

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Московский государственный университет печати имени Ивана Федорова

***П.Ф. Поташников, В.И. Искалин, А.Ф. Бенда***

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОЛИГРАФИИ**

*Учебное пособие*

Допущено УМО по образованию в области  
полиграфии и книжного дела  
для студентов вузов, обучающихся по специальности  
150601.65 — Материаловедение и технология новых материалов;  
и направлению  
150100 — Материаловедение и технология материалов

Москва  
2012

УДК 001.891.57:519.863:655-03

ББК 30.3

П 64

#### Рецензенты:

*Е.Б. Баблюк*, д.т.н., с.н.с., заведующий кафедрой Инновационных технологий и управления МГУП имени Ивана Федорова;

*В.Я. Онойко*, д.т.н., с.н.с., директор научно-внедренческого центра ООО «Эпицентр-маркет»

**Поташников П.Ф., Искалин В.И., Бенда А.Ф.**

П 64 Моделирование и оптимизация материалов и технологических процессов в полиграфии: учеб. пособие / П.Ф. Поташников, В.И. Искалин, А.Ф. Бенда; Моск. гос. ун-т печати имени Ивана Федорова. — М.: МГУП имени Ивана Федорова, 2012. — 162 с.

ISBN 978-5-8122-1184-4

В учебном пособии изложены основные теоретические подходы моделирования материалов и технологических процессов в полиграфии. Выделены основные этапы получения и обработки экспериментальных данных для формализации математического описания свойств материалов и технологических процессов. Описаны основные методы обработки многомерных массивов информации. Рассмотрены основные приемы оптимизации режимов функционирования технологических процессов и методы прогнозирования физико-химических свойств чистых веществ и их смесей.

В учебном пособии приведены также описания лабораторных работ, позволяющие студентам на практике освоить теоретическую часть курса.

Учебное пособие предназначено для обучения студентов по специальности 150601.65 — «Материаловедение и технология новых материалов» и специализации «Полиграфические материалы», а также по направлению 150100 — «Материаловедение и технология материалов» подготовки бакалавров и магистров.

Печатается в авторской редакции.

УДК 001.891.57:519.863:655-03  
ББК 30.3

ISBN 978-5-8122-1184-4

© Поташников П.Ф., Искалин В.И.,  
Бенда А.Ф., 2012

© Московский государственный  
университет печати  
имени Ивана Федорова, 2012

#### Содержание

Введение ..... 5

#### Часть 1

1. Основы моделирования материалов и технологических процессов в полиграфии ..... 7

1.1. Методы построения эмпирических статистических моделей и оценки их качества ..... 9

1.2. Методы планирования активных экспериментов ..... 11

1.2.1. Основные понятия и определения ..... 11

1.2.2. Ортогональное планирование эксперимента ..... 13

1.2.3. Планы полного факторного эксперимента (ПФЭ) и их сокращенные варианты — дробные реплики (ДФЭ) ... 15

1.2.4. Композиционные планы второго порядка ..... 18

1.3. Постановка задач оптимизации и поиск оптимальных решений ..... 20

1.3.1. Классические методы оптимизации ..... 20

1.3.2. Методы математического программирования ..... 23

1.4. Методы многомерной классификации и таксономии ..... 39

1.4.1. Методы дискриминации и преобразования признаков пространства ..... 41

1.4.2. Задачи кластерного анализа или таксономии ..... 46

1.4.3. Методы многомерной классификации ..... 49

1.5. Основные подходы к моделированию сложных химико-технологических систем ..... 53

1.5.1. Классификация ХТС по структуре [7, 12] ..... 54

1.5.2. Представление структуры ХТС в виде графа [12] ..... 56

1.5.3. Структурный анализ разомкнутой химико-технологической системы ..... 58

1.5.4. Определение последовательности решения системы уравнений математического описания РХТС ..... 61

1.5.5. Структурный анализ замкнутой ХТС (ЗХТС) [12] ... 63

## Часть 2

2. Описания лабораторных работ .....	74
Лабораторная работа № 1	
Линейная алгебра и регрессионный анализ .....	74
Лабораторная работа № 2	
Построение и анализ ПФЭ 2n .....	78
Лабораторная работа № 3	
Построение и анализ планов второго порядка .....	82
Лабораторная работа № 4	
Методы линейного программирования.	
Транспортная задача .....	86
Лабораторная работа № 5	
Методы прямой оптимизации: метод	
Гаусса-Зайделя, симплекс-метод и метод Бокса-Уилсона .....	90
Лабораторная работа № 6	
Классификация объектов в многомерном	
признаковом пространстве с использованием линейного	
решающего правила .....	96
Лабораторная работа № 7	
Структурный анализ разомкнутых химико-технологических	
систем (РХТС) .....	100
Лабораторная работа № 8	
Структурный анализ замкнутых химико-технологических	
систем (ЗХТС) .....	103
Лабораторная работа № 9	
Расчет физико-химических свойств жидкостей и газов .....	106
Библиографический список .....	117
Приложения .....	119
Приложение А .....	119
Приложение В .....	152
Приложение С .....	159

## Введение

Современный уровень развития промышленного производства, в том числе разнообразных полиграфических производств основан на самых современных достижениях науки. Для них характерны невероятная сложность систем и технологических процессов, например, таких как нанотехнологии, многомерность в описании природы явлений и процессов, сложность используемого математического аппарата. В этой связи чрезвычайно актуальным становится приобретение студентами знаний по современным методам обработки многомерной информации о веществах, технологических процессах, умение получать и использовать эту информацию. Управление сложными технологическими процессами, в том числе на полиграфических производствах, в современных условиях немыслимы без умения строить сложные математические модели процессов и реализовывать их на производстве, находить оптимальные условия их функционирования.

Настоящее учебное пособие направлено на формирование у студентов прочных представлений о современных методах математического моделирования, получения и обработки информации, нахождения оптимальных условий функционирования математических моделей сложных технологических процессов, методах организации научных исследований, методах планирования активных экспериментов. Большое внимание уделяется разнообразным приемам нахождения оптимальных режимов функционирования технологических процессов. Рассмотрены наиболее часто используемые методы нахождения экстремума сложных математических зависимостей, используемых в качестве статистических и детерминистических моделей процессов и явлений. Существенное внимание уделено современным подходам и методам априорного расчета основных физико-химических параметров индивидуальных химических соединений и их смесей.

Учебное пособие содержит две части. Первая из них посвящена изучению основных теоретических подходов математического моде-