

**Н.М.Рубцов, М.И.Алымов, А.П.Калинин,
А.Н.Виноградов, А.И.Родионов, К.Я.Трошин**

**ДИСТАНЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА
НА ОСНОВЕ
ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ МЕТОДОВ**

**Издательство «КУБиК»
2019**

Рубцов Николай Михайлович д-р хим. наук, гнс, **Алымов Михаил Иванович**, профессор, чл.-корр. РАН, Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова РАН

Калинин Александр Петрович д-р физ.-мат. наук, внс, Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН

Виноградов Алексей Николаевич канд. физ.-мат. наук, начальник лаборатории ЗАО "Научно-технический центр "Реагент"

Родионов Алексей Игоревич канд. физ.-мат. наук, снс, **Кирилл Яковлевич Трошин**, д-р физ.-мат. наук, внс, Институт химической физики им. Н.Н.Семёнова РАН

The main objective of this book is to acquaint the reader with the main modern problems of the multisensor data analysis and opportunities of the hyper spectral shooting being carried out in the wide range of wavelengths from ultra-violet to the infrared range, visualization of the fast combustion processes of flame propagation and flame acceleration, the limit phenomena at flame ignition and propagation. The book can be useful to students of the high courses and scientists dealing with problems of optical spectroscopy, vizualisation, digital recognizing images and gaseous combustion.

Основная цель данной книги – ознакомить читателя с основными современными проблемами мультисенсорного анализа данных и возможностями гиперспектральной съемки, проводимой в широком диапазоне длин волн от ультрафиолетового до инфракрасного диапазона, методами визуализации быстротекущих процессов горения, распространения и ускорения пламен, предельными явлениями при воспламенении и распространении пламени. Книга может быть полезна студентам высших курсов и ученым- экспериментаторам, занимающимся проблемами оптической спектроскопии, визуализации, распознавания образов и газового горения.

**Н.М.Рубцов, М.И.Алымов, А.П.Калинин, А.Н.Виноградов,
А.И.Родионов, К.Я.Трошин**

Р82 Дистанционное исследование процессов горения и взрыва на основе оптоэлектронных методов. — Саратов: Издательство «КУ-БиК», 2019. — 288 с.

ISBN 978-5-91818-617-6

ISBN 978-5-91818-617-6

©Рубцов Н.М., 2019

117040610346-5 и АААА-А19-119010990034-5. В части применения гиперспектральных съемок и последующего анализа результатов авторы признательны Н.М. Матвеевой и А.Ю. Сазонову (ЗАО «НПЦ «Реагент») и эта работа выполнена в рамках государственного заказа АААА-А17-117021310376-4.

Исследования, описанные в Главе 8, выполнены за счет гранта Российского Научного Фонда (проект № 16-13-00013).

Книга одобрена Учёным Советом ИСМАН им. А.Г.Мержанова.

Содержание

Аннотация		2
Введение		9
Благодарности		12
Глава 1	Методы и средства дистанционной съёмки в оптическом диапазоне	15
	Выводы к Главе 1	25
	Литература к Главе 1	26
Глава 2	Оптоэлектронные приборы и методики изучения процессов горения и взрыва	27
	Выводы к Главе 2	44
	Литература к Главе 2	44
Глава 3	Исследование неустойчивостей, возникающих при распространении водородных и углеводородных пламен, методом скоростной киносъёмки	46
	§ 1. Изучение методом скоростной киносъёмки режимов распространения пламени при горении бедных водородо-воздушных смесей в присутствии добавок в условиях центрального инициирования	49
	Приложение	61
	§2. Возникновение акустической неустойчивости в водородо-воздушных смесях в замкнутом реакторе при центральном инициировании искровым разрядом	63
	§ 3. Взаимодействие сферических пламён водородо-воздушных и метано-воздушных смесей с мелкочаеистыми препятствиями при центральном инициировании искровым разрядом	72
	§4. Термическое воспламенение в газовых вихрях	82
	Выводы к Главе 3	101
	Литература к Главе 3	103
Глава 4	Установление закономерностей распространения неустойчивого фронта пламени методами оптической 4D спектроскопии и цветной скоростной киносъёмки	108
	Выводы к Главе 4	129
	Литература к Главе 4	130
Глава 5	Использование высокоскоростной оптической многомерной методики для установления особенностей воспламенения и горения смеси 40% H ₂ – воздух в присутствии металлической платины	132
	Выводы к Главе 5	155
	Литература к Главе 5	156

Глава 6	Использование 4D спектроскопии и скоростной киносъёмки для установления газодинамических и кинетических особенностей проникновения метано-кислородных пламён через препятствия	159
	§1. Газодинамические и кинетические особенности проникновения метано-кислородного пламени через одиночные отверстия и мелкочаеистые препятствия.....	160
	§ 2. Особенности проникновения пламён разбавленных смесей метана с кислородом через одиночное отверстие в плоском препятствии, диффузор, конфузор и комбинированные препятствия	170
	§ 3. Факторы, определяющие длину скачка пламени после проникновения через малое отверстие	190
	§4. Спектральные особенности излучения метано-кислородных пламён в условиях проникновения через препятствия. Возможности метода 4D спектроскопии	199
	Выводы к Главе 6	206
	Литература к Главе 6	207
Глава 7	Изучение горения смесей водород-воздух и водород-углеводород (C ₁ – C ₆)-воздух над поверхностью металлического палладия при совместном использовании гиперспектрального сенсора и скоростной цветной киносъёмки	212
	§1. Изучение горения смесей водород-воздух и водород-метан-воздух над поверхностью металлического палладия при совместном использовании гиперспектрального сенсора и скоростной цветной киносъёмки	213
	§2. Воспламенение смесей водород - углеводород (C ₁ -C ₆) – воздух над поверхностью палладия при давлениях 1+2 атм	223
	§3. Воспламенение смесей водород-кислород и водород-метан-кислород нагретыми проволочками при низком давлении	235
	Выводы к Главе 7	244
	Литература к Главе 7	245
Глава 8	Исследование горения нанопорошков и их компактированных образцов методами видимой и инфракрасной киносъёмки	251
	§1. Горение нанопорошков меди	253
	§2. Горение нанопорошков вольфрама	261
	§3. Горение компактированных образцов из нанопорошков железа	268
	Выводы к Главе 8	274
	Литература к Главе 8	275
Заключение		278