

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

П. А. Фомин, А. В. Троцок

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ
ДЕТОНАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ
В ГАЗОВЫХ СМЕСЯХ**

Новосибирск
СГУГиТ
2022

УДК 534.222.2:544.45

Ф76

Рецензенты: кандидат физико-математических наук, с. н. с. Института теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН *Д. А. Тротин*

кандидат технических наук, доцент СГУГиТ *И. Н. Карманов*

Фомин, П. А.

Ф76 Моделирование кинетики детонационных процессов в газовых смесях : монография / П. А. Фомин, А. В. Троцюк. – Новосибирск : СГУГиТ, 2022. – 206 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-907513-89-1

Монография подготовлена доктором физико-математических наук., профессором кафедры специальных устройств, инноватики и метрологии СГУГиТ, старшим научным сотрудником Института гидродинамики им. М. А. Лаврентьева (ИГиЛ) СО РАН П. А. Фоминым и кандидатом физико-математических наук, заведующим лабораторией газовой детонации ИГиЛ А. В. Троцюком. В монографии предложены обобщенные модели химической кинетики детонационного горения газовых смесей и представлены результаты численного моделирования параметров и многофронтной ячеистой структуры газовой детонации.

Физико-математическое моделирование кинетики детонационных процессов в бинарных смесях метана, гексана и керосина с водородом, представленное в первой главе монографии, выполнено за счет гранта Российского Научного Фонда № 22-29-01307, <http://rscf.ru/project/22-29-01307/>.

Монография может быть полезна специалистам в области взрыва и детонации газовых и газожидкостных систем и использоваться обучающимися по специальности 17.05.01 Боеприпасы и взрыватели (уровень специалитета).

Рекомендовано к изданию кафедрой специальных устройств, инноватики и метрологии, Ученым советом Института оптики и технологий информационной безопасности СГУГиТ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

УДК 534.222.2:544.45

ISBN 978-5-907513-89-1

© СГУГиТ, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
Глава 1. Обобщенные модели химической кинетики и химического равновесия в газовых, газожидкостных и газопылевых смесях	11
1.1. Введение.....	11
1.2. Обобщенные модели химического равновесия: газовые, газопылевые и газожидкостные смеси.....	37
1.2.1. Обобщенный расчет химического равновесия в водородо- и углеводородо-кислородных газовых смесях	42
1.2.2. Термодинамика химически равновесного газа	52
1.2.3. Характерное время восстановления химического равновесия в газовой смеси.....	62
1.2.4. Модель химического равновесия в газовой фазе газожидкостных смесей при наличии межфазного массообмена.....	63
1.2.5. Расчет параметров и структуры стационарной волны газокапельной детонации.....	68
1.2.6. Модель химического равновесия в смеси химически реагирующего газа и химически инертных микрочастиц. Качественное описание химического равновесия в смесях газа и сажи	73
1.2.7. Модель стационарной детонации в газопленочной смеси	85
1.3. Обобщенное моделирование химической кинетики горения углеводородо-кислородных газов при детонационных давлениях и температурах.....	90
1.3.1. Модель кинетики детонационного сгорания метана	90

1.3.2. Обобщенная модель кинетики горения углеводородного горючего вида C_nH_m в волне газовой детонации.....	109
1.3.3. Модели кинетики детонационного сгорания газообразных смесей нескольких водородо- и углеводородокислородных горючих.....	114
1.3.3.1. Смесь CO и H_2	114
1.3.3.2. Смеси CH_4/CO , CH_4/H_2 и $CH_4/CO/H_2$	120
1.3.3.3. Смеси C_nH_m/CO , C_nH_m/H_2 , $C_nH_m/H_2/CO$	122
1.3.3.4. Смеси двух- и более углеводородных горючих вида C_nH_m без и в присутствии CO и H_2	122
1.3.4. Модель химической кинетики горения газовой смеси, содержащей монотопливо, в детонационной волне.....	124
1.4. Заключение по первой главе.....	125
Глава 2. Численный расчет многофронтной ячеистой структуры детонационной волны в одно- и многотопливных газовых смесях	130
2.1. Введение.....	130
2.2. Численный алгоритм расчета двумерной ячеистой структуры детонационной волны.....	130
2.3. Результаты расчета параметров и двумерной структуры газовой детонации в плоском прямоугольном канале постоянного сечения.....	137
2.3.1. Расчет детонационной ячейки в водородо-кислородных смесях. Регулярная детонационная ячейка.....	137
2.3.2. Результаты моделирования ячеистой детонационной структуры в смесях метана с окислителем. Нерегулярная детонационная ячейка.....	139
2.3.3. Расчет бифуркационных детонационных структур в водородо-кислородных смесях с добавками монотоплива (перекиси водорода).....	141
2.3.4. Результаты расчета детонационной ячейки в бинарной газовой смеси синтез-газа с воздухом. Перестройка детонационной структуры от регулярной к нерегулярной.....	142

2.3.5. Расчет детонационной ячейки в плоском канале при наличии поперечного градиента химического состава.....	148
2.4. Расчет падения детонационной волны на клин. Регулярное и нерегулярное отражение ячейистой детонационной волны. Неавтомодельность ножки Маха	149
2.5. Моделирование распространения многофронтной детонационной волны в расширяющемся канале. «Размножение» детонационных ячеек.....	156
2.6. Двумерное численное исследование существования и распространения детонационной волны в потоках реагирующей газовой смеси	160
2.7. Расчет структуры вращающейся детонационной волны	173
2.8. Заключение по второй главе.....	175
Заключение.....	179
библиографический список.....	180

Научное издание

Фомин Павел Аркадьевич

Троцюк Анатолий Владиславович

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ДЕТОНАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ГАЗОВЫХ СМЕСЯХ

Издается в авторской редакции

Компьютерная верстка *О. И. Голиков*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 26.12.2022. Формат 60 × 84 1/16.

Усл. печ. л. 11,97. Тираж 500 экз. Заказ 223.

Гигиеническое заключение

№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8.