статистических испытаний. Подробно изложены вопросы моделирования систем массового обслуживания. Рассмотрены основы стратегического и тактического планирования машинного эксперимента. Представлены основы построения моделей с помощью инструментальных средств моделирования Pilgrim.

В части описания методов и технологий численного моделирования дается материал, составляющий ядро вычислительных средств математического эксперимента, касающийся аппроксимации функций (включая линейную, нелинейную и многомерную интерполяции, наилучшее среднеквадратичное приближение), определения интегралов функций одной и многих переменных, построения и алгоритмизации математических моделей, описываемых дифференциальными уравнениями в частных производных.

Учебник подготовлен для студентов учреждений высшего профессионального образования по направлению подготовки 02.03.03 — Математическое обеспечение и администрирование информационных систем (квалификация «бакалавр») и полностью соответствует Федеральному Государственному образовательному стандарту по данному направлению.

УДК 004.94(075.8)

ББК 32.973.2я73

Электронно-
Библиотечная
Система
znanium.com

ISBN 978-5-906818-79-9 (КУРС)

ISBN 978-5-16-012263-2 (ИНФРА-М, print)

ISBN 978-5-16-105145-0 (ИНФРА-М, online)

© Градов В.М., Овечкин Г.В.,
Овечкин П.В., Рудаков И.В., 2016
© КУРС, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	5
1.1. Понятие модели и моделирования	5
1.2. Классификация видов моделирования	6
1.3. Имитационное моделирование	8
1.4. Основные этапы создания и использования компьютерных моделей	11
1.5. Системный подход к проектированию сложных систем	13
1.6. Блочнo-иерархический подход к моделированию сложных систем	14
1.7. Декомпозиция сложных систем	17
1.8. Методы формализации сложных систем	20
Контрольные вопросы	25
Глава 2. ПРОГРАММИРОВАНИЕ БАЗОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ	26
2.1. Общие сведения	26
2.2. Арифметические генераторы случайных чисел	28
2.2.1. Конгруэнтный (линейный) метод	29
2.2.2. Комбинации генераторов случайных чисел	34
2.2.3. Арифметические процедуры	37
2.2.4. Алгоритмы на основе нелинейных формул	37
Контрольные вопросы	39
Глава 3. МЕТОДЫ ПРОВЕРКИ ГЕНЕРАТОРОВ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ	40
3.1. Гистограмма частот равновероятного распределения	40
3.2. Статистическая функция распределения	42
3.3. Статистические оценки параметров распределения	42
3.4. Распределение на плоскости	47
3.5. Критерий χ^2 Пирсона	48
3.6. Критерий Колмогорова	52
3.7. Критерий серий	54
3.8. Проверка равномерности по косвенным признакам	58

3.9.	Комбинаторные тесты	60
3.9.1.	Покер-тест	60
3.9.2.	Критерий коллекционера	62
	Контрольные вопросы	63
Глава 4.	МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН С ЗАДАННЫМ ЗАКОНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ	65
4.1.	Метод обратных функций	65
4.2.	Метод кусочно-линейной аппроксимации	68
4.3.	Моделирование случайной величины по эмпирическим данным	71
4.4.	Метод отбора	74
4.5.	Генерация нормально распределенных случайных величин	76
4.5.1.	Метод аппроксимации	78
4.5.2.	Использование центральной предельной теоремы	79
4.5.3.	Метод Бокса и Маллера	81
4.5.4.	Метод Марсалы и Брея	82
4.6.	Генерация случайных величин со специальными законами распределения	84
4.6.1.	Моделирование экспоненциального распределения	84
4.6.2.	Моделирование бета-распределения	84
4.6.3.	Моделирование гамма-распределения	87
4.6.4.	Моделирование логарифмически-нормального закона распределения	89
4.6.5.	Моделирование распределения Вейбулла	91
	Контрольные вопросы	93
Глава 5.	МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСКРЕТНЫХ СОБЫТИЙ И РАСПРЕДЕЛЕНИЙ	94
5.1.	Моделирование произвольного дискретного распределения	94
5.2.	Моделирование распределения Бернулли	96
5.3.	Моделирование биномиального распределения	97
5.4.	Моделирование случайной величины с геометрическим распределением	99
5.5.	Моделирование распределения Пуассона	101
5.6.	Моделирование простого события	102
5.7.	Моделирование полной группы несовместных событий	104
5.8.	Моделирование сложных событий	106
	Контрольные вопросы	108