

УДК 519.23/.24(075.8)

ББК 22.17

С50

Рецензенты: заслуженный работник высшей школы, заслуженный профессор ТПУ, доктор техн. наук, профессор *В. К. Кулешов*; доктор техн. наук, профессор *Ю. М. Федорчук*

**Смирнов Г.В.**

**С50** Моделирование и оптимизация объектов и процессов. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2019. – 176 с.: ил.

**ISBN 978-5-9912-0772-0.**

Рассмотрены основные методы статистической обработки результатов измерений и моделирования, дополненные оригинальными примерами, полученными в результате собственных исследований автора. Представлен необходимый теоретический материал, приведены примеры выполнения практических заданий и даны варианты заданий для контрольных работ.

Для студентов, обучающихся по направлениям 27.03.04 и 27.04.04 – «Управление в технических системах» (квалификации «бакалавр» и «магистр»), будет полезно для студентов других направлений, аспирантов и преподавателей различных дисциплин, связанных моделированием.

ББК 22.17

Учебное издание

Смирнов Геннадий Васильевич

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ

Учебное пособие для вузов

Тиражирование книги начато в 2018 г.

*Все права защищены.*

*Любая часть этого издания не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения правообладателя*

© ООО «Научно-техническое издательство «Горячая линия – Телеком»

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

© Г. В. Смирнов

## Оглавление

<b>1. ВВЕДЕНИЕ</b>	3
1.1. Объект исследования и его свойства	3
1.2. Классификация факторов и параметров, влияющих на ход технологического процесса	6
<b>2. МОДЕЛИРОВАНИЕ</b>	11
2.1. Модели, их классификация	11
2.2. Построение моделей	12
2.3. Физическая и математическая модели машины	13
2.4. Решение и анализ математической модели динамической системы	15
<b>3. ПОДОБИЕ СИСТЕМ</b>	22
3.1. Некоторые определения и пояснения	22
3.2. Типы моделирующих систем	26
3.3. Теоремы подобия	27
3.4. Критерии подобия. Перерасчет результатов модельных испытаний на натуру	30
3.5. $\pi$ -теорема и ее следствия	31
3.6. Определение критериев подобия с использованием теории размерностей	32
3.7. Определение критериев подобия из уравнений процесса	36
<b>4. ОЦЕНКА НЕИЗВЕСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ</b>	39
4.1. Основные понятия и определения	39
4.2. Основные выборочные характеристики	41
4.2.1. Построение таблиц распределений	41
4.2.2. Связь между функцией распределения и гистограммой	45
4.3. Метод моментов	47
4.4. Точечные оценки параметров	53
4.5. Интервальные оценки параметров	55
4.6. Точные доверительные интервалы для параметров нормального закона	56
4.7. Обработка результатов измерений (две основные задачи теория ошибок)	57
<b>5. ПРОВЕРКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ</b>	59
5.1. Понятия критерия и правило проверки гипотез	59

5.2. Правило наилучшего выбора критической области . . . .	61
5.3. Проверка стандартных гипотез . . . . .	63
<b>6. МОДЕЛИ I ТИПА . . . . .</b>	<b>66</b>
6.1. Определение пассивного и активного эксперимента . . . .	66
6.2. Метод наименьших квадратов . . . . .	69
6.3. Методы регрессивного и корреляционного анализа . . . .	70
6.4. Линейная регрессия от одного параметра . . . . .	71
6.5. Параболическая регрессия . . . . .	76
6.6. Трансцендентная регрессия . . . . .	78
6.7. Использование трансцендентной регрессии для модели- рования проходного изолятора и определения оптималь- ного числа секций в нем . . . . .	79
<b>7. КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ . . . . .</b>	<b>90</b>
7.1. Оценка тесноты нелинейной связи . . . . .	90
7.2. Метод множественной корреляции . . . . .	90
7.3. Получение уравнений множественной регрессии методом Брандона . . . . .	93
<b>8. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ . . . . .</b>	<b>96</b>
8.1. Информационная матрица . . . . .	100
<b>9. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕ- РИМЕНТА . . . . .</b>	<b>103</b>
9.1. Сопоставление возможностей пассивного и активного экспериментов . . . . .	103
9.2. Однофакторный и многофакторный эксперимент, пре- имущества последнего . . . . .	105
9.3. Критерии оптимальности планов . . . . .	109
9.4. Линейные модели 1-го порядка. Полный факторный эксперимент типа $2^m$ . . . . .	112
9.5. Линейные модели 2-го порядка . . . . .	119
9.6. Дробный факторный эксперимент . . . . .	130
<b>10. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ПОИС- КЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ . . . . .</b>	<b>134</b>
10.1. Методы оптимизации . . . . .	134
10.2. Последовательное планирование эксперимента . . . . .	144
<b>11. КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ . . . . .</b>	<b>147</b>
<b>12. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ . . . . .</b>	<b>152</b>
12.1. Практическая работа № 1 . . . . .	152
12.2. Практическая работа № 2 . . . . .	154
12.3. Практическая работа № 3 . . . . .	155

12.4. Практическая работа № 4 .....	156
12.5. Практическая работа № 5 .....	158
12.6. Практическая работа № 6 .....	160
<b>13. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ .....</b>	<b>163</b>
13.1. Лабораторная работа 1. Исследование процесса пропитки обмоточных изделий .....	163
13.2. Лабораторная работа 2. Исследование процесса пропитки обмоточных изделий в матричной форме.....	168
Приложения .....	169
Литература .....	170