

ББК 22.19:32.973.2-018

П124

УДК 681.3.06

**ПАВЛОВСКИЙ Ю. Н., БЕЛОТЕЛОВ Н. В., БРОДСКИЙ Ю. И. Компьютерное моделирование.** Учеб. пособие для вузов. — М.: Физматкнига, 2014. — 304 с. ISBN 978-5-89155-247-0.

Рассматривается круг вопросов, связанных с созданием и исследованием имитационных моделей широкого класса сложных социально-экономических и организационно-технических систем. Обсуждаются базовые теоретические положения имитационного моделирования и приводятся основные математические сведения, необходимые для построения имитационных моделей. Проводится обзор современных инструментальных средств для создания имитационных моделей. В книге подробно описываются несколько имитационных моделей сложных систем, в разное время разработанных авторами.

В учебное пособие включен ряд исследований, над которыми авторы работали в последние годы: глава, посвященная синтезу моделей сложных многокомпонентных систем и глава, посвященная сочетанию методов математического и гуманитарного анализа при изучении и моделировании сложных процессов.

Учебное пособие может быть полезно студентам технических вузов и университетов, изучающим имитационное, компьютерное и математическое моделирование, а также студентам, аспирантам и специалистам, интересующимся созданием имитационных моделей сложных систем.

Интернет-магазин специализированной литературы [www.fizmatkniga.ru](http://www.fizmatkniga.ru)

ISBN 978-5-89155-247-0



9 785891 552470



МОСКВА

ФИЗМАТКНИГА

© Физматкнига, 2014

© Павловский Ю. Н., Белотелов Н. В., Бродский Ю. И., 2014

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	<b>5</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>7</b>
<b>ГЛАВА 1</b>	
<b>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ, КОМПЬЮТЕРНОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ</b> .....	<b>11</b>
1.1. Математическое моделирование .....	11
1.2. Компьютерное и имитационное моделирование .....	14
1.3. Технология компьютерного и имитационного моделирования .....	20
1.4. Характерные параметры, определяющие явление .....	25
1.5. Измерение реальных характеристик .....	26
1.6. Аналитическое и численное решение моделей .....	27
1.7. Проблема вычисления начальных значений внутренних характеристик .....	34
1.8. Наблюдаемость, реализация, декомпозиция динамических систем .....	36
1.9. Непрерывные и дискретные системы .....	42
<b>ГЛАВА 2</b>	
<b>ПРИМЕРЫ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ</b> .....	<b>50</b>
2.1. Модель эволюции возрастной и половой структуры населения в регионе .....	50
2.2. Компьютерная модель эволюции возрастной структуры технических систем .....	64
<b>ГЛАВА 3</b>	
<b>СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ</b> .....	<b>76</b>
3.1. Концепция моделирования Форрестера .....	76
3.2. Введение в модель «Мировая динамика» Форрестера .....	81
3.3. Модель «Мировая динамика» Форрестера .....	85
3.4. Некоторые результаты исследования модели «мировая динамика» .....	93
<b>ГЛАВА 4</b>	
<b>ИМИТАЦИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ</b> .....	<b>101</b>
4.1. Случайные и детерминированные процессы .....	101
4.2. Случайные величины и их характеристики .....	102
4.3. Случайные процессы .....	105
4.4. Марковские случайные процессы .....	106
4.5. Имитация случайных процессов .....	108
4.6. Теория массового обслуживания .....	108

## ГЛАВА 5

**«АТОМИСТИЧЕСКОЕ» МОДЕЛИРОВАНИЕ ..... 115**

- 5.1. Клеточные автоматы ..... 117  
 5.2. Модельный синтез и модельно-ориентированное программирование.... 125

## ГЛАВА 6

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ИМИТАЦИОННОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ ..... 183**

- 6.1. Обзор инструментальных средств ..... 183  
 6.2. Перспективы развития инструментальных систем имитационного  
 моделирования ..... 209

## ГЛАВА 7

**ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ИНТЕРАКТИВНЫЕ  
СИСТЕМЫ ..... 213**

- 7.1. Экспертные системы ..... 213  
 7.2. Оптимизационные системы ..... 217  
 7.3. Имитационные системы ..... 222

## ГЛАВА 8

**ТЕХНОЛОГИЯ МГ ..... 229**

- 8.1. Определение технологии МГ ..... 229  
 8.2. Имитационная модель экономической динамики древнегреческих  
 полисов в период Пелопонесской войны ..... 231  
 8.3. Имитационная модель развития взаимоотношений в системе  
 государств ..... 246  
 8.4. Компьютерная (имитационная) модель экологических,  
 демографических, экономических процессов, ориентированная  
 на обеспечение устойчивого развития мирового сообщества ..... 252

**ЛИТЕРАТУРА ..... 299**

- 3.1. Компьютерная модель развития Форестера ..... 81  
 3.2. Введение в модель «Мировая динамика» Форестера ..... 81  
 3.3. Модель «Мировая динамика» Форестера ..... 85  
 3.4. Некоторые результаты исследования модели «Мировая динамика» ..... 89

## ГЛАВА 4

## ИМИТАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

- 4.1. Случайные и детерминированные процессы ..... 101  
 4.2. Случайные величины и их характеристики ..... 102  
 4.3. Случайные процессы ..... 105  
 4.4. Марковские случайные процессы ..... 108  
 4.5. Линейные случайные процессы ..... 108  
 4.6. Теория массового обслуживания ..... 109

Интернет-магазин литературы по физике и математике

[www.fizmatkniga.ru](http://www.fizmatkniga.ru)

---

Учебное издание

*Павловский Юрий Николаевич,  
Белотелов Николай Вадимович,  
Бродский Юрий Игоревич*

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Набор и верстка выполнены в издательстве «Физматкнига»

Операторы верстки *А. К. Розанов, К. В. Чувиллин*  
Художник *А. И. Ажевский*

Издательство «Физматкнига».

141701, Московская область, г. Долгопрудный, ул. Академика Лаврентьева, д. 8.  
Адрес для почты: 141701, Московская область, г. Долгопрудный-1, а/я 176.  
Тел. (495) 971-26-04.

Подписано в печать 01.12.2014. Формат 60×88/16. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 19,6. Уч.-изд. л. 19,5. Тираж 1000 экз. Заказ №180

Отпечатано в ППП «Типография «Наука».  
121099, Москва, Шубинский пер., 6