





ВОПРОСЫ ГОРЕНИЯ  
И ДЕТОНАЦИОННЫХ ВОЛН  
ЧЕТВЕРТЫЙ СИМПОЗИУМ (МЕЖДУНАРОДНЫЙ)  
ПО ВОПРОСАМ ГОРЕНИЯ И ДЕТОНАЦИОННЫХ ВОЛН

ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО  
под общей редакцией члена-корреспондента  
Академии наук СССР *А. С. Предводителева*

ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО ОБОРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
Москва 1958

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

### 1. ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ, ВОСПЛАМЕНЕНИЕ. ЗАЖИГАНИЕ

Редактор канд. техн. наук *С. А. Гольденберг*  
(перевод *Г. И. Козлова, Л. Н. Пятницкого*)

### 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛАМИНАРНОГО ГОРЕНИЯ И ДЕТОНАЦИОННЫХ ВОЛН

Редакторы канд. физ.-мат. наук *В. А. Попов*  
и канд. физ.-мат. наук *Т. В. Баженова*  
(перевод *Г. И. Козлов, Л. Н. Пятницкого, Г. К. Соболева,*  
*Р. И. Солоухина*)

### 3. ЯЧЕИСТЫЕ ПЛАМЕНА И ВИБРАЦИОННОЕ ГОРЕНИЕ. ТУРБУЛЕНТНЫЕ ПЛАМЕНА

Редактор канд. техн. наук *Б. П. Лебедев*  
(перевод *Ю. Ф. Дитякина, В. Е. Дорошенко*)

### 4. ГАШЕНИЕ, ПРОСКОК И СРЫВ ПЛАМЕНИ. СТАБИЛИЗАЦИЯ ПЛАМЕН. ДИФФУЗИОННЫЕ ПЛАМЕНА.

Редактор канд. техн. наук *Е. С. Головина*  
(перевод *Б. Б. Смирнова, Г. К. Соболева*)

### 5. ГОРЕНИЕ КАПЕЛЬ ТОПЛИВА. ГОРЕНИЕ В РАКЕТАХ И ДВИГАТЕЛЯХ.

Редактор докт. техн. наук *А. П. Ваничев*  
(перевод *А. И. Федорова, Н. А. Аккермана*)

### ДИСКУССИЯ

Редактор канд. техн. наук *Б. П. Лебедев*  
(перевод *Ю. Ф. Дитякина*)

Книга представляет собой сборник докладов, представленных на четвертой (международной) конференции по горению. Круг вопросов, рассматриваемых в докладах, охватывает самые различные области теоретических и экспериментальных исследований процессов горения: воспламенение, зажигание, ламинарное и турбулентное распространение пламени, детонация, горение жидких топлив, а также проблемы, связанные с горением в ракетах и двигателях.

Сборник отражает уровень научных исследований в области горения, достигнутый за рубежом.

Книга может служить пособием для широких кругов научных работников, связанных с рассматриваемыми проблемами, а также для учащихся соответствующих высших учебных заведений.

Редактор **О. Н. Буракова**

Зав. редакцией инж. **А. И. Соколов**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.		Стр.
Предисловие к русскому изданию . . . . .	5	16. Э. Джоунз. Теплопередача при зажигании от нагретой проволоки . . . . .	122
Б. Льюис. Предисловие к четвертому сборнику по вопросам горения . . . . .	8	17. Д. Альтман и А. Грант. Теория зажигания твердых горючих накаливаемой проволокой . . . . .	126
<b>ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ</b>			
1. А. Эджертон. Пределы воспламенения . . . . .	11	18. Ф. Боуден. Развитие процессов горения и взрыва в жидких и твердых взрывчатых веществах . . . . .	130
2. Г. Эльбе. Проблема зажигания . . . . .	18	<b>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛАМИНАРНОГО ГОРЕНИЯ И ДЕТОНАЦИОННЫХ ВОЛН</b>	
3. Дж. Линнетт. Методы измерения скорости распространения пламени . . . . .	24	19. Т. Карман и Г. Миллан. Тепловая теория ламинарного фронта пламени у холодной стенки . . . . .	131
4. М. Герштейн. Структура ламинарных пламен	35	20. М. Рой. О структуре стационарных пламен	134
5. Г. Маркштейн. Явления неустойчивости фронта пламени . . . . .	41	21. Дж. Ричардсон. Существование и устойчивость простого одномерного стационарного фронта пламени . . . . .	137
6. Б. Карлович. Открытые турбулентные пламена . . . . .	55	22. Дж. Хиршфельдер, К. Кертисс и Д. Кэмпбелл. Теория пламени и детонации . . . . .	143
7. К. Воль. Затухание, проскок и срыв пламени. Теория и результаты опытов . . . . .	62	23. А. Гейдон и Х. Вольфгард. Механизм образования радикалов $\text{CN}$ , $\text{C}_2$ , $\text{OH}$ и $\text{HCO}$ в пламенах . . . . .	160
8. Дж. Лонгвелл. Стабилизация пламени телами плохообтекаемой формы и турбулентные пламена в каналах . . . . .	81	24. С. Пеннер. Количественное изучение по эмиссионным и абсорбционным спектрам видимых температур $\text{OH}$ , соответствующих энергии вращательного движения, при низких давлениях . . . . .	162
9. Х. Хотгель. Диффузионное горение ламинарных и турбулентных струй . . . . .	87	25. Дж. Фенн и Х. Калькот. Энергия активации в условиях горения при высоких температурах . . . . .	162
<b>ВОСПЛАМЕНЕНИЕ</b>			
10. П. Лаффитт и Р. Дельборго. Зажигание конденсированной искрой. Области воспламенения этана, пропана, n-бутана и n-пентана . . . . .	90	26. Г. Адамс и Г. Стокс. Горение гидразина . . . . .	163
11. М. Забетакис и Дж. Ричмонд. Определение и графическое представление пределов воспламенения сложных углеводородных топлив при низких температурах и давлениях . . . . .	95	27. Г. Портер. Образование углерода во фронте пламени . . . . .	167
12. Д. Симон, Ф. Беллз и А. Спаковский. Исследование областей воспламенения некоторых бедных углеводородо-воздушных смесей . . . . .	100	28. П. Ауслус и А. Ван Тиггелен. Количественное спектрографическое исследование пламен . . . . .	170
<b>ЗАЖИГАНИЕ</b>			
13. Дж. Арнольд и Р. Шербурн. Исследование зажигания и начальной стадии развития очага пламени в углеводородо-воздушных смесях . . . . .	111	29. Р. Фридман. Измерение температурного профиля в ламинарных пламенах . . . . .	175
14. Х. Олсен, Е. Гейхарт и Р. Эдмонсон. Исследование начальной стадии распространения пламени от искрового источника зажигания в водородо-воздушных и пропано-воздушных смесях . . . . .	115	30. Г. Диксон-Льюис. Распределение температуры в зоне реакции пламени . . . . .	178
15. С. Кумагаи, Т. Сакаи и И. Кимура. Влияние ультразвуковых колебаний на искровое зажигание и скорость распространения пламени . . . . .	119	31. Р. Фристром, Р. Прескотт, Р. Нейманн и В. Авери. Определение температурного профиля во фронте пламени воздушно-пропано-вых смесей . . . . .	182
		32. А. Ли и Н. Карпентер. Определение атомарного кислорода и измерение температуры в открытых пламенах . . . . .	188
84	24		665

33. М. Джильберт и Дж. Лобделл. Измерение температур разреженных пламен при помощи термометра сопротивления . . . . .	196	56. Ф. Шульц-Грунов. Законы подобия дефлации . . . . .	314
34. Дж. Бургойн и Ф. Вайнберг. Анализ плоского фронта пламени . . . . .	203	57. Ж. Фабри, Р. Зиструнк и К. Фуре. Аэродинамическое поле стабилизированных пламен . . . . .	318
35. Г. Даггер и Д. Грааб. Скорость распространения пламени углеводородо-кислородо-азотных смесей . . . . .	209	58. С. Бринкли и Дж. Ричардсон. Структура плоских детонационных волн с конечной скоростью реакции . . . . .	323
36. В. Клигман, Р. Броко и Р. Пиз. Нормальная скорость распространения пламени метано-азото-кислородных, метано-аргоно-кислородных и метано-гелио-кислородных смесей . . . . .	216	59. Т. Кихара и Т. Хикита. Уравнение состояния газов при высоких температуре и давлении и молекулярная теория детонации . . . . .	328
37. Г. Морган и В. Кан. Влияние инертных разбавителей на скорость распространения и температуру пламени . . . . .	219	60. А. Уббелоде. О возможности существования слабых детонационных волн . . . . .	334
38. А. Эджертон и Д. Сен. Распространение пламени. Влияние давления на скорость распространения плоского фронта пламени . . . . .	224	61. С. Патерсон. Контактная передача детонации . . . . .	337
39. Р. Стренлоу и Дж. Стюарт. Усовершенствованный метод мыльного пузыря для определения нормальной скорости распространения пламени . . . . .	232	62. А. Оптенгейм. Газодинамический анализ развития детонации в газе и его гидравлическая аналогия . . . . .	339
40. Г. Даггер и Д. Симон. Вычисление скорости распространения пламен углеводородных смесей . . . . .	236	63. Л. Деффет, М. Де Костер и П. Ван де Воувер. Изучение механизма передачи детонации . . . . .	347
41. Дж. Бирн. Влияние атмосферного кислорода на бунзеновские пламена . . . . .	244	64. Н. Мэнсон и Ф. Феррье. Изучение сферических детонационных волн . . . . .	347
42. Р. Хилл и Т. Коттрелл. Исследование процесса горения твердых горючих . . . . .	246	65. М. Султанов. Детонация и ударные волны в полом цилиндре из взрывчатого вещества . . . . .	352
43. Дж. Зингер. Измерение нормальной скорости распространения пламени на прямоугольных горелках. Сравнение с данными измерения на цилиндрических горелках . . . . .	249	66. Р. Зиструнк, И. Фабри и Е. Ле Гриве. Некоторые свойства стационарных детонационных волн . . . . .	352
44. Дж. Мэнтон, Г. Эльбе и Б. Льюис. Измерение нормальной скорости распространения пламени в сферическом сосуде с центральным зажиганием . . . . .	254	67. Дж. Фей. Некоторые опыты по получению детонации в смеси $2\text{H}_2-\text{O}_2$ при помощи стационарных ударных волн . . . . .	355
45. Т. Прайс и Дж. Поттер. Факторы, влияющие на нормальную скорость распространения пламени стехиометрических смесей окиси углерода с кислородом . . . . .	259	68. Дж. Куртни-Прайт. Некоторые новые способы скоростного фотографирования и их применение к процессам горения . . . . .	356
46. Д. Лизон. Влияние газовых примесей на скорость распространения пламени пропано-воздушных смесей . . . . .	263	<b>ЯЧЕЙСТЫЕ ПЛАМЕНА И ВИБРАЦИОННОЕ ГОРЕНИЕ</b>	
47. М. Герштейн, Г. Макдональд и Р. Шалла. Исследование пламен разложения окиси этилена . . . . .	272	69. Г. Маркштейн и Л. Сомерс. Ячейчатая структура и движение вибрирующих пламен в п-бутано-метановых смесях . . . . .	369
48. Ж. Ямпольский и С. Прайс. Взрывы водородо-воздушных смесей в закрытом сосуде при высоком давлении . . . . .	278	70. В. Ност, И. Круг и Л. Зиг. Исследования возмущенных пламен . . . . .	375
49. Ф. Гарнер, Р. Лонг и Б. Торлей. Сравнение шлирен-метода, теневого и люминесцентного методов определения нормальной скорости распространения пламени . . . . .	281	71. Г. Беренс. Неустойчивость пламени и механизм горения . . . . .	375
50. А. Эджертон, А. Эверетт и Г. Минков. Высокоскоростное (3000 кадров в секунду) фотографирование взрывов метана и водорода с кислородом при низком давлении . . . . .	285	72. Дж. Гарсайд и Б. Джэксон. Образование и некоторые свойства многогранных пламен . . . . .	381
51. А. Эджертон, О. Саундерс, А. Лефебр и Н. Моор. Некоторые наблюдения за распространением пламени в закрытых сосудах при помощи шлирен-метода . . . . .	289	73. Л. Блэкишпир. Возбуждение стоячих волн при подводе тепла . . . . .	381
52. Х. Генош и М. Жуи. Изменение формы пламен, распространяющихся в трубках . . . . .	294	74. А. Путнем и В. Деннис. Автоколебания при горении в трубе . . . . .	392
53. К. Меллиш и Дж. Личнетт. Влияние инертных газов на некоторые процессы в пламени . . . . .	297	75. В. Кэскач. Исследование вибрирующих пламен . . . . .	399
54. В. Паркер и Х. Вольфгард. Некоторые свойства пламен с $\text{NO}$ и $\text{NO}_2$ в качестве окислителей . . . . .	308	76. А. Хаулэнд и В. Симмондс. Горение в трубах из огнеупорного материала . . . . .	411
55. Дж. Грове и А. Уолш. Распространение холодных пламен . . . . .	314	77. Боа Те-Чу. Об образовании волн давления на поверхности плоского фронта пламени . . . . .	411
		<b>ТУРБУЛЕНТНЫЕ ПЛАМЕНА</b>	
		78. Б. Карлович, Д. Деннистон, Д. Кнапшгфер и Ф. Уэллс. Исследования турбулентных пламен . . . . .	420
		79. К. Воль, Л. Шор, Х. Розенберг и С. Уейл. Скорость распространения турбулентных пламен . . . . .	425
		80. Х. Хоттель, Г. Вильямс и Р. Левин. Влияние изотропной турбулентности на распространение пламени . . . . .	439

	Стр.		Стр.
81. А. Скарлок и Дж. Гровер. Распространение турбулентных пламен . . . . .	447	<b>ДИФФУЗИОННЫЕ ПЛАМЕНА</b>	
82. Э. Шмидт, Х. Штейнике и У. Нейберт. Прямые и ширен-фотографии пламен в трубах . . . . .	459	96. Дж. Барр. Диффузионные пламена . . . . .	534
83. С. Кумагаи и И. Кимура. Влияние турбулентности на распространение пламени в газах . . . . .	460	97. С. Яжи и К. Саджи. Проблемы турбулентной диффузии и диффузионные пламена . . . . .	539
84. Е. Старкман, Л. Хэксби и А. Каттанео. Исследование свободных пламен в турбулентных потоках . . . . .	460	98. Х. Хоттель и Р. Пирсон. Горение газов в завихренном потоке . . . . .	548
85. Ф. Боудич. Влияние турбулентности на процесс горения . . . . .	460	99. М. Тринг и М. Ньюбай. Длина закрытых турбулентных диффузионных пламен . . . . .	554
86. Р. Марсден. Электрический шум турбулентных пламен . . . . .	468	100. В. Воленберг. Минимальная ширина фронта пламени и максимальная скорость тепловыделения для реакций горения второго порядка, протекающих в газообразных системах при постоянном давлении . . . . .	561
<b>ЗАТУХАНИЕ, ПРОСКОК И СРЫВ ПЛАМЕНИ</b>		101. И. Саваи, М. Кунуги и Х. Жинно. Турбулентные диффузионные пламена . . . . .	569
87. А. Эджертон, А. Эверетт и Н. Мур. Применение пористых сплавов для улавливания пламен . . . . .	473	102. Дж. Ричардсон, Г. Говард и Р. Смит. Связь между результатами измерений концентрации газоотборной трубкой и пульсациями концентраций в турбулентной газовой струе . . . . .	575
88. Ж. Грумер, М. Гаррис и Г. Шульц. Стабилизация пламени на горелках с короткими насадками или с некруглыми выходными отверстиями . . . . .	473	<b>ГОРЕНИЕ КАПЕЛЬ ТОПЛИВА</b>	
89. В. Филипп, Т. Брадертон и Р. Андерсон. Физические характеристики и устойчивость некоторых низкотемпературных пламен. Система водород — бром . . . . .	479	103. Г. Годсейв. Исследование горения капель распыленного топлива. Горение одиночных капель . . . . .	579
90. А. Путнем и Л. Смит. О пределе затухания ламинарного пламени . . . . .	484	104. К. Грегори и Х. Калькот. Исследование горения системы капля—пар . . . . .	588
<b>СТАБИЛИЗАЦИЯ ПЛАМЕНИ</b>		105. А. Холл и Ж. Дидерихсен. Экспериментальное исследование горения одиночных капель топлива в воздухе при давлении до 20 ат . . . . .	594
91. Стабилизация пламени в двухфазных топливо-воздушных смесях. I. Характеристики стабилизаторов. Х. Хоттель и В. Мей. II. Влияние размеров стабилизатора. Г. Вильямс и Ф. Мэддокс . . . . .	490	106. Д. Сполдинг. Горение жидких топлив . . . . .	603
92. Г. Вильямс и К. Шипман. Некоторые свойства пламен гомогенных смесей, стабилизированных стержнем . . . . .	508	<b>ГОРЕНИЕ В РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ</b>	
93. М. Русси, И. Корнет и Р. Корног. Влияние температуры стабилизатора на стабилизацию пламени . . . . .	515	107. Л. Крокко и Син-И-Ченг. Колебания высокой частоты в ракетных двигателях с распределенным горением . . . . .	619
94. Е. Вилкерсон и Дж. Фенн. Влияние формы стабилизатора на полноту сгорания в закрытой камере . . . . .	520	108. Х. Эллис, И. Оджерс, А. Стосик, Н. Вая де Верг и Р. Вик. Экспериментальное исследование неустойчивости горения в ракетных двигателях . . . . .	631
95. Дж. Фридман, В. Бечнет и Е. Цвик. Применение результатов научных исследований по вопросам горения к работе прямоточных двигателей . . . . .	526	109. Дж. Чарик, И. Гласмен и Р. Джон. Смешение и горение двух концентрических потоков . . . . .	636
		110. Р. Смит и Д. Спренгер. Неустойчивость горения в ракетных двигателях, работающих на твердом топливе . . . . .	643
		111. В. Максвелл. Пиротехнические свистки . . . . .	654
		112. К. Ямацаки и К. Иинума. Увеличение скорости горения в камере сгорания поршневого двигателя . . . . .	654
		<b>ДИСКУССИЯ</b>	
		Теоретические исследования зоны горения . . . . .	659
		Турбулентное горение . . . . .	661