

В. И. ТАРЖАНОВ

# ДЕТОНАЦИЯ В ГАЗАХ ПРИ СМЕШЕНИИ С ПРОДУКТАМИ ГОРЕНИЯ



В. И. Таржанов

**ДЕТОНАЦИЯ В ГАЗАХ  
ПРИ СМЕШЕНИИ  
С ПРОДУКТАМИ ГОРЕНИЯ**

Издательство РФЯЦ – ВНИИТФ  
Снежинск • 2019

УДК 662.612  
Т19

**Таржанов, В. И.**  
Т19 Детонация в газах при смешении с продуктами горения. – Снежинск : Изд-во РФЯЦ – ВНИИТФ, 2019. – 184 с. : ил.  
ISBN 978-5-902278-92-4

В рамках научного направления «Безопасность техносферы» в РФЯЦ – ВНИИТФ проведены исследования ключевого явления, определяющего масштаб разрушений в промышленных авариях с газовыми выбросами, – детонации, возникающей при смешении исходных газов с продуктами их горения.

В книге представлен обзор основных экспериментальных данных по горению и детонации газов, описаны созданные установки и диагностические комплексы, экспериментально продемонстрирована спонтанная детонация в новой исследуемой субстанции – смеси пропановоздушных составов с горячими продуктами детонации. Приведены экспериментальные данные, выявляющие условия возникновения спонтанной детонации, в том числе данные крупномасштабных экспериментов. Описаны результаты математического моделирования спонтанной детонации, значимо дополняющие экспериментальный материал в части его физической трактовки.

УДК 662.612

ISBN 978-5-902278-92-4

© ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ  
им. академ. Е. И. Забабахина», 2019

## Оглавление

Список сокращений . . . . .	6
Введение . . . . .	7
<b>Глава 1. Горение и детонация газовых смесей</b>	
1.1. Горение газовых смесей . . . . .	10
1.1.1. Пределы воспламенения. Энергия зажигания . . . . .	10
1.1.2. Ламинарное горение, скорость горения . . . . .	15
1.1.3. Турбулентное горение, скорость горения . . . . .	17
1.1.4. Время индукции . . . . .	19
1.1.5. Механизм горения, продукты горения, константы реакций . . . . .	22
1.2. Детонация газовых смесей . . . . .	25
1.2.1. Параметры стационарной детонации . . . . .	25
1.2.1.1. Скорость детонационной волны . . . . .	25
1.2.1.2. Размеры детонационных ячеек . . . . .	26
1.2.2. Пределы детонации . . . . .	32
1.2.2.1. Концентрационные пределы . . . . .	32
1.2.2.2. Геометрические пределы . . . . .	37
1.2.3. Инициирование детонации . . . . .	43
1.2.3.1. Энергия инициирования . . . . .	43
1.2.3.2. Критический диаметр выхода детонации . . . . .	48
1.2.3.3. О параметре инициирования $E_c/R_c = \text{const}$ . . . . .	50
1.2.3.4. Относительная детонационная способность углеводородовоздушных смесей . . . . .	51
1.3. Спонтанная детонация в газовых смесях . . . . .	52
1.3.1. Переход горения в детонацию в трубах . . . . .	52
1.3.2. Возникновение детонации при струйном впрыске горячих продуктов горения . . . . .	55
1.3.3. Механизмы спонтанной детонации . . . . .	59
Заключение к главе 1 . . . . .	61
<b>Глава 2. Техника и методика эксперимента     в РФЯЦ – ВНИИТФ</b>	
2.1. Исследуемые газы . . . . .	65
2.2. Экспериментальные установки . . . . .	66
2.2.1. Труба спонтанной детонации . . . . .	66
2.2.2. Крупномасштабная установка моделирования промышленных аварийных пожаров и взрывов . . . . .	71
2.3. Диагностическая аппаратура . . . . .	72

<b>Глава 3. Детонационная способность пропановоздушных составов при инъекции в них горячих продуктов детонации</b>	
3.1. Постановка экспериментов . . . . .	74
3.2. Экспериментальные результаты . . . . .	77
3.3. Обсуждение результатов . . . . .	80
Выводы по главе 3 . . . . .	82
<b>Глава 4. Спонтанная детонация в пропановоздушных составах при инъекции в них горячих продуктов детонации</b>	
4.1. Постановка экспериментов . . . . .	83
4.2. Спонтанная детонация при инъекции горячих продуктов детонации через отверстия с диаметром 7 мм . . . . .	84
4.3. Спонтанная детонация при варьировании диаметра отверстий малой трубы в диапазоне 12–7 мм . . . . .	94
4.4. Критическая длина области смешения исходных реагентов с горячими продуктами детонации . . . . .	102
Заключение к главе 4 . . . . .	107
<b>Глава 5. Крупномасштабные эксперименты с модельными приземными объемами смеси пропана с воздухом при инъекции горячих продуктов детонации</b>	
5.1. Эксперимент № 1 . . . . .	110
5.2. Эксперимент № 2 . . . . .	116
5.3. Обсуждение результатов экспериментов . . . . .	121
Заклучение к главе 5 . . . . .	125
<b>Глава 6. Математическое моделирование возникновения спонтанной детонации</b>	
6.1. Численная модель процессов в установке ТСД и в крупномасштабных экспериментах . . . . .	126
6.1.1. Структура численной модели . . . . .	126
6.1.2. Термодинамический блок модели . . . . .	128
6.1.3. Газодинамический одномерный блок модели . . . . .	135
6.1.4. Двумерный блок модели . . . . .	140
6.2. Результаты моделирования процессов в экспериментальных установках . . . . .	143
6.2.1. Детонация в пропановоздушных составах при замешивании в них горячих продуктов детонации . . . . .	143



---

6.2.2. Параметры смесей исходных реагентов с горячими продуктами детонации в экспериментальных установках . . . . .	145
6.2.3. Спонтанная детонация в градиентной области смеси исходных реагентов с горячими продуктами детонации . . . . .	146
6.2.4. Инжекция горячих продуктов детонации в исходные реагенты, горение и локальный взрыв в условиях установки ТСД . . . . .	154
6.2.5. Горение и детонация в крупномасштабных экспериментах . . . . .	159
Выводы по главе 6 . . . . .	168
Заключение . . . . .	169
Литература . . . . .	171