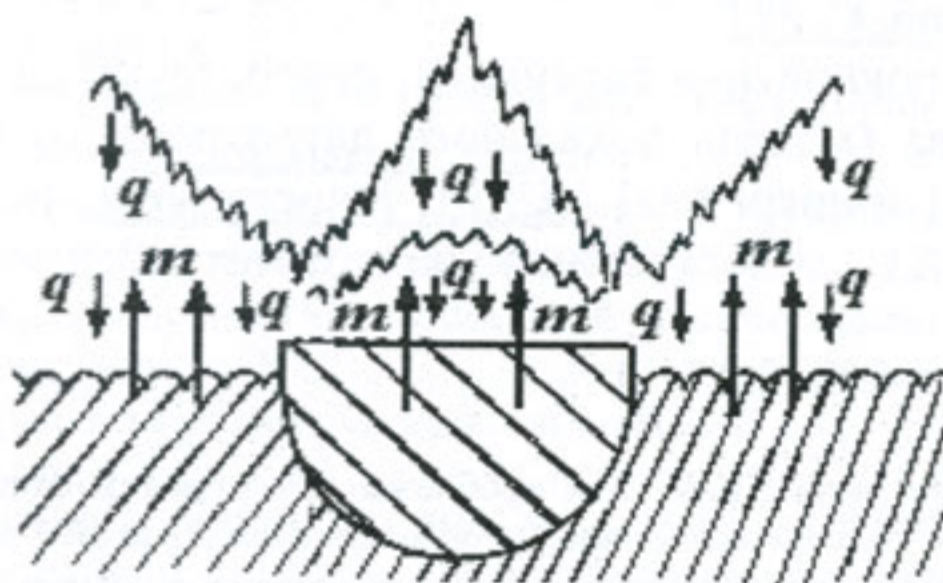


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Вятский государственный университет»

С. М. Решетников, В. М. Фролов

МАКРОКИНЕТИКА ГОРЕНИЯ И МИКРОСТРУКТУРА СМЕСЕВОГО РАКЕТНОГО ТОПЛИВА

(модель локального анизотропного распределения связующего)



Киров
2019

УДК 536.46
ББК 24.54
Р471

*Печатается по рекомендации Научного совета
Вятского государственного университета*

Рецензенты:

В. А. Лиханов, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тепловых двигателей, автомобилей и тракторов ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия»;

С. А. Плотников, доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Решетников, С. М.

Р471 Макрокинетика горения и микроструктура смесового ракетного топлива (модель локального анизотропного распределения связующего) : [монография] / **С. М. Решетников**, В. М. Фролов. – Киров : Вятский государственный университет, 2019. – 274 с.

ISBN 978-5-98228-194-4

В работе рассматриваются проблемы при моделировании процесса горения смесовых ракетных топлив. Разработан метод расчета локального анизотропного распределения связующего около зерна окислителя, указаны способы учета этого распределения при расчете параметров горения. Приведены данные экспериментального исследования термического разложения компонентов ракетного топлива.

Монография предназначена для специалистов в области горения, разработки и эксплуатации ракетных двигателей, а также для студентов и аспирантов технических вузов.

УДК 536.46
ББК 24.54

ISBN 978-5-98228-194-4

© Вятский государственный университет
(ВятГУ), 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	9
Глава 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ СМЕСЕВОГО ТВЕРДОГО ТОПЛИВА	17
1.1. Горение конденсированных веществ	17
1.2. Изотропное распределение связующего.....	25
1.3. Модели второго уровня адекватности	31
1.4. Расчет структуры смесового топлива.....	34
Глава 2. РАСЧЕТ ЛОКАЛЬНОГО АНИЗОТРОПНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВЯЗУЮЩЕГО	41
2.1. Пространственное расположение частиц окислителя.....	41
2.2. Объемное распределение компонентов смесового топлива	50
2.3. Локальное анизотропное распределение связующего по поверхности топлива	53
Глава 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФУЗИОННЫХ ПЛАМЁН.....	65
3.1. Решение задачи Бурке – Шуманна	65
3.2. Экспериментальная установка и оценка погрешности расчета диффузионных пламён.....	73
3.2.1. Экспериментальное моделирование диффузионных пламён.....	73
3.2.2. Результаты исследования пламён.....	76
3.2.3. Сравнение эксперимента с теоретическим расчетом	79
3.3. Расчет эффективных высот диффузионных пламён.....	81
3.3.1. Первый этап аппроксимации диффузионного пламени плоской моделью.....	85
3.3.2. Второй этап расчета усредненной высоты диффузионного пламени	94
Глава 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕТИКИ КОМПОНЕНТОВ СМЕСЕВЫХ ТВЕРДЫХ РАКЕТНЫХ ТОПЛИВ	103
4.1. Высокотемпературное разложение конденсированных систем.....	103
4.2. Экспериментальная установка для исследования кинетики термического разложения веществ	106
4.3. Определение давления насыщенных паров пластификаторов.....	111
4.3.1. Установка для определения давления насыщенных паров	111
4.4. Методика обработки экспериментальных данных	115
4.5. Оценка погрешности эксперимента	120
4.6. Термическое разложение окислителей смесевых твердых ракетных топлив	123
4.6.1. Перхлорат аммония.....	126
4.6.2. Нитрат аммония.....	129
4.7. Исследование окислителей	133
4.7.1. Исследование перхлората аммония	133
4.7.2. Исследование нитрата аммония	137

4.7.3. Перспективные высокоэнергетические окислители	140
4.8. Исследование горючесвязующих	143
4.8.1. Перспективные полимерные связующие.....	151
4.9. Исследование кинетики разложения охладителей	152
4.10. Давление насыщенных паров пластификаторов и бинарных смесей	157
4.10.1. Перспективные энергетические пластификаторы	159
Глава 5. ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОЦЕССУ ГОРЕНИЯ ..	161
5.1. Тепловая волна ламинарного пламени	161
5.1.1. Зона прогрева в пламени	170
5.1.2. Зона реакции в пламени	172
5.2. Нормальная скорость распространения пламени	174
5.3. Влияние инертной добавки на параметры горения	178
5.3.1. Стационарное горение топливной смеси.....	179
5.3.2. Устойчивость горения смеси	182
5.4. Влияние тепловых потерь на скорость горения.....	188
5.5. Учет процессов в конденсированной фазе	192
5.5.1. Реакционная диффузия паров окислителя.....	193
5.5.2. Разложение сферической частицы охладителя.....	197
5.5.3. Метод конечных разностей	199
5.5.4. Анализ разностных схем	201
5.5.5. Расчет теплопоглощения частицей	204
Глава 6. СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОЦЕССУ ГОРЕНИЯ	206
6.1. Модель горения топлива монодисперсного состава	206
6.2. Расчет скорости горения монодисперсного топлива.....	211
6.3. Расчет удельных тепловых эффектов.....	216
6.4. Способы усреднения расчетных величин	221
Глава 7. МОДЕЛЬ ГОРЕНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА	225
7.1. Расчет скорости горения в рамках феноменологического подхода	228
7.1.1. Алгоритм программы ФЕНОМЕН	231
7.1.2. Разложение сферической частицы оксалата аммония	235
7.2. Алгоритм расчета параметров горения STATIST.....	244
7.3. Результаты расчета скорости горения.....	249
Заключение.....	254
Список использованных источников	257
Список условных обозначений и сокращений	272