

В.Ф. Марков Л.Н. Маскаева
С.Н. Пазникова

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ



УДК 614.841.12(075.8)
ББК 24.54я73
МЗ1

Рецензенты:

Н.П. Копылов

доктор технических наук, профессор
Главный научный сотрудник ФГБУ ВНИИПО МЧС России

М.Е. Шкитронов

кандидат педагогических наук
Начальник кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения
(Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России)

МЗ1 Марков В.Ф., Маскаева Л.Н., Пазникова С.Н. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: Учебник для курсантов, студентов и слушателей образовательных учреждений МЧС России / Под ред. В.Ф. Маркова. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России. 2013. – 305 с.

ISBN 978–5-91774–038–6

Материал учебника изложен в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки (специальности) 280705 – Пожарная безопасность и теоретическими разделами курса лекций по дисциплине «Физико-химические основы развития и тушения пожаров», читаемых в Уральском институте ГПС МЧС России и Уральском федеральном университете. Используются последние достижения науки и техники в области физико-химических закономерностей возникновения, развития и тушения пожаров и общепринятая терминология. По всем разделам учебника приведены примеры решения задач с необходимыми справочными данными и контрольные вопросы.

Учебник предназначен для курсантов, студентов и слушателей образовательных учреждений МЧС России. Он может быть использован при подготовке бакалавров по направлению 280700 – Техносферная безопасность, а также полезен преподавателям учебных заведений и специалистам, работа которых связана с защитой в чрезвычайных ситуациях.

УДК 614.841.12(075.8)
ББК 24.54я73

ISBN 978–5-91774–038–6

© Уральский институт ГПС МЧС
России, 2013
© Авторы, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Глава 1. Пожар как физико-химическое явление и чрезвычайная ситуация	11
1.1. Развитие исследований процесса горения и борьбы с пожарами.....	11
1.2. Определение пожара, процессы и явления его сопровождающие.....	15
1.3. Особенности пожаров в современных условиях.....	18
Вопросы для самопроверки.....	20
Глава 2. Физико-химические основы протекания реакций горения	21
2.1. Определение процесса горения и его особенности в условиях пожара	21
2.2. Основные понятия химической термодинамики, используемые при анализе процессов горения и его прекращения	29
2.2.1. Первое начало термодинамики.....	31
2.2.2. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса.....	32
2.2.3. Понятие теплоёмкости. Зависимость теплосодержания вещества и теплового эффекта химической реакции от температуры.....	38
2.2.4. Второе начало термодинамики. Понятие энтропии	41
2.2.5. Термодинамические потенциалы, критерии направленности самопроизвольного процесса	43
2.3. Основы химической кинетики реакций горения.....	46
2.3.1. Понятие скорости химической реакции	47
2.3.2. Классификация химических реакций	48
2.3.3. Влияние температуры на скорость химических реакций. Энергия активации.....	57
2.3.4. Трактовка механизмов химических превращений.....	57
2.4. Классификация веществ и материалов по способности к горению	58
Примеры решения задач	60
Вопросы для самопроверки.....	65
Глава 3. Закономерности и механизмы процессов тепло- и газообмена на пожаре	67
3.1. Механизмы теплообмена на пожаре.....	67
3.1.1. Перенос теплоты теплопроводностью.....	67
3.1.2. Перенос тепла конвекцией.....	69
3.1.3. Теплоперенос излучением	71
3.2. Основные закономерности газообмена на пожаре.....	77
3.2.1. Понятие плоскости равных давлений.....	77
3.2.2. Факторы, влияющие на величину и интенсивность газообмена	80
Примеры решения задач	82
Вопросы для самопроверки.....	89

Глава 4. Параметры и опасные факторы пожара	90
4.1. Параметры пожара	90
4.2. Зоны пожара.....	97
4.3. Опасные факторы пожара и их характеристика	100
4.4. Классификации пожаров по особенностям их проявления.....	106
Примеры решения задач	108
Вопросы для самопроверки.....	110
Глава 5. Теоретические основы возникновения пожара	111
5.1. Самовозгорание (самовоспламенение) веществ и материалов.....	111
5.1.1. Тепловая теория самовоспламенения	112
5.1.2. Цепная теория самовоспламенения	116
5.1.3. Влияние различных факторов и условий на температуру самовоспламенения	119
5.1.4. Особенности самовозгорания диспергированных твердых веществ и материалов.....	122
5.1.5. Микробиологический механизм инициирования самовозгорания	130
5.1.6. Самовозгорание химически активных веществ.....	131
5.1.7. Особые случаи самовозгорания	132
5.2. Зажигание от внешних источников энергии.....	133
5.2.1. Условия зажигания нагретой поверхностью	134
5.2.2. Механизм зажигания открытым пламенем	137
5.2.3. Зажигание механическими и электрическими искрами.....	140
5.3. Особенности зажигания газообразных, жидких и твердых горючих веществ	144
5.3.1. Условия воспламенения газо- и паровоздушных горючих смесей.....	144
5.3.2. Условия воспламенения жидкостей	148
5.3.3. Зажигание твердых веществ и материалов	152
5.4. Условия зарождения тлеющего горения.....	157
Примеры решения задач	157
Вопросы для самопроверки.....	160
Глава 6. Физико-химические закономерности распространения пожара.....	161
6.1. Понятие динамики пожара и факторы, влияющие на его развитие.....	161
6.2. Горение газов	163
6.3. Горение жидкостей	168
6.3.1. Распространение пламени по поверхности жидкости	168
6.3.2. Закономерности выгорания жидкостей	171
6.4. Распространение пламени по твердым веществам и материалам	176
6.4.1. Влияние ориентации поверхности горючего материала.....	179
6.4.2. Влияние толщины горючего материала.....	180
6.4.3. Влияние плотности, теплоемкости и теплопроводности горючего материала	182

6.4.4.	Влияние геометрической формы поверхности горячего	183
6.4.5.	Влияние условий окружающей среды на распространение пламени.....	184
6.4.6.	Распространение пламени при объемной пожарной нагрузке.....	185
6.4.7.	Влияние влажности материала.....	186
6.4.8.	Влияние природы материала подложки в композитной сборке на распространение пламени по ее поверхности.....	187
6.5.	Особенности горения материалов различной природы и их влияние на развитие пожара	187
6.5.1.	Горение синтетических полимеров.....	187
6.5.2.	Особенности горения древесины и других природных материалов.....	189
6.5.3.	Особенности горения композиционных материалов.....	191
6.5.4.	Особенности горения металлов.....	192
6.5.5.	Особенности горения пылей и порошков.....	194
6.5.6.	Факторы, влияющие на чувствительность к воспла- менению и интенсивность взрыва пылевоздушных смесей	198
	Вопросы для самопроверки.....	200
Глава 7. Закономерности развития открытых и внутренних пожаров...		202
7.1.	Особенности открытых пожаров	202
7.1.1.	Пожары в резервуарах с горючими жидкостями	203
7.1.2.	Пожары газовых фонтанов	203
7.1.3.	Пожары на складах лесоматериалов.....	207
7.1.4.	Лесные пожары	208
7.1.5.	Торфяные пожары.....	210
7.1.6.	Степные пожары	211
7.1.7.	Огненный шторм.....	212
7.2.	Динамика внутреннего пожара	212
7.2.1.	Последовательность развития внутреннего пожара.....	213
7.2.2.	Факторы, влияющие на нарастание пожара в закрытом помещении.....	216
7.2.3.	Полный охват помещения пламенем	221
7.2.4.	Факторы, влияющие на время наступления полного охвата помещения пламенем	222
7.2.5.	Режим полностью развитого пожара	224
7.2.6.	Тепловой баланс внутреннего пожара	225
7.2.7.	Газообмен на внутреннем пожаре.....	232
7.2.8.	Прогноз скорости развития внутреннего пожара	235
7.2.9.	Распространение пожара за пределы помещения.....	237
7.2.10.	Особенности динамики пожаров на транспорте.....	238
	Примеры решения задач	240
	Вопросы для самопроверки.....	247
Глава 8. Теоретические основы прекращения горения на пожаре		248
8.1.	Основы тепловой теории прекращения горения	248
8.2.	Физико-химические механизмы, условия и приёмы прекращения горения на пожаре.....	252
	Вопросы для самопроверки.....	256

Глава 9. Номенклатура, способы применения и механизмы действия огнетушащих веществ	257
9.1. Классификация огнетушащих веществ	257
9.2. Тушение пожаров водой	258
9.3. Тушение пожаров противопожарными пенами	267
9.4. Тушение пожаров инертными газообразными разбавителями	276
9.5. Тушение пожаров хладонами	280
9.6. Тушение пожаров порошковыми огнетушащими составами	285
9.7. Аэрозольное пожаротушение	291
9.8. Тушение пожаров веществами комбинированного действия	293
Примеры решения задач	297
Вопросы для самопроверки	303
Список литературы	304