

В. Н. Аликин,
Ю. М. Милехин,
З. П. Пак

ПОРОХА, ТОПЛИВА, ЗАРЯДЫ

Том I

МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАРЯДОВ
ТВЕРДОГО ТОПЛИВА



Москва
"Химия"
2003

В.Н. Аликин, Ю.М. Милехин, З.П. Пак

ПОРОХА, ТОПЛИВА, ЗАРЯДЫ

Том I

**Методы математического моделирования для
исследования зарядов твердого топлива**



**МОСКВА
«ХИМИЯ»
2003**

ББК 35.63
П 59
УДК 662.221:519.7

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Аликин Владимир Николаевич
Милехин Юрий Михайлович
Пак Зиновий Петрович

ПОРОХА, ТОПЛИВА, ЗАРЯДЫ. Том I. Методы математического моделирования для исследования зарядов твердого топлива.

Редактор: к.т.н. Горбань Т.В.

В.Н. Аликин, Ю.М. Милехин, З.П. Пак
Пороха, топлива, заряды. Том I. Методы математического моделирования для
исследования зарядов твердого топлива. – М.: Химия, 2003. – 216 с.: ил.

В книге рассмотрены вопросы применения методов математического моделирования для исследования конструкций зарядов твердого топлива и процессов в них. Для решения задач гидродинамики, нестационарного массопереноса и теплопроводности, прочности в статической и динамической постановках, а также оптимизации и надежности используется унифицированный аппарат – метод конечных элементов. Адекватность моделей реальным процессам устанавливается из экспериментов. Для задач газовой динамики РДТТ предпочтительно использовать методы крупных частиц и конечных разностей. Разработанные подходы позволяют оперативно устранять причины аномальных режимов работы зарядов на основе выявления дополнительных ресурсов их работоспособности и получать новые технические решения. Предназначена для научно-технических специалистов пороховой отрасли, преподавателей, студентов и аспирантов вузов химико-технологических специальностей.

Табл. 29, ил. 95, библиогр. список 82 назв.

Рецензент: академик РАН А.М. Липанов.

ISBN 5-7245-1220-3

© Химия, 2003
© ФЦ ДТ «Союз», 2003
© В.Н. Аликин, Ю.М. Милехин,
З.П. Пак, 2003

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ОГЛАВЛЕНИЕ.....	3
ОТ РЕЦЕНЗЕНТА.....	5
ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ.....	7
ВВЕДЕНИЕ.....	9
ГЛАВА I. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	13
1.1 Состояние проблемы.....	13
1.2 Выбор основного численного метода моделирования задач.....	15
1.3 Принципы разработки алгоритмов и пакетов прикладных программ моделирования конструкций зарядов и процессов в них.....	18
1.4. Построение информационно-поисковой системы для анализа причин недостаточной работоспособности зарядов.....	21
ГЛАВА II. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧ ГИДРОГАЗОДИНАМИКИ.....	28
2.1 Оценка гидрогазодинамических процессов в РДТТ методами математического моделирования.....	28
2.2 Реализация МКЭ для анализа течений на базе вариационной формулировки задачи.....	31
2.3 Исследование течений для трактовки МКЭ как метода Галеркина.....	41
2.4 Анализ полей течений топливной массы при формировании заряда.....	49
ГЛАВА III. НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ ПОЛЯ В ЗАРЯДАХ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА.....	53
3.1 Исследуемые процессы. Сравнение численных результатов с экспериментальными данными.....	53
3.2 Задачи термостатирования изделий.....	59
3.3 Расчет экстремальных температур при хранении изделий в естественных климатических условиях.....	66
3.4 Аэродинамический нагрев ракеты или снаряда в состоянии подвески под самолетом-носителем.....	70
3.5 Расчет температурных полей заряда с учетом терморазложения материала.....	73
3.6 Применения разработанного подхода для решения технологических задач.....	78

ГЛАВА IV. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДИФФУЗИИ.....	82
4.1 Существующие подходы.....	82
4.2 Процессы влагопереноса и миграции.....	85
4.3 Методы подавления диффузионных процессов.....	87
ГЛАВА V. ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА.....	92
5.1 Основные решаемые задачи.....	92
5.2 Исследование зарядов трехмерной геометрической формы на основе синтеза решений двухмерных задач.....	106
5.3 Реализация метода геометрического погружения в конечно-элементной процедуре.....	114
5.4 Выбор вариантов конструктивного оформления заряда.....	121
5.5 Методы оптимизации при исследовании зарядов.....	126
5.6 Определение равновесной температуры заряда по энергетическому критерию.....	141
5.7 Задачи термостойкости и другие.....	145
ГЛАВА VI. ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ.....	148
6.1 Особенности решения динамических задач.....	148
6.2 Задачи на собственные значения.....	151
6.3 Вариационная формулировка и исследование собственных форм и частот акустических колебаний.....	157
6.4 Вынужденные колебания.....	161
ГЛАВА VII. НОВЫЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ЗАРЯДОВ.....	166
7.1 Исследование механической надежности на основе безразмерных комплексов структурного анализа.....	166
7.2 Построение регрессионных статистических моделей, определяющих надежность параметров.....	178
7.3 Стохастический метод конечных элементов.....	183
7.4 Метод статистических испытаний для оценки параметрической надежности зарядов.....	186
7.5 Вероятностные оценки характеристик зарядов.....	191
ГЛАВА VIII. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ИЗДЕЛИЙ.....	195
8.1 Постановка задач.....	195
8.2 Исследование действия технологических нагрузок на эластичные элементы РДТТ.....	196
8.3 Оценка устойчивости работы нависающих частей заряда под действием газодинамических перепадов давления.....	200
8.4 Обеспечение эксплуатационной безопасности вкладного заряда при интенсивном динамическом воздействии.....	205
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	209
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	210