

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1	
ВВЕДЕНИЕ.	
ФУНДАМЕНТ НАУКИ О ГОРЕНИИ:	
ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ПОНЯТИЯ	7
§ 1. Некоторые сведения из химической кинетики и термохимии	8
Скорость химической реакции. Константа скорости реакции	8
Химическое равновесие. Константа равновесия	13
Теплота реакции	16
Молекулярная энергетика горения	22
Адиабатическая температура сгорания	24
Сложные реакции. Метод квазистационарных концентраций	27
Реакция водорода с хлором как пример цепной неразветвленной реакции	28
Окисление азота при горении. Обратимая реакция при переменной температуре	30
§ 2. Самоускоряющиеся химические реакции и критические явления — взрыв и самовоспламенение. Теория Н. Н. Семенова	35
Особенности взрывных реакций	35
Цепное самовоспламенение. Реакция окисления водорода	37
Тепловое самовоспламенение. Адиабатический тепловой взрыв	43
Преобразование Д. А. Франк-Каменецкого	48
Теория теплового взрыва по Н. Н. Семенову	54
Период индукции теплового взрыва	59
Анализ результатов теории теплового взрыва на «фазовой» плоскости	61
§ 3. Гомогенный химический реактор идеального перемешивания	66
Способы осуществления процесса горения в потоке	66
Стационарные режимы горения в гомогенном химическом реакторе	68
Теплонапряженность процесса горения в химическом реакторе идеального перемешивания	72
Влияние теплоотвода	74
§ 4. Ламинарные пламена	79
Волны химической реакции. Почему они распространяются по горючей смеси	79
Химическое превращение в пламени	81
Подобие распределений температуры и концентраций в пламени	84
Формула для нормальной скорости распространения пламени	89
Некоторые выводы из формулы для скорости распространения пламени	94
Теплонапряженность химической реакции в пламени	99
Пределы распространения горения	100
Изотермические пламена. Определяющая роль диффузии активных центров	105
Всегда ли существует плоское стационарное пламя? Устойчивость пламени	110
Литература	114

Глава 2	
СТАЦИОНАРНАЯ ТЕОРИЯ ТЕПЛООВОГО ВЗРЫВА	119
§ 1. Основные предпосылки теории	119
§ 2. Условия теплового взрыва	122
Тепловой взрыв в плоском реакционном сосуде	125
Сопоставление с теорией теплового взрыва Н. Н. Семенова	127
Тепловой взрыв в цилиндрическом сосуде	129
Тепловой взрыв в сферическом сосуде	131
Тепловой взрыв при ньютоновском теплообмене на стенке	133
§ 3. Устойчивость решений стационарной теории теплового взрыва	135
§ 4. Некоторые общие свойства решений стационарной теории теплового взрыва в сосудах произвольной формы	139
§ 5. Численное исследование теплового взрыва. Эксперименты	143
§ 6. Применение идеи теплового взрыва в механике полимеров	147
Литература	149
Глава 3	
ИНИЦИИРОВАНИЕ ВОЛНЫ ХИМИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ В ГОРЮЧЕЙ СМЕСИ. СТАЦИОНАРНЫЕ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧ	152
§ 1. Поджигание горючей смеси нагретыми поверхностями	154
Теория зажигания накаливаемой плоской поверхностью	154
Обобщение на случай произвольной температурной зависимости скорости химической реакции	158
Расчет условий поджигания в конкретной теплофизической ситуации	160
Учет выгорания вблизи нагретой поверхности	162
Влияние кривизны поверхности на условия поджигания. Цилиндрическая поверхность	164
Поджигание при обтекании нагретого тела потоком горючей смеси	169
§ 2. Стационарная теория поджигания накаливаемыми поверхностями как промежуточная асимптотика нестационарного процесса	175
Развитие поджигания во времени. Переход от теплового взрыва к поджиганию	176
Влияние выгорания реагента на закономерности нестационарного процесса поджигания	181
§ 3. Иницирование химической реакции активными центрами	182
Литература	189
Глава 4	
ЛАМИНАРНОЕ ПЛАМЯ	191
§ 1. Уравнения теории распространения пламени	191
Основные представления и упрощения теории	191
Распространение ламинарного пламени с постоянной скоростью. Структура фронта пламени, некоторые общие свойства	195
§ 2. О существовании и единственности стационарного решения системы уравнений теории распространения пламени	203
Случай числа Льюиса, равного единице: подобие распределений температуры и концентрации	203

Существование решения при произвольном постоянном числе Льюиса	209
Единственность решения при $0 \leq Le(z) < 1$	211
Расчет скорости распространения пламени методом «пристрелки»	213
§ 3. Скорость и структура фронта пламени при большой энергии активации химической реакции	215
Границы изменения скорости распространения пламени	215
Асимптотическая формула для скорости распространения пламени	216
Структура ламинарного фронта пламени	217
Приближенный метод вывода формулы для скорости распространения пламени	220
Метод сращиваемых асимптотических разложений в теории нормального распространения пламени	221
§ 4. Спектр скоростей распространения пламени при скорости реакции, исчезающей в начальном состоянии. Распространение цепных изотермических пламен	226
Задача А. Н. Колмогорова, И. Г. Петровского, Н. С. Пискунова	226
Сводка результатов исследования существования и единственности решения задачи о скорости распространения пламени	233
Распространение пламени по смеси, реагирующей при начальной температуре	234
Режим спонтанного распространения химической реакции. Влияние начальных условий	240
§ 5. Формирование стационарного фронта ламинарного пламени	242
Обзор аналитических исследований	243
Применение численного метода установления к задаче о выходе на стационарный режим горения	245
Стационарная волна горения как автомодельное решение второго рода	251
§ 6. Диффузионно-тепловая устойчивость ламинарных пламен	252
Одномерная устойчивость распространения пламени в случае $Le=1$	253
Распространение пламени в среде со слабо возмущенной начальной температурой	257
Влияние диффузии и теплопроводности на устойчивость фронта пламени к пространственным возмущениям	260
Диффузионное горение в перемешанной горючей смеси	268
§ 7. Пламя в потоке с градиентом скорости. «Растяжение» пламени	272
§ 8. Индукционный режим горения	277
Режимы протекания экзотермической химической реакции в газовом потоке	277
Анализ предельных случаев	282
Горение конденсированных систем в индукционном режиме	284
Литература	286

Глава 5

СЛОЖНЫЕ И ЦЕПНЫЕ РЕАКЦИИ В ПЛАМЕНАХ 290

§ 1. Теория пламени с многостадийным превращением: цель и методы	290
Основная система уравнений; предположения и допущения	290
Приближенный метод расчета горячих пламен со сложными и цепными реакциями	293
Асимптотический метод в применении к пламенам со сложной структурой	300
§ 2. Пламена с неразветвленными цепными реакциями	308
Структура и скорость распространения пламени при неразветвленной цепной реакции соединения двух веществ	308

Расчет скорости пламени в смесях H_2-Cl_2 и сравнение с экспериментальными данными	318
§ 3. Пламена с разветвленными цепными реакциями	321
Особенности пламен с разветвленными цепными реакциями; простейшая схема разветвления цепи в горячем пламени	321
Пламя в водородно-кислородной горючей смеси. Простейшая модель явления	324
§ 4. Простые брутто-схемы многостадийных химических превращений в пламенах	328
Последовательные химические реакции в пламенах; режимы «слияния», «управления» и «отрыва»	330
Параллельные химические реакции в пламени	336
§ 5. Холодные (изотермические) пламена	339
Простейшая модель изотермического пламени	340
Необходимые условия существования изотермического пламени в многокомпонентной смеси газов	343
Численные расчеты скорости распространения холодного пламени в смеси CS_2-O_2 , критические условия распространения, сравнение с экспериментом	346
Литература	350
Глава 6	
ГАЗОДИНАМИКА ГОРЕНИЯ	354
§ 1. Перемещение пламени в потоке газа. Условие стационарного горения	354
Распространение фронта пламени в заданном поле течения газа. Принцип Гюйгенса	354
Условие стационарного горения. Угол Маха. Понятие удерживающей точки	356
Пламя бунзеновской горелки	358
Распространение фронта пламени в горизонтальной трубе	362
Турбулентное горение (общие представления)	364
Пламя как поверхность газодинамического разрыва. Условия сохранения на фронте пламени. Адиабата Гюгионо	366
Наклонный плоский фронт пламени	370
Горение быстрого потока в трубе. Режим идеального перемешивания	372
Быстрое горение в трубе. Неравномерное течение продуктов горения	375
Фронт пламени — источник вихревых возмущений	377
§ 2. Горение в закрытых сосудах. Махэ-эффект	380
Отличие горения при постоянном объеме от горения при постоянном давлении. Средняя температура и давление в закрытом сосуде	380
Послойное горение в закрытом сосуде. Эффект Махэ	382
Махэ-эффект при горении газа. Случай постоянных и одинаковых показателей адиабаты для горючего газа и продуктов горения	384
Распределение температуры в сферическом сосуде при центральном поджигании. Расчет диаграмм $P(t)$, $r_f(t)$	387
Экспериментальные проявления Махэ-эффекта. Основные приближения теории и условия их выполнения	390
Образование окиси азота при горении в закрытых сосудах	393
§ 3. Гидродинамическая неустойчивость пламени	395
Постановка и решение задачи Л. Д. Ландау	395
Обсуждение результатов исследования. Физическая интерпретация решения	399
Эффекты, стабилизирующие плоский фронт пламени. Решение Маркштейна	404

Влияние ускорения на гидродинамическую неустойчивость пламени	408
Влияние эффектов переноса на гидродинамическую неустойчивость пламени	410
Исследование гидродинамической неустойчивости с использованием преобразования Лапласа	414
Влияние вида начального возмущения на развитие гидродинамической неустойчивости во времени. Связь между исследованием Л. Д. Ландау и решением, полученным с помощью преобразования Лапласа	418
Стационарные режимы горения после потери устойчивости плоским фронтом пламени	419
Горение жидких взрывчатых веществ. Влияние поверхностного натяжения на устойчивость горения	422
Распространение сферического пламени. Почему сферические пламена привлекают внимание исследователей	424
Как изменяется постановка задачи о гидродинамической устойчивости для сферического пламени	426
Устойчивость сферического пламени по отношению к высшим гармоникам	432
Обсуждение теоретических результатов и сравнение с экспериментальными наблюдениями сферических пламен	434
§ 4. Ускорение пламени и возникновение детонации в трубах	439
Экспериментальные наблюдения возникновения детонации в трубах	439
Распад произвольного разрыва в горючей смеси	441
Распространение пламени от закрытого конца трубы. Порождение волны сжатия	443
Почему пламя переходит в детонационную волну. Объяснение К. И. Щелкина	445
Литература	447
Глава 7	
ДИФФУЗИОННОЕ ГОРЕНИЕ ГАЗОВ	450
§ 1. Общие свойства диффузионных пламен. Поверхность горения	451
§ 2. Задача Бурке—Шумана	457
§ 3. Предел диффузионного горения неперемешанных газов	460
§ 4. Диффузионное пламя противонаправленных струй окислителя и горючего	463
Литература	472