

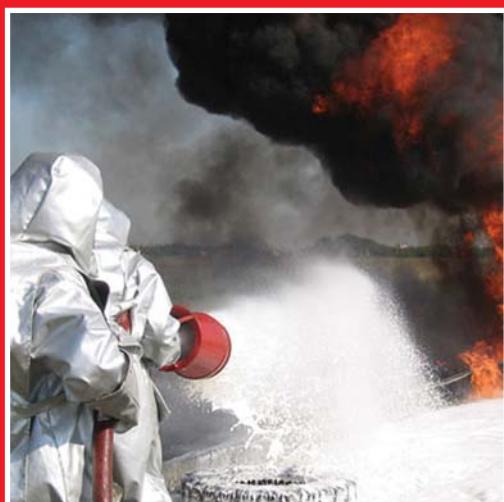
ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ 12' 2011

Новый смысл пожарной безопасности

Общая закономерность изменения параметров движения людских потоков различного функционального контингента в зданиях и сооружениях

Особенности распространения жидкостной струи в атмосфере



Почему не тушит пена?..

О концентрационных пределах распространения пламени в системе водород – воздух

Оценка мобильных качеств пациентов различных отделений городских клинических больниц



Металлополимерный рукав МЕТАЛАНГ НГ-LS HF



Негорючий



Нетоксичный

Герметичный

Сертификат пожарной безопасности № ССПБ.RU.ОП019.В02273
Сертификат ГОССТАНДАРТА России № РОСС RU.АЮ64.Н03247

Металлорукав МЕТАЛАНГ НГ-LS HF
с защитной полимерной оболочкой

- не распространяющий горение
- малодымный
- нетоксичный
- герметичный
- гибкий
- увеличенная прочность на разрыв
- диапазон температур – от -50 до +70 °C
- степень защиты IP 65
- сертифицирован

Сфера применения:

- на объектах с повышенной пожароопасностью: тоннели, мосты, метро, жилые здания, склады, заводы, суда, объекты нефтегазового и энергетического комплексов и другие
- прокладка проводов во влажных помещениях
- защита кабеля при скрытой и открытой прокладке
- в системах кондиционирования и обогрева
- в подъёмно-транспортном оборудовании
- для транспортировки порошкообразных и сыпучих веществ

А. Я. Корольченко, О. Н. Корольченко
“СРЕДСТВА ОГНЕ- И БИОЗАЩИТЫ”

Изд. 3-е, перераб. и доп. — 2010. — 250 с.



В третье издание внесены существенные изменения: включена глава, посвященная механизму огнебиозащиты древесины, расширена глава по анализу требований, содержащихся в нормативных документах по средствам огнезащиты, и их применению в практике строительства. Приведена информация ведущих производителей средств, предлагаемых на отечественном рынке для огнезащиты: древесины (пропитки, лаки и краски), несущих металлических конструкций (средства для конструктивной огнезащиты, огнезащитные штукатурки, вслучивающиеся покрытия), воздуховодов, кабелей и кабельных проходок, ковровых покрытий и тканей. Представлены также биозащитные составы для древесины.

Информация о средствах огне- и биозащиты включает данные о рекомендуемых областях их применения, эффективности, технологии нанесения, организациях-производителях.

Издание предназначено для работников проектных организаций, специалистов в области огне- и биозащиты и пожарной безопасности.

**Внимание!!!
Распространяется
БЕСПЛАТНО!!!**

www.firepress.ru

По вопросам оформления заявки на бесплатное получение справочника просьба обращаться по тел.: (495) 228-09-03 (многоканальный) или по e-mail: mail@firepress.ru

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

ТОМ 20 • № 12 • 2011 FIRE & EXPLOSION SAFETY

Научно-технический журнал
ООО "Издательство "Пожнаука"

The Journal of the Russian Association
for Fire Safety Science ("Pozhnauka")

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

- Жуков В. В.** Новый смысл пожарной безопасности
Макаркин С. В. Государственный пожарный надзор
в Республике Беларусь: правовая основа, принципы
организации и осуществления

ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ

- Глушков Д. О., Стрижак П. А.** Зажигание полимерного материала нагретой до высоких температур металлической частицей в условиях конвективного тепломассо-переноса

ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

- Горев В. А.** О концентрационных пределах распространения пламени в системе водород – воздух

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ

- Салымова Е. Ю., Корякина А. М.** Определение коэффициента теплопотерь на начальной стадии пожара в зданиях из трехслойных сэндвич-панелей

БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ

- Холщевников В. В., Гилетич А. Н., Ушаков Д. В.,
Парfenенко А. П.** Общая закономерность изменения параметров движения людских потоков различного функционального контингента в зданиях и сооружениях

- Самошин Д. А., Истратов Р. Н.** Оценка мобильных качеств пациентов различных отделений городских клинических больниц

ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ

- Душкин А. Л., Карпышев А. В., Ловчинский С. Е.** Особенности распространения жидкостной струи в атмосфере

- Безродный И. Ф.** Забытые имена — забытые знания... или "Почему не тушит пена?..."

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ. СПРАВОЧНИК

GENERAL QUESTIONS OF FIRE SAFETY

- 4 Zhukov V. V.** New Sense of Fire Safety
11 Makarkin S. V. State Fire Control in Belarus: Legal Base, Principles of Management

COMBUSTION PROCESSES

- 15 Glushkov D. O., Strizhak P. A.** Ignition of a Polymer Material by a Particle Heated Till High Temperature under the Condition of Convection Heat and Mass Transfer

FIRE-AND-EXPLOSION HAZARD OF SUBSTANCES AND MATERIALS

- 23 Gorev V. A.** Flammability Limits of Premixed for Hydrogen-Air Mixtures

FIRE SAFETY OF BUILDINGS, STRUCTURES, OBJECTS

- 27 Salymova E. Ju., Koryakina A. M.** Definition of Heat Loss Factor at the Initial Stage of the Fire in Buildings from Three-Layer Sandwich-Panels

FIRE SAFETY OF PEOPLE

- 32 Kholshchevnikov V. V., Giletich A. N., Ushakov D. V.,
Parfenenko A. P.** The General Pattern Between Parameters of the Movement of a Human Flow for Different Contingent in the Buildings and Constructions

- 42 Samoshin D. A., Istratov R. N.** An Evaluation of Patient's Mobile Characteristics in the Different Departments of the City Hospitals

FIRE EXTINGUISHING

- 45 Dushkin A. L., Karpyshev A. V., Lovchinskiy S. Ye.** Liquid Propagation Features in Atmosphere

- 49 Bezrodnyi I. F.** Forgotten Names — the Forgotten Knowledge... or "Why Do Not Extinguish the Foam?..."

FIRE-AND-EXPLOSION SAFETY. REFERENCE BOOK

Журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК России для публикации трудов соискателей ученых степеней, в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ РАН. Сведения о журнале ежегодно публикуются в Международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям "Ulrich's Periodicals Directory".

Перепечатка материалов только по согласованию с редакцией. Авторы несут ответственность за содержание представленных в редакцию материалов и публикацию их в открытой печати



В. В. Жуков
независимый эксперт

УДК 614.841.315

НОВЫЙ СМЫСЛ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Количество органов, надзирающих за состоянием пожарной безопасности, увеличивается. Эти органы на основании своего опыта и пожарная наука в большей степени исследуют проблему, как контролировать пожарную безопасность, и не изучают вопрос, как с наименьшими затратами и эффективно обеспечить ее. Профессионалы пожарного дела смогли сформулировать сложное и длиннущее понятие "государственный пожарный надзор", но не объяснили главного понятия, что такое "пожарная безопасность".

Ключевые слова: понятие; определение; пожарная безопасность; требования пожарной безопасности; вероятность; защищенность; деятельность; угроза пожара; угроза жизни или здоровью людей; МЧС; суд; административные барьеры; работы; услуги; строительный комплекс; саморегулируемая организация; саморегулирование; НОСТРОЙ; закон; ведомство; отрасль.

1. Мы неправильно понимаем смысл пожарной безопасности

Когда общаяешься с пожарными инспекторами различных министерств и ведомств, то слышишь их утверждения, что именно они своими проверками обеспечивают пожарную безопасность (далее — ПБ), а не руководители предприятий и организаций и что пожарные предписания — это и есть ПБ. Осознают ли инспектора, что требования ПБ, включенные ими в предписания, являются всего лишь случайно выбранными мерами (что глаза увидели и что голова вспомнила), "отрывками", "кусочками" того, что по-настоящему нужно для обеспечения безопасности? Понимают ли они, что содержание ПБ таково, что "отрывки" и "кусочки" ее не обеспечат, что они являются ложными целями? В том смысле, что предписания создают у руководителей и специалистов предприятий и организаций ложную уверенность в достаточности этих мер. В одной из региональных торгово-промышленных палат руководителям предприятий и организаций рекомендуют пригласить пожарного аудитора, чем брать специалиста ПБ в штат, но при этом не говорят, что аудитор, так же как и пожарный инспектор, предложит такие же "отрывки" и "кусочки".

Это пример "отрывочного", фрагментарного понимания ПБ, который зависит от имеющегося у специалиста объема знаний требований ПБ.

Одно из должностных лиц МЧС заявило, что главными вопросами, связанными с обеспечением ПБ,

являются наличие пожарной сигнализации, систем оповещения и состояние путей эвакуации. Вот пример результатов его умозаключения из практики. Ночью в доме престарелых в *n*-ской области произошел пожар, в итоге погибло 4 человека. Потом выяснилось, что пути эвакуации были в порядке, пожарная сигнализация сработала во время пожара, передав сигнал в пожарную часть, находящуюся в 20 км от дома престарелых (заметим, что добираться пожарным приходится по бездорожью). Сторож и няничка, не дожидаясь помощи, начали эвакуировать лежачих стариков. Но огонь и дым распространялись по деревянному зданию быстрее, чем происходила эвакуация. В результате успели спасти только 9 человек. Дом престарелых проверялся государственными пожарными инспекторами 2–3 месяца назад. И угрозы пожара, и угрозы людям никто не увидел. Тем не менее люди погибли. Другой пример. В станице Камышеватской пожарная сигнализация была, однако на пожаре погибли 63 человека. Ну и наконец, в ночном клубе "Хромая лошадь" проверяющие тоже не обнаружили ничего, что угрожало бы жизни и здоровью людей.

"Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (Федеральный закон № 123-ФЗ) [1] установил, что ПБ считается обеспеченной, если выполнены все обязательные требования ПБ и расчеты показали, что безопасность людей обеспечена. Принципы расчетов безопасности людей установлен-

лены в методиках определения расчетных величин пожарного риска [2, 3] (далее — методика).

Из смысла этого критерия вытекает, что для обеспечения ПБ достаточно наличие противопожарных технических и противопожарных архитектурно-конструктивных (объемно-планировочных) систем и средств. Однако при этом не учитывается, что все они должны еще и “работать”. А “работать” и “сработать при пожаре”, в том числе автоматически, они смогут только при условии их технической и организационной готовности, которая должна быть обеспечена заранее, “до пожара”. Такая подготовка обеспечивается деятельностью людей, в которую входят: управленческая деятельность руководителей предприятия, организационная деятельность инженерно-технических работников и действия технического персонала. Однако ни критерий, ни методика эту деятельность не учитывают. Приведенные примеры свидетельствуют о том, что установленные государством критерии “обеспеченности” ПБ и “обеспеченности” безопасности людей не являются объективными и верными критериями фактического состояния ПБ. Это, во-первых.

Во-вторых. В методике применены вероятностно-статистические расчеты, результатом которых являются численные значения показателей. Но проблема в том, что по результату-числу невозможно определить фактическое состояние ПБ. Такие показатели не могут служить объективным критерием обеспеченности безопасности.

А правильно ли мы понимаем пожарную безопасность, если думаем, что технические системы являются единственным составляющим элементом пожарной безопасности и что по числу можно определить фактическое состояние пожарной безопасности?

Государственный пожарный инспектор МЧС в соответствии с директивами министерства обязан выявить все имеющиеся на момент проверки предприятия (организации) нарушения требований ПБ, в том числе представляющие угрозу возникновения пожара и угрозу людям. Зададимся вопросом: а насколько эта задача выполнима инспектором?

ПБ представляет собой сложную, многофакторную и многоинформационную, систему. Она регулируется десятками тысяч требований ПБ, которые содержатся более чем в тысяче нормативных документов. И для установления соответствия инспектору надо тысячи требований сопоставить с тысячами физических параметров предприятия. При этом одни требования — это сложные инженерно-технические и организационно-управленческие мероприятия, которые проверяются путем изучения организационных документов, другие — простые правила поведения либо технико-технологические

операции, за которыми требуется наблюдение. Кроме очевидных, имеются такие виды нарушений требований, которые не могут быть выявлены инспектором, так как они либо проявляются, когда его нет на предприятии (при пуске-останове оборудования, в ночное время, в выходные и праздничные дни), либо умышленно скрываются, либо проявляются неочевидно и с большой частотой появления-исчезновения. Инспектору все это надо проконтролировать, все увидеть и понять, все выяснить и изучить, во всем разобраться. Однако чтобы все это выполнить, ему необходимо время, которого отводится на все эти процедуры гораздо меньше, чем требуется. Такие обязанности инспектора — это скорее экспертиза, нежели контроль. По указанным причинам ни технически, ни физически инспектор в отведенное для проверки время не может выявить все имеющиеся нарушения, в том числе нарушения, представляющие угрозу, поскольку общепринятого определения, что такая угроза пожара и угроза людям, не существует. Эти задачи инспектором **не выполняются**.

Вот что практические пожарные инспектора говорят на форуме “WWW.0-1.ru”: “причиной пожара в ночном клубе “Хромая лошадь” явились нарушения режимного характера (открытый огонь), которые ни один инспектор ГПН никогда не выявит, для этого ему надо в этом ночном клубе сидеть круглосуточно”; “в среднем инспектор из 100 % нарушений замечает процентов 10–15, а опытный инспектор ГПН — 20–25 %, а остальные нарушения так и остаются незамеченными. Опасная это работа — инспектор ГПН”; “вместо построения системы безопасности строится система заложников из инспекторов ГПН”; “что нам делать, чтобы не посадили? Писать побольше предписаний и жалоб в прокуратуру и заваливать суды ходатайствами о приостановке работы объектов”.

Тогда почему инструкции МЧС обязывают пожарного инспектора выполнять невыполнимые задачи? **Видимо оттого, что те, кто пишет инструкции для инспекторов, не понимают, что пожарная безопасность — это сложная, многофакторная и многоинформационная, система.**

МЧС осуществляет лицензирование выполнения работ и оказания услуг в области ПБ. По информации министерства организаций, получивших лицензии, зарегистрировано более 43 тысяч. С появлением института саморегулирования в строительном комплексе возник двойной контроль за одним и тем же — государственный и общественный. В связи с этим десятки тысяч изыскательских, проектных, строительных организаций должны получать разрешительные документы и в саморегулируемой организации (СРО), и в МЧС.

Теперь МЧС поставило перед собой задачу “пожарное” лицензирование исключить, а государственное регулирование перевести на саморегулирование. Для этого предполагается сформировать “СРО в области обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений”. Но, по мнению Минрегиона, МЧС создает систему саморегулирования, которая будет работать в строительном комплексе, где уже работает система строительных, проектных и изыскательских СРО. И эти “строительные” СРО уже выполняют те функции, которые планируется возложить на “пожарные” СРО. А создание еще одной, параллельной, системы принесет вред неоправданной конкуренцией, ведь многим тысячам организаций придется вступать и в “пожарные” СРО, и в “строительные” СРО.

По нашему мнению, причина конфликта кроется в ошибочно принятых решениях.

Первая ошибка. Органы государственного пожарного надзора (ГПН) еще в 1995 г. выделили около 20 работ (изыскательских, проектных, монтажных, строительных и др.), которые создают противопожарные технические и противопожарные архитектурно-конструктивные (объемно-планировочные) системы и средства, на том основании, что эти работы обеспечивают ПБ. И эти работы назвали иначе — “работы и услуги в области пожарной безопасности”, игнорируя тот факт, что “строительная” суть строительных работ остается прежней независимо от их нового, “пожарного”, названия. Это дало возможность пожарному ведомству отделить от строительной отрасли строительные, проектные и другие организации и установить над ними свою юрисдикцию в форме лицензирования.

Вторая ошибка. В МЧС считают, что если “работы и услуги в области пожарной безопасности” являются “пожарными” работами, то “пожарные” СРО должны работать под контролем пожарных специалистов, т. е. под руководством МЧС. Однако проблема заключается в том, что у специалистов ПБ МЧС нет ни соответствующих знаний (их этому не учат), ни опыта, ни права контроля за параметрами безопасности, ни права контроля за параметрами качества фактически “строительных” работ. Пожарный инженер — это другая профессия, нежели инженер-строитель, инженер-проектировщик, инженер-электрик, инженер-ОВК и т. п. Министерство, в компетенцию которого не входят проектные, монтажные, строительные работы и т. д., не имеет права лицензировать эти работы.

Ведомственное, “общинное” понимание пожарной безопасности влечет за собой ошибочное отнесение работ к иной в профессиональном плане сфере контроля. Непрофессиональным контро-

лем создаются административные барьеры для десятков тысяч организаций.

Государственным органам предоставлено право в особых случаях применять ужесточенные административные меры: выдавать организациям и гражданам дополнительные предписания; входить беспрепятственно в жилые помещения; проводить внеплановые проверки; снимать с производства товары, услуги; приостанавливать деятельность организаций. Указанные дополнительные права применяются в тех случаях, когда, по мнению должностных лиц, *создаются условия угрозы возникновения пожаров и условия угрозы людям*. Эти условия содержатся в нормативных актах и проявляются в нескольких формах. Во-первых, это *“нарушения требований пожарной безопасности”*, создающие угрозу возникновения пожара, создающие угрозу безопасности людей, создающие угрозу причинения вреда, влекущие причинение вреда, влекущие возникновение пожара. Во-вторых, это *“повторные нарушения требований пожарной безопасности”*. В-третьих, это *“условия, не являющиеся нарушениями требований пожарной безопасности”*, но являющиеся непосредственной угрозой возникновения пожара, непосредственной угрозой жизни или здоровью людей, возникновением угрозы причинения вреда и непосредственной угрозой причинения вреда.

Мы неслучайно приводим цепочку: *создающих, влекущих, являющихся*. Мы хотим понять, почему государственные органы для определения условий угрозы используют эту огромную мозаику “расплывчатых” формулировок? Почему они не используют действующее стандартное определение *угрозы пожара (загорания) как ситуации, сложившейся на объекте, которая характеризуется вероятностью возникновения пожара, превышающей нормативную?* Да потому, что оно никому непонятно. Определение сформулировано не инженерно-техническим языком, который понятен, а изложено математико-вероятностным языком, категориями которого ни в экономике, ни в государственном управлении, ни в правоприменительной практике никто не разговаривает. Из этого определения невозможно понять, имеется ли данная угроза?

Мы непонятно излагаем смысл угрозы оттого, что мы неправильно понимаем смысл ПБ.

2. Почему мы неправильно понимаем смысл пожарной безопасности?

О главном и основополагающем понятии “пожарная безопасность” нет подробных и развернутых материалов ни в учебниках, ни в научных статьях, ни в руководящих документах. Только в пожарном законодательстве это понятие изложено очень краткими определениями. В Федеральном законе “О по-

жарной безопасности” (№ 69-ФЗ) [4] сказано, что ПБ — это состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров. Но “личность”, “общество” и “государство” — это теоретические понятия, которые сгореть не могут. Тогда получается, что ПБ России — это состояние защищенности имущества от пожаров. А по сути, это состояние защищенности, т. е. “защищенность от пожаров”. В законе [1] сказано, что ПБ объекта защиты — это его состояние, характеризуемое возможностью предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара. А по сути, это — “состояние, характеризуемое возможностью”, т. е. возможность предотвращения. Другими словами, *ПБ страны — это ее защищенность от пожаров*. А например, *ПБ города — это “возможность города предотвращать пожары”*. *ПБ предприятия — это “состояние предприятия, характеризуемое возможностью”*. И что могут понять из таких определений руководители и специалисты, которые ставят перед собой задачу обеспечить ПБ? Ничего. В действительности, ПБ — это совершенно другой объект, не имеющий ничего общего с определением ПБ в законах.

На вопрос, почему мы неправильно понимаем смысл пожарной безопасности, ответ такой: да потому, что **то, что изложено в законодательстве, не является пожарной безопасностью**.

3. Нужно ли нам определение пожарной безопасности?

Десятки лет мы твердим о пожарной безопасности как цели, как программе, как задаче, как порядке, как объекте правового регулирования, как предмете юридической ответственности, как мечте. Нам неизвестно, высказывались ли сомнения по содержанию и смыслу ПБ. Дискуссий нет — значит, и проблемы нет. Но мы осмелимся усомниться в этом.

Пожарные инспекторы и аудиторы могут сказать, что статья затевает спор не о принципах, а о ничего не значащем термине. Мы работаем и не знаем не то что, правильное это определение или неправильное, а что оно вообще существует. Для нас, работающих на земле, никакого практического значения не имеет знание определения пожарной безопасности. Для нас главное знать, что такое требования ПБ. Как видим, практические работники рисуют странную ситуацию: “Мы знаем, что такая часть, и не знаем, что такое целое. Тем не менее мы из частей строим целое, не зная, как оно выглядит”. Не поэтому ли инспектора в своих предписаниях “создают” “отрывки” и “кусочки”, оторванные от истинных потребностей ПБ? Их выполнение стоит сотни мил-

лионов, но никак не влияет на обстановку с пожарами в стране. Страна же “горит” оттого, что не предписаны копеечные (а не многомиллионные) противопожарные меры.

Потом эти “отрывки” и “кусочки” называют угрозой и направляют в суд на “закрытие” того, что не горит, чтобы именно судьи-юристы определили, есть ли техническая причина угрозы, и приняли пожарно-техническое решение. Помните: “Что нам делать, чтобы не посадили? ... заваливать суды ходатайствами о приостановке работы объектов?”. Только в 2010 г. 45 тысяч предприятий и организаций ходили по судам и ждали приговора: закроют — не закроют? Мы не знаем, что такое угроза пожара из-за того, что мы не знаем, что такое ПБ. Как непонятна безопасность (“*состояние, характеризуемое возможностью*”), так же непонятна и угроза (“*ситуация... характеризуется вероятностью*”). Будем знать смысл ПБ — будем знать смысл угрозы.

А пожарные чиновники рангом выше сами формируют удобное для них самих ведомственное понимание ПБ. Такое понимание создает административные барьеры, например двойной контроль за работами и услугами в области ПБ, и позволяет не отказываться от лицензирования этих, по сути “строительных”, работ. А отказаться все-таки придется в пользу саморегулирования.

Учитывая что в строительном комплексе сформирована эффективно работающая система саморегулирования, целесообразно в составе НОП и НОСТРОЙ “отдельной подгруппой” сформировать “пожарные” СРО.

Разработчики требований ПБ могут сказать, что им определение ПБ не нужно. Требования они разрабатывают на основе ведомственного опыта борьбы с пожарами. Думается, что в их понимании ведомственный опыт — это когда руководители одного ведомства заявляют: вы огульно завышаете запретительные нормативы, которые экономически не обоснованы для предприятий и организаций; стоимость предлагаемых вами мер неприемлемо завышает стоимость строительства и эксплуатационные расходы; вы установили критерии оценки вероятностно-предположительные, но на их основе невозможно принимать ни технические, ни архитектурные, ни юридические решения; все это влечет технологическое отставание отраслей хозяйства и снижение инвестиционной активности. А руководители другого ведомства по-военному отвечают им: предприниматели не понимают...

Как большую проблему может решить маленькое определение ПБ? Маленькое определение исключит формирование фрагментарного понимания ПБ. Оно исключит формирование искаженного понимания ПБ, при котором технические системы самостоя-

ятельно, без людей, обеспечивают безопасность. Маленькое определение будет объективно-межведомственным пониманием ПБ. И главное, смысл и содержание нового определения ПБ будет служить руководством, **моделью**, т. е. при разработке требований ПБ и их применении смысл требования пожарной безопасности (или группы требований) должен сверяться со смыслом ПБ, должны определяться их эффективность и пригодность, должен выполняться принцип соответствия смысла требований ПБ смыслу ПБ.

4. Так что же такое пожарная безопасность?

Так сложилось исторически, что и в практике борьбы с пожарами, и в отечественной пожарной науке ПБ мыслится только категориями техники. И проблемы ПБ исследуют только специалисты и ученые — “технари” и математики. Закономерно, что они ПБ понимают как комплекс технических элементов, интерпретируемый математико-вероятностными категориями. Такое вероятностное понимание может использоваться в лабораториях ВНИИПО как метод научных исследований. Однако в государственно-экономической действительности ПБ должна пониматься как реальный, материальный, очевидный предмет и объект. Так давайте вместо математико-вероятностной пустоты, вместо теоретических понятий “личность”, “общество” и “государство” в определение ПБ включим реальные и материальные объекты. **Реальность и материальность** являются одной из граней многогранной ПБ. Это, **во-первых**.

Во-вторых, уже говорилось о сложности, многофакторности и многоинформационности ПБ. Следовательно, **многоэлементность и сложность** ПБ — это еще одна грань многогранной ПБ.

В-третьих, взаимодействие и взаимодополнение (сочетание) элементов ПБ при применении их к конкретному объекту защиты является важной составляющей ПБ. Другими словами, это взаимодействие и взаимодополнение (сочетание) требований ПБ. Таким образом, **взаимодействие и взаимодополнение** (сочетание) требований ПБ являются еще одной гранью многогранной ПБ.

В-четвертых, реальность и материальность, сложность и многофакторность ПБ дают возможность понять механизмы ее обеспечения. Определение ПБ должно быть так сформулировано, чтобы из его содержания был виден механизм, формула, код обеспечения безопасности. И если ПБ реальная и материальная, сложна и многофакторна, то и механизм должен быть такой же реальный и материальный, сложный и многофакторный. ПБ как **меха-**

низм, как **формула** понимания обеспечения ПБ — это еще одна грань многогранной ПБ.

В-пятых, неприемлемость предлагаемой государством стоимости ПБ — это старая, но актуальная проблема. Нет точных оценок стоимости ПБ, но известно, что относительные затраты на ПБ в России сопоставимы с Западом. И специалистам известно, что стоимость ПБ в структуре экономики и социальной сферы уже достигла сотен миллиардов долларов. Такие масштабы нам не по карману, ведь денег в российской экономике во много раз меньше, чем на Западе.

Дело в том, что многие наши требования ПБ в своей структуре содержат дорогостоящую противопожарную технику и дорогостоящие противопожарные системы и технологии, такие же, как в западных странах. Однако многие из этих “штук” в российских условиях часто технически и организационно оторваны (бесполезны, напрасны) от реальной противопожарной деятельности. Вот только один пример. Применение автоматических систем обнаружения и тушения пожаров государством предусмотрено “где надо, а больше где не надо”. Темпы роста таких систем составляют более 30 % в год, что значительно обгоняет темпы роста ВВП. Практические работники ГПН сообщают, что около 80 % этих систем “умирает” в первый год эксплуатации. Практические работники ГПН спрашивают друг друга: “Кто-нибудь знает случаи, когда автомата помогла?”.

Мы не говорим о запрете в России применения западного уровня техники и технологий. Мы говорим только о том, что их применение должно быть обдуманным. За рубежом при применении многих систем ПБ исходят из необходимости экономической обоснованности. А у нас? При советской “затратной” экономике расходы на ПБ должны были **обосновываться экономически**. Теперь, при рациональном капитализме, сколько бы ни стоило выполнение требований ПБ, все они **заведомо, без обоснований, считаются** государством **экономически обоснованными**. Какими бы ни были большими ресурсы, направляемые на обеспечение ПБ, весь их объем оправдан.

Поэтому в определение ПБ в качестве составляющих элементов должны быть включены принципы: рациональности, экономической обоснованности и приемлемости для частного собственника стоимости мер по защите его имущества. **Рациональность** — это еще одна грань многогранной ПБ.

В-шестых. Выше говорилось, что определение ПБ должно служить моделью. **“Модельность”** — это еще одна грань многогранной ПБ.

В-седьмых. Отмечалось, что законодательство определяет два уровня ПБ. Это — ПБ страны. И в со-

ответствии с определением “ПБ объекта защиты” в законе [1] это — технические системы: здания, оборудование, транспортные средства и т. п. Получается, что больше двух уровней нет. А так ли это? Существует большое количество организационных систем, к которым относятся:

1) предприятия, организации, специальные учреждения, территории субъектов, города, жилые дома, дачные товарищества, отрасли и комплексы экономики, транспортные системы, вертикально-интегрированные структуры бизнеса, территориально-производственные комплексы и др.;

2) этапы жизненных циклов объектов: проектирование, конструирование, производство, строительство, перевозки и др.

Эти организационные системы (предприятия и др.) состоят из технических систем (зданий, оборудования и т. п.) и органов и технологий управления (управляющей надстройки). То, что технические и правовые требования ПБ установлены для технических систем: зданий, оборудования и т. п., общеизвестно. Но для нас важно обратить внимание, что технические и правовые требования ПБ установлены и к органам, и к технологиям управления (к управляющей надстройке) организационных систем.

Это — полномочия местных органов власти, задачи министерств и ведомств, обязанности руководителей и должностных лиц; управленческие процедуры; механизмы организации противопожарной работы; противопожарный режим; подготовленность персонала и населения и др.

Выполняя эти требования, органы управления, действуя, обеспечивают ПБ технических систем зданий, оборудования и т. п. и тем самым обеспечивают ПБ предприятий, территорий, строительства и т. д. Значит, кроме названных в законодательстве двух уровней ПБ, есть еще большое количество их. Однако ни практика, ни пожарная наука не видят ПБ в этих организационных системах. Не видят, что требования к ПБ есть, а самой ПБ нет. Получается, что части сложили, а полученное целое не называют своим именем. ПБ обеспечивают, а полученный результат не называют своим именем — ПБ. ПБ страны есть, а ее составляющих (ПБ территорий, экономики и др.) там нет. Но так не должно быть. Если есть государственный пожарный надзор, осуществляемый органами исполнительной власти субъектов РФ, то должен быть объект этого надзора — ПБ территории субъекта. Если есть ведомственный пожарный надзор, то должен быть объект этого надзора — ПБ отрасли экономики. На самом деле все организационные системы имеют свои, присущие им, модели ПБ. Если с этим согласимся, то крайне важно определить пожарную безопасность для разных

уровней экономики, государственного управления и социальной сферы.

Значит, **многоуровневость и многоэтапность** — это еще одна грань многогранной ПБ.

4. Объекты, для которых необходимо определить ПБ

По нашему мнению, необходимо определить пожарную безопасность для следующих объектов:

- здания, сооружения, строения на стадии проектирования;
- здания, сооружения, строения, законченные строительством, реконструкцией, капитальным ремонтом;
- объекты технической защиты (технические средства и системы, технологический процесс, транспортное средство);
- предприятия, организации, учреждения;
- вертикально-интегрированная структура экономики;
- отрасли экономики;
- строительно-монтажные, ремонтные и другие работы;
- перевозки (транспортирование);
- территории (край, область, республика);
- населенные пункты;
- муниципальные образования;
- многоквартирные, многоэтажные жилые дома;
- лесные участки, лесопарковые зоны.

И наконец, необходимо определить **пожарную безопасность всей страны**.

Очень важным представляется дать характеристику особенностям ПБ для:

- электротехнического объекта;
- опасного производственного объекта;
- линейного объекта;

Выводы

Определение ПБ для объектов разных “уровней” и “этапов” сделает нашу борьбу с пожарами более осмысленной и более эффективной. Это исключит противоречия между ведомствами. Знание смысла ПБ позволит познать смысл угрозы пожара и угрозы людям.

Когда в 90-е годы начали строить капитализм, многим специалистам было понятно, какой должна быть система ПБ в новых социально-экономических условиях. Однако органы ГПН подготовили в 1994 г. такой проект Федерального закона “О пожарной безопасности” (№ ФЗ-69), который не только закрепил советскую модель системы ПБ, но и включил в нее все то худшее, от чего сейчас пытаются избавиться. Для бизнеса она оказалась бюрократической: созданы административные барьеры;

ухудшилось противопожарное состояние страны; зря потрачены миллиарды денег; страна занимает одно из первых мест в мире по числу человеческих жертв.

Проблема определения понятия ПБ — это начало разговора о необходимости формирования нового законодательства о ПБ, потому что его текущий ремонт уже не только не помогает делу, но вредит.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон РФ от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ : принят Гос. Думой 4 июля 2008 г. : одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г. // Российская газета. — 2008. — № 163.
2. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 : зарегистр. в Минюсте РФ 6 августа 2009 г., рег. № 14486 [электронный ресурс]. URL : <http://www.mchs.gov.ru>.
3. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах : приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 : зарегистр. в Минюсте РФ 17 августа 2009 г., рег. № 14541 [электронный ресурс]. URL : <http://www.mchs.gov.ru>.
4. О пожарной безопасности : Федер. закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ : принят Гос. Думой 18 ноября 1994 г. // Собр. законодательства РФ. — 1994. — № 35.

Материал поступил в редакцию 20 ноября 2011 г.

Электронный адрес автора: gvv51@rambler.ru.

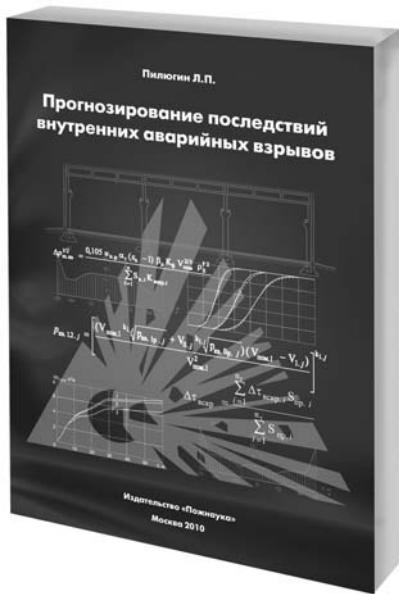


Издательство «ПОЖНАУКА»

Предлагает вашему вниманию

Л. П. Пилюгин

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ВНУТРЕННИХ АВАРИЙНЫХ ВЗРЫВОВ



Настоящая книга посвящена проблеме прогнозирования последствий внутренних взрывов газо-, паро- и пылевоздушных горючих смесей (ГС), образующихся при аварийных ситуациях на взрывоопасных производствах. В книге материал излагается применительно к дефлаграционным взрывам, которые обычно имеют место при горении ГС на этих производствах.

В качестве основных показателей при прогнозировании последствий аварийных взрывов ГС рассматриваются ожидаемый характер и объем разрушений строительных конструкций в здании (сооружении), в котором происходит аварийный взрыв.

Книга продолжает исследования автора в области проектирования зданий взрывоопасных производств и оценки надежности строительных конструкций (на основе метода преобразования рядов распределения случайных величин).

С использованием методов теории вероятностей разработаны методики: определения характеристик взрывной нагрузки как случайной величины; оценки вероятностей разрушения конструкций, характера и объема разрушений в здании при внутреннем аварийном взрыве. Приведенные методики сопровождаются примерами расчетов для зданий различных объемно-планировочных решений.

121352, г. Москва, а/я 43;
тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru



С. В. Макаркин
канд. юрид. наук, доцент,
начальник кафедры Уральского института
ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, Россия

УДК 614.84

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЖАРНЫЙ НАДЗОР В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: ПРАВОВАЯ ОСНОВА, ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Показана организация и принципы осуществления государственного пожарного надзора; дан анализ нормативных правовых актов, определяющих систему, полномочия должностных лиц и органов государственного пожарного надзора в Республике Беларусь.

Ключевые слова: государственный пожарный надзор; органы государственного пожарного надзора; должностные лица органов государственного пожарного надзора.

Правовую основу и принципы организации государственного пожарного надзора (далее — госпожнадзор) в Республике Беларусь (РБ) определяет Закон Республики Беларусь “О пожарной безопасности” от 15 июня 1993 г. № 2403-XII [1] (далее — Закон). В соответствии с ним госпожнадзор в республике проводится в целях защиты при пожарах жизни и здоровья людей, национального достоинства и обеспечения устойчивого функционирования экономики ([1], ст. 32). В свою очередь, порядок осуществления госпожнадзора в республике устанавливается Положением по осуществлению государственного пожарного надзора [2] (далее — Положение).

Несмотря на то что в законодательстве РБ [1] вопросам госпожнадзора посвящен целый раздел (разд. V), его положения не содержат определения понятия “государственный пожарный надзор”. Не раскрывает суть этого понятия и Положение [2].

Госпожнадзор согласно ст. 4 Закона [1] за соблюдением республиканскими органами государственного управления, местными исполнительными и распорядительными органами, иными организациями, их должностными лицами и гражданами требований законодательства о пожарной безопасности, в том числе технических нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации, осуществляется органами и подразделениями по чрезвычайным ситуациям, являющимися органами ГПН. На это также указывает и ст. 33 Закона [1].

Органы ГПН при осуществлении госпожнадзора руководствуются Конституцией РБ [3], иными

актами законодательства РБ и Положением [2]. Органы ГПН образуют систему, в которую входят (согласно п. 10 [2]):

- 1) органы ГПН МЧС:
 - управление надзора и профилактики МЧС (УНиП);
 - отдел экспертизы лицензируемых видов деятельности и отдел сертификации учреждения “Республиканский центр сертификации и экспертизы лицензируемых видов деятельности” МЧС (РЦСиЭ);
- 2) органы ГПН областных (Минского городского) управлений МЧС:
 - отдел надзора и профилактики, отдел нормативно-технической работы и предупреждения чрезвычайных ситуаций областных (Минского городского) управлений МЧС;
 - сектор надзора и профилактики на объектах метрополитена Минского городского управления МЧС;
 - отделения (группы) экспертизы лицензируемых видов деятельности (лицензирования) научно-практических (научно-исследовательских) центров областных (Минского городского) управлений МЧС;
- 3) органы ГПН городских (районных) отделов по чрезвычайным ситуациям (ГРОЧС):
 - инспекции ГПН ГРОЧС.

Органы ГПН осуществляют свою деятельность по административно-территориальному принципу на основе подчинения нижестоящих органов ГПН вышестоящим (п. 7 и 11 [2]). В отдельных случаях

по решению Главного государственного инспектора РБ по пожарному надзору возможно осуществление деятельности одного органа ГПН на территории административно-территориальной единицы, закрепленной за другим органом. Обоснованные предложения для принятия такого решения вносят органы ГПН областных (Минского городского) управлений МЧС (п. 7 [2]).

Систему органов ГПН определяет Главный государственный инспектор РБ по пожарному надзору. В своей деятельности органы ГПН взаимодействуют с другими органами государственного надзора.

Отметим, что в Законе [1] упоминается в качестве должностного лица органов ГПН только Главный государственный инспектор РБ по пожарному надзору. В свою очередь Положение [2] расширяет перечень должностных лиц органов ГПН. Так, согласно п. 13 [2] к должностным лицам органов ГПН относятся:

- 1) должностные лица органов ГПН МЧС:
 - Главный государственный инспектор Республики Беларусь по пожарному надзору — первый заместитель Министра по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь;
 - заместители Главного государственного инспектора Республики Беларусь по пожарному надзору — начальники УНиП и РЦСиЭ;
 - старшие государственные инспекторы Республики Беларусь по пожарному надзору — работники УНиП, отделов сертификации и экспертизы лицензируемых видов деятельности РЦСиЭ;
- 2) должностные лица органов ГПН областных (Минского городского) управлений МЧС:
 - главные государственные инспекторы области (г. Минска) по пожарному надзору — начальники областных (Минского городского) управлений МЧС;
 - заместители главных государственных инспекторов областей (г. Минска) по пожарному надзору — первые заместители начальников областных (Минского городского) управлений МЧС;
 - старшие государственные инспекторы областей и г. Минска по пожарному надзору — работники отделов надзора и профилактики, нормативно-технической работы и предупреждения чрезвычайных ситуаций областных (Минского городского) управлений МЧС, сектора надзора и профилактики на объектах метрополитена Минского городского управления МЧС, отделений (групп) экспертизы лицензируемых видов деятельности (лицензирования) научно-практических (научно-ис-

следовательских) центров областных (Минского городского) управлений МЧС;

- 3) должностные лица органов ГПН ГРОЧС:
 - главные государственные инспекторы городов (районов) по пожарному надзору — начальники ГРОЧС;
 - государственные инспекторы городов (районов) по пожарному надзору — заместители начальников ГРОЧС по ГПН (начальники инспекций ГПН), работники инспекций ГПН ГРОЧС, начальники пожарных аварийно-спасательных постов (имеющие специальные звания среднего и старшего начальствующего состава).

В случае отсутствия Главного государственного инспектора РБ по пожарному надзору, главных государственных инспекторов областей (г. Минска) по пожарному надзору исполнение обязанностей возлагается на их заместителей. При отсутствии главных государственных инспекторов городов (районов) по пожарному надзору исполнение обязанностей возлагается на должностных лиц органов ГПН, замещающих их по должностным обязанностям.

Нельзя недооценивать роль органов ГПН РБ в обеспечении пожарной безопасности страны, так как они наряду с Советом Министров РБ, местными Советами депутатов, исполнительными и распорядительными органами осуществляют государственное управление в области обеспечения пожарной безопасности (ст. 3 Закона [1]).

Говоря об обязанностях должностных лиц органов ГПН, в очередной раз обратимся к тексту Закона [1]. Согласно ст. 35 органы ГПН РБ:

- осуществляют надзор за соблюдением республиканскими органами государственного управления, местными исполнительными и распорядительными органами, иными организациями и гражданами требований настоящего Закона, иных нормативных правовых актов, в том числе требований технических нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации;
- дают заключения по проектам технических нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации;
- осуществляют выборочный контроль за выполнением проектными и строительными организациями и гражданами противопожарных требований при проектировании, строительстве, реконструкции и техническом переоснащении объектов;
- информируют население о состоянии пожарной безопасности объектов и результатах надзорной деятельности;

- оказывают помощь внештатным пожарным формированиям в организации профилактической работы и боевой подготовки;
- участвуют в комиссиях по приемке в эксплуатацию завершенных строительством объектов;
- оказывают помощь республиканским органам государственного управления, местным исполнительным и распорядительным органам, иным организациям в обучении учащихся, студентов и работников требованиям пожарной безопасности;
- осуществляют в соответствии с законодательством Республики Беларусь [4, 5] производство доznания по уголовным делам о пожарах и (или) нарушении противопожарных правил, а также производство по делам об административных правонарушениях.

Перечисленные обязанности органов ГПН РБ в п. 12 [2] закреплены в качестве функций рассматриваемых надзорных органов.

Необходимо отметить, что на должностных лиц органов ГПН запрещается возлагать обязанности и давать поручения, которые могут повлиять на качество работы и независимость при осуществлении надзорных функций. В случае нарушения указанного требования должностное лицо органа ГПН вправе обратиться к вышестоящему главному государственному инспектору по пожарному надзору, в том числе непосредственно к Главному государственному инспектору РБ по пожарному надзору (п. 6 [2]).

Должностные лица органов ГПН несут ответственность в установленном законодательством порядке за неисполнение или ненадлежащее исполнение возложенных на них обязанностей (п. 8 [2]).

В соответствии с законодательством РБ (ст. 36 Закона [1]) органам ГПН для выполнения возложенных на них обязанностей предоставляется право:

- проводить пожарно-техническое обследование объектов, выдавать предписания, предупреждения, заключения и рекомендации по устранению нарушений требований технических нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации. Отметим, что Закон запрещает обследование индивидуальных жилых домов и построек при них, квартир в ночное время;
- утверждать в соответствии со своей компетенцией нормы и правила пожарной безопасности, другие технические нормативные правовые акты, устанавливающие требования пожарной безопасности. Отметим, что нормы и правила пожарной безопасности, иные технические нормативные правовые акты, устанавливающие требования пожарной безопасности и используемые при осуществлении строительной деятельности,

утверждаются после их согласования с Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь;

- приостанавливать действие технических нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации, не согласованных с органами ГПН и противоречащих требованиям пожарной безопасности;
- осуществлять проверку знания вопросов пожарной безопасности работниками и гражданами в предусмотренных законодательством случаях;
- требовать и получать от республиканских органов государственного управления, местных исполнительных и распорядительных органов, иных организаций и граждан сведения и документы, характеризующие состояние пожарной безопасности зданий, сооружений и выпускаемой продукции, а также о пожарах и их последствиях;
- координировать проведение научных исследований и государственных испытаний в области обеспечения пожарной безопасности, участвовать в проведении данных исследований и испытаний, осуществлять в пределах своей компетенции подтверждение соответствия требованиям пожарной безопасности и лицензирование деятельности по обеспечению пожарной безопасности;
- привлекать в установленном порядке специалистов научно-исследовательских и проектных организаций, инженерно-технических и других работников объектов для участия в разработке противопожарных мероприятий, проведения пожарно-технических экспертиз, а в случае необходимости и для участия в работе по контролю за соблюдением технических нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации;
- приостанавливать полностью или частично при невыполнении соответствующих предупреждений работу организаций, строительство, реконструкцию, реставрацию, техническое переоснащение, ремонт объектов и производство других работ при нарушении требований технических нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации и проектной документации, а также запрещать эксплуатацию зданий, сооружений, помещений, машин, приборов, оборудования и других устройств, функционирующих с нарушением названных требований. Следует особо отметить, что приостановка осуществляется без соответствующего предупреждения, если создана непосредственная угроза возникновения пожара;
- запрещать выпуск, реализацию и использование продукции, не соответствующей требова-

ниям технических нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации;

- рассматривать в соответствии с законодательством Республики Беларусь дела об административных правонарушениях;
- издавать техническую, информационно-справочную и другую литературу, направленную на предупреждение пожаров и совершенствование деятельности по обеспечению пожарной безопасности;
- согласовывать проекты на строительство объектов, в которых отсутствуют противопожарные требования, а также проекты с обоснованными отступлениями от противопожарных требований.

Кроме того, в соответствии со ст. 11 Закона [1] органы ГПН имеют право требовать от государственных средств массовой информации бесплатно помещать в них и передавать для населения информацию противопожарной направленности.

Говоря о деятельности должностных лиц органов ГПН, отметим, что Главный государственный инспектор РБ по пожарному надзору осуществляет в соответствии с законодательством РБ руководство органами ГПН. Компетенция Главного государственного инспектора РБ по пожарному надзору устанавливается законодательством РБ. Однако Закон [1] напрямую не определяет его права. Некоторые из них можно выделить, анализируя содержание отдель-

ных статей Закона [1]. Так, в ст. 8 указано, что Главный государственный инспектор РБ по пожарному надзору в рамках своей компетенции:

- определяет порядок функционирования системы противопожарного нормирования и стандартизации;
- согласовывает технические нормативные правовые акты системы противопожарного нормирования и стандартизации в порядке, установленном законодательством РБ.

В соответствии с ч. 3 ст. 11 Закона [1] Главный государственный инспектор РБ по пожарному надзору устанавливает перечень ввозимых в республику и выпускаемых на ее территории средств противопожарной защиты, а также изделий, представляющих пожарную опасность. Кроме того, он определяет перечень и компетенцию других должностных лиц органов ГПН (ст. 34 [1]).

Отметим, что в п. 15–22 [2] конкретизируются права Главного государственного инспектора РБ по пожарному надзору и четко определяются права других должностных лиц органов ГПН.

Немаловажным является и то, что согласно законодательству (ч. 3 ст. 36 [1]) работники органов ГПН являются представителями власти. При исполнении своих служебных обязанностей указанные лица руководствуются законодательством РБ и подотчетны только вышестоящим должностным лицам органов ГПН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О пожарной безопасности : Закон РБ от 15 июня 1993 г. № 2403-XII // Ведомости Верховного Совета РБ. — 1993. — № 23, ст. 282.
2. Об утверждении положения по осуществлению государственного пожарного надзора : постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям РБ от 25 июня 2003 г. № 26 // Национальный реестр правовых актов РБ. — 2003. — № 82, 8/9795.
3. Конституция Республики Беларусь : 15 марта 1994 г. № 2875-XII (с изм. и доп. от 24 ноября 1996 г. и 17 октября 2004 г.) // Национальный правовой Интернет-портал РБ. Эталонный банк данных правовой информации РБ. — URL : <http://pravo.by/webnpa/text.asp?RN=V19402875> (дата обращения: 20.08.2011).
4. Уголовно-процессуальный кодекс Республики Беларусь : Кодекс РБ от 16 июля 1999 г. № 295-З (с послед. изм. и доп.) // Национальный реестр правовых актов РБ. — 1999. — № 76, 2/50.
5. Об административных правонарушениях : Кодекс РБ от 21 апреля 2003 г. № 194-З (с послед. изм. и доп.) // Национальный реестр правовых актов РБ. — 2003. — № 63, 2/946.

Материал поступил в редакцию 12 октября 2011 г.

Электронный адрес автора: mak_s@el.ru.



Д. О. Глушкин
аспирант Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск, Россия



П. А. Стрижак
канд. физ.-мат. наук, доцент Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск, Россия

УДК 536.468

ЗАЖИГАНИЕ ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА НАГРЕТОЙ ДО ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЧАСТИЦЕЙ В УСЛОВИЯХ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА

В рамках газофазной модели зажигания, учитывающей в двумерной постановке процессы теплопроводности, термической деструкции, диффузии и конвекции продуктов пиролиза полимерного материала в среде окислителя, выполнено моделирование процесса зажигания полимера одиночной, нагретой до высоких температур металлической частицей. Разработанная модель позволила провести анализ диффузионного и конвективного механизмов массопереноса, физико-химических превращений. Установлены зависимости времени задержки зажигания полимерного материала от начальной температуры и размеров локального источника энергии. Определены минимальные значения начальной температуры и размеров частицы, при которых возможно возгорание в системе полимерный материал – металлическая частица – окислитель.

Ключевые слова: зажигание; конвекция; полимерный материал; газовая смесь; металлическая частица; пожарная опасность.

Введение

Изучение тепломассопереноса при зажигании широко распространенных жидкых и твердых конденсированных веществ типичными локальными источниками энергии — одиночными, нагретыми до высоких температур металлическими и неметаллическими частицами малых размеров — расширяет возможности применения мероприятий по предупреждению возгораний, пожаров и взрывов. Результаты экспериментальных [1–3] и теоретических [4–8] исследований подтверждают возможность и определяют условия реализации такого механизма инициирования процесса горения для большой группы материалов и веществ, а также позволяют установить основные макроскопические закономерности тепломассопереноса и физико-химических превращений. Так, например, экспериментально установлены условия зажигания смесевых твердых топливных композиций [1] и жидкых топлив [2, 3] одиночными «горячими» частицами. Разработаны математические модели зажигания одиночными частицами твердых топлив [4, 5], лесных горючих материалов [6], жидких топлив [7, 8] и полимерных материалов (ПМ) [9].

При возгорании полимеров, как правило, выделяется большая группа газообразных веществ [10],

способных к воспламенению при достижении предельных значений концентрации и температуры газовой смеси. В [9] представлены результаты численного исследования газофазного зажигания полистирола при диффузионном тепломассопереносе газообразных продуктов пиролиза полимера. В [7, 8] установлено, что условия зажигания жидкого топлива одиночной частицей существенно зависят от конвекции паров горючего в газовой области над поверхностью жидкого топлива. Условия диффузионно-конвективного тепломассопереноса при зажигании ПМ локальным источником энергии до настоящего времени не изучены.

Целью настоящей работы является численный анализ макроскопических закономерностей тепломассопереноса при газофазном зажигании смеси продуктов термической деструкции ПМ и окислителя разогретой до высоких температур частицей в рамках модели, учитывающей комплекс взаимосвязанных физико-химических процессов в малой окрестности локального источника нагрева и приповерхностного слоя полимера.

Постановка задачи

Рассматривалась система горячая частица – полимерный материал – газовая смесь (рис. 1). Пред-

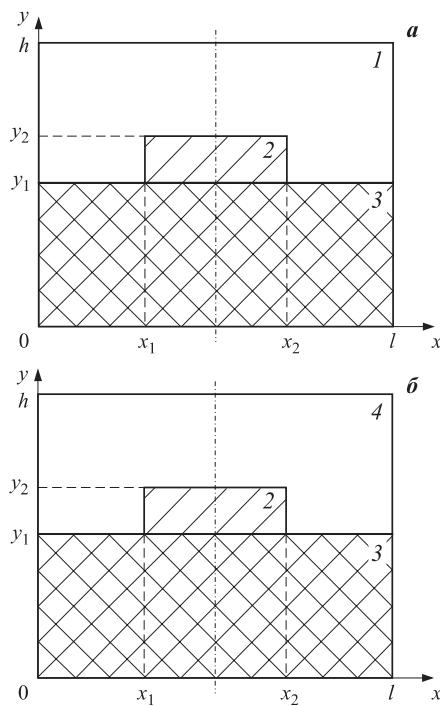


Рис. 1. Схема областей решения задачи в начальный ($t = 0$) момент времени (а) и при $0 < t < t_d$ (б): 1 — воздух; 2 — стальная частица; 3 — ПМ; 4 — смесь продуктов газификации с окислителем

полагалось, что локальный источник энергии — разогретая до высоких температур стальная частица в форме параллелепипеда малых размеров инерционно выпадает на поверхность типичного полимерного материала — полистирола. При прогреве приповерхностного слоя ПМ выполняются условия термической деструкции. В результате инициируется процесс газификации ПМ вблизи нижней грани источника энергии. За счет диффузионно-конвективного массопереноса газообразные продукты термического разложения перемешиваются с воздухом и разогреваются. Формируется газовая смесь, состоящая из окислителя (воздуха) и продуктов газификации ПМ. При достижении предельных значений концентрации компонентов и температуры газовой смеси реакция окисления принимает необратимый характер, в результате чего происходит газофазное зажигание.

Исследования выполнены для частицы размерами l_p и h_p . В полимере и воздухе выделялись области с характерными размерами l и h , существенно большими, чем размеры горячей частицы. Задача решена в декартовой системе координат (см. рис. 1).

При численном моделировании исследуемого процесса приняты следующие допущения:

- В результате термической деструкции ПМ образуется одно вещество с известными теплофизическими и термохимическими характеристиками.

- Не учитываются возможные процессы выгорания полимера и кристаллизации источника зажигания.

- Газоприход с участка поверхности, закрытого частицей ($y = y_1$, $x_1 < x < x_2$), распределяется в непосредственной близости от источника тепла.

- Контакт между частицей и веществом идеален. Не учитывается возможное образование газового зазора между ПМ и частицей.

Принимались общепринятые условия воспламенения [11]:

- тепло, выделяемое в результате химической реакции окисления газообразных продуктов термического разложения ПМ, больше тепла, передаваемого от источника энергии полимеру и газовой смеси;
- температура газовой смеси в зоне интенсивной реакции окисления превышает начальную температуру источника энергии.

Применение сформулированных условий зажигания обусловлено следующими причинами. При остывании разогретой частицы малых размеров теоретически возможны варианты, при которых тепловой поток от остивающей частицы в зону реакции будет меньше медленно развивающейся реакции, но зажигание при этом не произойдет. Поэтому введено условие превышения температуры газовой смеси относительно начальной температуры источника зажигания.

Математическая модель и метод решения

Комплекс процессов тепломассопереноса с фазовыми переходами и химическим реагированием при $0 \leq t \leq t_d$ описывается следующей системой нелинейных нестационарных дифференциальных уравнений, удовлетворяющих основным положениям общей теории диффузии и теплопередачи в химической кинетике [12–14]:

- уравнение неразрывности ($0 < x < x_1$, $x_2 < x < l$, $y_1 < y < y_2$; $0 < x < l$, $y_2 < y < h$):

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0; \quad (1)$$

- уравнения движения смеси продуктов термической деструкции с воздухом ($0 < x < x_1$, $x_2 < x < l$, $y_1 < y < y_2$; $0 < x < l$, $y_2 < y < h$):

$$\rho_4 \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = - \frac{\partial P_4}{\partial x} + v_4 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \rho_4 \beta g_x (T_4 - T_0); \quad (2)$$

$$\rho_4 \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = - \frac{\partial P_4}{\partial y} + v_4 \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \rho_4 \beta g_y (T_4 - T_0); \quad (3)$$

- уравнение энергии для смеси окислителя с продуктами газификации ($0 < x < x_1, x_2 < x < l, y_1 < y < y_2; 0 < x < l, y_2 < y < h$):

$$\rho_4 C_4 \left(\frac{\partial T_4}{\partial t} + u \frac{\partial T_4}{\partial x} + v \frac{\partial T_4}{\partial y} \right) = \lambda_4 \left(\frac{\partial^2 T_4}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_4}{\partial y^2} \right) + Q_o W_o; \quad (4)$$

- уравнение диффузии компонентов термического разложения в среде окислителя ($0 < x < x_1, x_2 < x < l, y_1 < y < y_2; 0 < x < l, y_2 < y < h$):

$$\rho_4 \left(\frac{\partial C_r}{\partial t} + u \frac{\partial C_r}{\partial x} + v \frac{\partial C_r}{\partial y} \right) = \rho_4 D_4 \left(\frac{\partial^2 C_r}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_r}{\partial y^2} \right) - W_o; \quad (5)$$

- уравнение баланса смеси окислителя с компонентами термического разложения ($0 < x < x_1, x_2 < x < l, y_1 < y < y_2; 0 < x < l, y_2 < y < h$):

$$C_r + C_o = 1; \quad (6)$$

- уравнение теплопроводности для стальной частицы ($x_1 < x < x_2, y_1 < y < y_2$):

$$\rho_2 C_2 \frac{\partial T_2}{\partial t} = \lambda_2 \left(\frac{\partial^2 T_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_2}{\partial y^2} \right); \quad (7)$$

- уравнение энергии для ПМ ($0 < x < l, 0 < y < y_1$):

$$\rho_3 C_3 \frac{\partial T_3}{\partial t} = \lambda_3 \left(\frac{\partial^2 T_3}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_3}{\partial y^2} \right) + Q_3 W_3. \quad (8)$$

Объемные доли компонентов газовой смеси определялись из их массовых концентраций в смеси:

$$\varphi_5 = \frac{C_r / \rho_5}{C_r / \rho_5 + C_o / \rho_1}; \quad (9)$$

$$\varphi_1 + \varphi_5 = 1. \quad (10)$$

Теплофизические характеристики смеси газов с окислителем в воздухе вычислялись по формулам:

$$\lambda_4 = \lambda_1 \varphi_1 + \lambda_5 \varphi_5; \quad (11)$$

$$C_4 = C_1 \varphi_1 + C_5 \varphi_5; \quad (12)$$

$$\rho_4 = \rho_1 \varphi_1 + \rho_5 \varphi_5. \quad (13)$$

В системе уравнений (1)–(13) приняты следующие обозначения:

u, v — составляющие скорости конвекции смеси газов горючего и окислителя в проекции на ось x и y соответственно, м/с;

ρ_i — плотность, кг/м³;

t — время, с;

P_4 — давление, Па;

ν — кинематическая вязкость, м²/с;

β — коэффициент термического расширения, К⁻¹;

g_x и g_y — компоненты ускорения свободного падения в проекции на ось x и y соответственно, м/с²;

T_i — текущее значение температуры i -го компонента системы, К;

C_i — удельная теплоемкость, Дж/(кг·К);

λ_i — коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);

Q_o — тепловой эффект химической реакции окисления, МДж/кг;

W_o — массовая скорость химической реакции окисления, кг/(м³·с);

$$W_o = \rho_4 C_o C_r k_4^0 \exp \left(- \frac{E_4}{RT_4} \right);$$

C_o — массовая концентрация окислителя;

C_r — массовая концентрация компонентов термического разложения; $0 < C_r < 1$;

k_3^0, k_4^0 — предэкспоненциальные множители, с⁻¹;

E_4 — энергия активации химической реакции окисления, кДж/моль;

R — универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К);

D_4 — коэффициент диффузии компонентов термического разложения вещества в воздухе, м²/с;

Q_3 — теплота газификации, МДж/кг;

W_3 — скорость реакции термического разложения ПМ, кг/(м³·с);

$$W_3 = \varphi_3 \rho_3 k_3^0 \exp \left(- \frac{E_3}{RT_3} \right);$$

φ_3 — текущее значение объемной доли вещества, способной к химическому реагированию;

E_3 — энергия активации химической реакции газификации, кДж/моль;

индексы “1”, “2”, “3”, “4”, “5” соответствуют воздуху, стальной частице, ПМ, смеси воздуха с компонентами термического разложения вещества, продуктам газификации ПМ.

Уравнение неразрывности (1) и уравнения движения (2), (3) для газовой смеси могут быть записаны в переменных функция тока – вихрь скорости:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = \omega; \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \omega}{\partial t} + u \frac{\partial \omega}{\partial x} + v \frac{\partial \omega}{\partial y} = \\ = \nu_4 \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right) + \beta g_y \frac{\partial T_4}{\partial x}. \end{aligned} \quad (15)$$

Функция тока ψ (м³/с) и вектор вихря скорости ω (с⁻¹) заданы следующим образом:

$$u = \frac{\partial \psi}{\partial y}; \quad v = - \frac{\partial \psi}{\partial x}; \quad \omega = \text{rot}_z \vec{v} = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}. \quad (16)$$

Начальные условия (см. рис. 1, а) при $t = 0$:

$0 < x < l, 0 < y < y_1:$

$$\begin{cases} T_3 = T_0, \\ \varphi_3 = \varphi_0, \\ C_r = 0, \\ \psi = 0, \\ \omega = 0; \end{cases} \quad (17)$$

$0 < x < x_1, x_2 < x < l, y_1 < y < y_2; 0 < x < l, y_2 < y < h:$

$$\begin{cases} T_1 = T_0, \\ C_r = 0, \\ \psi = 0, \\ \omega = 0; \end{cases} \quad (18)$$

$x_1 < x < x_2, y = y_1$

$$\begin{cases} -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} = -\lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial x}, \\ T_2 = T_3, \\ C_r = 0, \\ \psi = 0, \\ \omega = 0; \end{cases} \quad (19)$$

$x_1 < x < x_2, y_1 < y < y_2:$

$$\begin{cases} T_2 = T_p, \\ C_r = 0, \\ \psi = 0, \\ \omega = 0. \end{cases} \quad (20)$$

Здесь φ_0 — объемная доля вещества, способная термически разлагаться; T_0 — начальная температура в системе, К; T_p — начальная температура “горячей” стальной частицы, К.

Границные условия (см. рис. 1, б) при $0 \leq t \leq t_d$:

$$\begin{cases} x = 0, 0 < y < y_1, \\ x = l, 0 < y < y_1: \end{cases} \quad \frac{\partial T_3}{\partial x} = 0; \quad (21)$$

$$\begin{cases} x = 0, y_1 < y < h, \\ x = l, y_1 < y < h: \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{\partial T_4}{\partial x} = 0, \\ \frac{\partial C_r}{\partial x} = 0, \\ \frac{\partial \psi}{\partial x} = 0, \\ \frac{\partial \omega}{\partial x} = 0; \end{cases} \quad (22)$$

$$\begin{cases} x = x_1, y_1 < y < y_2: \end{cases} \quad \begin{cases} -\lambda_4 \frac{\partial T_4}{\partial x} = -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial x}, \\ T_4 = T_2, \\ \frac{\partial C_r}{\partial x} = 0, \\ \frac{\partial \psi}{\partial x} = 0, \\ \psi = 0; \end{cases} \quad (23)$$

$$\begin{cases} x = x_2, y_1 < y < y_2: \end{cases} \quad \begin{cases} -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} = -\lambda_4 \frac{\partial T_4}{\partial x}, \\ T_2 = T_4, \\ \frac{\partial C_r}{\partial x} = 0, \\ \frac{\partial \psi}{\partial x} = 0, \\ \psi = 0; \end{cases} \quad (24)$$

$$\begin{cases} y = 0, 0 < x < l: \end{cases} \quad \frac{\partial T_3}{\partial y} = 0; \quad (25)$$

$$\begin{cases} y = y_1, x_1 < x < x_2: \end{cases} \quad \begin{cases} -\lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial y} = -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial y} + Q_3 W_3, \\ T_3 = T_2, \\ \frac{\partial C_r}{\partial y} = 0, \\ \frac{\partial \psi}{\partial y} = 0, \\ \psi = 0; \end{cases} \quad (26)$$

$y = y_1, 0 < x < x_1,$

$$\begin{cases} y = y_1, x_2 < x < l: \end{cases}$$

$$\begin{cases} -\lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial y} = -\lambda_4 \frac{\partial T_4}{\partial y} + Q_3 W_3, \\ T_3 = T_4, \\ -\rho_4 D_4 \frac{\partial C_r}{\partial y} = W_h^{\Sigma y}, \\ \frac{\partial \psi}{\partial y} = u, -\frac{\partial \psi}{\partial x} = v; \end{cases} \quad (27)$$

$y = y_2; x_1 < x < x_2:$

$$\begin{cases} -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial y} = -\lambda_4 \frac{\partial T_4}{\partial y}, \\ T_2 = T_4, \\ \frac{\partial C_r}{\partial y} = 0, \\ \frac{\partial \psi}{\partial y} = 0, \\ \psi = 0; \end{cases} \quad (28)$$

$y = h, 0 < x < l:$

$$\begin{cases} \frac{\partial T_4}{\partial y} = 0, \\ \frac{\partial C_r}{\partial y} = 0, \\ \frac{\partial \psi}{\partial y} = 0, \\ \psi = 0, \end{cases} \quad (29)$$

где $W_h^{\Sigma y} = \int_{y=0}^{y=y_1} \varphi_3 \rho_3 k_3^0 \exp\left(-\frac{E_3}{RT_3}\right) dy. \quad (30)$

Коэффициент диффузии компонентов термического разложения ПМ в воздухе рассчитан по формуле [15]:

$$D_4 = 0,2 \cdot 10^{-6} \left(\frac{T_4}{273} \right). \quad (31)$$

Суммарная скорость газификации ПМ на участке поверхности, закрытом частицей, составляющие которой вычислялись на каждом шаге вдоль оси x по выражению (30), определена из соотношения [7]:

$$y = y_1, x_1 < x < x_2: \quad W_h^{\Sigma} = \int_{x=x_1}^{x=x_2} W_h^{\Sigma y}(x) dx. \quad (32)$$

Суммарный газоприход W_h^{Σ} принимался по аналогии с [7] распределенным в малой окрестности частицы согласно выражениям:

$y = y_1, x_1 - 10h_x < x < x_1:$

$$W_h^S(x)_k = W_h^{\Sigma y}(x)_k + \frac{0,1k - 0,05}{10} W_h^{\Sigma}, \quad k = 1; 2; \dots; 10; \quad (33)$$

$y = y_1, x_2 < x < x_2 + 10h_x:$

$$W_h^S(x)_k = W_h^{\Sigma y}(x)_k + \frac{1,05 - 0,1k}{10} W_h^{\Sigma}, \quad k = 1; 2; \dots; 10, \quad (34)$$

где $W_h^{\Sigma y}(x)_k$ — массовая скорость газификации ПМ на k -м шаге вдоль оси x относительно боковой поверхности частицы без учета дополнительного газоприхода с участка поверхности, закрытого частицей;

$W_h^S(x)_k$ — суммарная скорость газификации полимера на k -м шаге вдоль оси x в окрестности частицы.

При решении разностного аналога дифференциального уравнения завихренности (15) использовалась вторая схема с разностями против потока [16]. Выбор обусловлен тем, что использование этой схемы приводит к повышению точности вычислений и сходимости решения по сравнению с другими аналогами.

Главной особенностью граничных условий для уравнения завихренности (15) является то, что они записываются в явном виде лишь для функции тока ψ и не задаются для вектора вихря ω . Традиционно в таких случаях используются формулы Вудса как первого, так и второго порядка [12, 16]. В данной работе использовалась формула Вудса второго порядка [16], успешно апробированная при решении достаточно сложных задач сопряженного тепломассопереноса в замкнутых областях с локальными источниками энергии [17, 18]:

$$\omega_{0,j} = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} \Big|_{0,j} = \frac{8\psi_{1,j} - \psi_{2,j} - 7\psi_{0,j}}{2h_x^2} - \frac{3}{h_x} \frac{\partial \psi}{\partial x} \Big|_{0,j}; \quad (35)$$

$$\omega_{i,0} = \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} \Big|_{i,0} = \frac{8\psi_{i,1} - \psi_{i,2} - 7\psi_{i,0}}{2h_y^2} - \frac{3}{h_y} \frac{\partial \psi}{\partial y} \Big|_{i,0}, \quad (36)$$

где i, j — номер шага по координате соответственно x и y ;

h_x, h_y — величина шага по соответствующей координате.

Система дифференциальных уравнений (1)–(36), описывающих процессы тепломассопереноса при зажигании ПМ, с соответствующими начальными и граничными условиями решалась методом конечных разностей [14]. Для решения разностных аналогов дифференциальных уравнений использовался локально-одномерный метод [14]. Система одномерных разностных уравнений решалась методом итераций с применением метода прогонки [14] на каждой итерации при использовании неявной четырехточечной разностной схемы. Принимались следующие параметры разностной и временной сеток: шаг по пространственным координатам $h_x = 2 \cdot 10^{-5}$ м, $h_y = 2 \cdot 10^{-5}$ м, шаг по времени $\Delta t = 0,001$ с. Проведено тестирование разработанных метода и алгоритма численного решения задачи с использованием результатов [19, 20]. Установлено хорошее соответствие численных значений основных интегральных характеристик процесса тепломассопереноса — чисел Нуссельта, полученных по результатам [19, 20] и с использованием разработанного для задачи (1)–(36) алгоритма.

Результаты и обсуждение

Численные исследования выполнены при следующих значениях параметров [10, 15, 21, 22]: начальная температура ПМ и воздуха $T_0 = 300$ К, стальной частицы $T_p = 1400 \div 2000$ К; температура начала пиролиза вещества $T_c = 600$ К; тепловой эффект реакции окисления газовой смеси $Q_0 = 121$ МДж/кг; тепловой эффект реакции термического разложения вещества $Q_3 = 40$ МДж/кг; энергия активации реакции окисления $E_4 = 150$ кДж/моль; энергия активации реакции термического разложения $E_3 = 190$ кДж/моль; предэкспоненциальные множители — $k_3^0 = 6,7 \cdot 10^8$ с⁻¹, $k_4^0 = 1 \cdot 10^9$ с⁻¹; объемная доля вещества, способного к химическому реагированию, $\varphi_3 = 1$; коэффициент термического расширения $\beta = 0,00096$ К⁻¹; размеры частицы $l_p = 4 \cdot 10^{-3}$ м, $h_p = 2 \cdot 10^{-3}$ м; размеры области решения $l = 0,02$ м, $h = 0,02$ м.

Теплофизические характеристики взаимодействующих веществ следующие:

$\lambda_1 = 0,026$ Вт/(м·К); $\rho_1 = 1,161$ кг/м³;

$C_1 = 1190$ Дж/(кг·К);

$\lambda_2 = 50$ Вт/(м·К); $\rho_2 = 7832$ кг/м³;

$C_2 = 471$ Дж/(кг·К);

$\lambda_3 = 0,16$ Вт/(м·К); $\rho_3 = 1080$ кг/м³;

$C_3 = 1380$ Дж/(кг·К);

$\lambda_5 = 0,072$ Вт/(м·К); $\rho_5 = 2,378$ кг/м³;

$C_5 = 3876$ Дж/(кг·К).

Численный анализ процессов тепломассопереноса при газофазном зажигании ПМ, выполненный на базе диффузионно-конвективной модели (см. рис. 1), позволил установить зависимости времени задержки зажигания продуктов пиролиза полистирола t_d от начальной температуры T_p (табл. 1) и размеров l_p, h_p (табл. 2) “горячей” стальной частицы.

Зависимость времени задержки зажигания ПМ от начальной температуры частицы (см. табл. 1) можно объяснить тем, что при понижении T_p уменьшается теплосодержание частицы. Вследствие этого при ее взаимодействии с веществом меньше тепла расходуется на нагрев приповерхностного слоя ПМ. Из табл. 1 видно, что при $T_p = 1400$ К не происходит зажигания. Температуру 1400 К можно считать пороговой при $l_p = 4 \cdot 10^{-3}$ м и $h_p = 2 \cdot 10^{-3}$ м.

При незначительном снижении размеров частицы относительно $l_p = 6,4 \cdot 10^{-3}$ м и $h_p = 3,2 \cdot 10^{-3}$ м время задержки зажигания существенно не изменяется. Однако при уменьшении размеров частицы до

Таблица 1. Времена задержки зажигания в системе стальная частица – ПМ – воздух в зависимости от начальной температуры частицы при $l_p = 4 \cdot 10^{-3}$ м и $h_p = 2 \cdot 10^{-3}$ м

T_p , К	2000	1900	1800	1700	1600	1500	1400
t_d , с	0,129	0,142	0,155	0,175	0,2	0,381	Нет зажигания

Таблица 2. Времена задержки зажигания в системе *стальная частица – ПМ – воздух* в зависимости от размеров частицы при $T_p = 1500$ К

Размер частицы, м		Значение t_d , с
l_p	h_p	
$6,4 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	0,296
$5,6 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	0,304
$4,8 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	0,321
$4,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	0,381
$3,2 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	0,836
$2,4 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	Нет зажигания

$l_p = 3,2 \cdot 10^{-3}$ м и $h_p = 1,6 \cdot 10^{-3}$ м происходит резкое увеличение параметра t_d (см. табл. 2). Это можно объяснить тем, что уменьшение размеров частицы ведет к соответствующим изменениям площадей поверхности, с которых осуществляется теплоотвод в ПМ и воздух. При этом менее интенсивно происходит газификация полимера и нагрев образующейся газовой смеси. Вследствие этого снижается как температура смеси продуктов пиролиза ПМ с окислителем, так и скорость оттока газов от поверхности нагрева. В таких условиях увеличивается время задержки зажигания ПМ.

На рис. 2–4 представлены распределения температур и концентраций в расчетной области ($0 < x < l$, $0 < y < h$) в момент зажигания полистирола частицей с температурой $T_p = 1500$ К и размерами $l_p = 4 \cdot 10^{-3}$ м, $h_p = 2 \cdot 10^{-3}$ м.

Полученные распределения (см. рис. 2–4) показывают достаточно существенные отличия механизма газофазного зажигания ПМ в условиях конвекции по сравнению с диффузионной моделью тепломассопереноса [9] при воспламенении полимера. Так, установлено, что зажигание происходит в малой по размерам газовой области над частицей в районе оси симметрии (см. рис. 2). Это можно объяснить тем, что температура продуктов термической деструкции ПМ в условиях конвекции ниже температуры, соответствующей началу химической реакции их окисления, а интенсивность процесса массопереноса выше по сравнению со скоростью движения газов при диффузии [9]. Вследствие этого продукты пиролиза в условиях конвекции быстрее удаляются от поверхности полимера и медленнее нагреваются при теплообмене с боковыми гранями частицы. В результате газы достигают максимальных температур (см. рис. 2) и массовых концентраций (см. рис. 4) только над частицей.

На рис. 3 хорошо заметно снижение температуры частицы на границах с воздухом и ПМ за счет теплоотвода со всех ее граней. При газификации полимера происходит поглощение энергии терми-

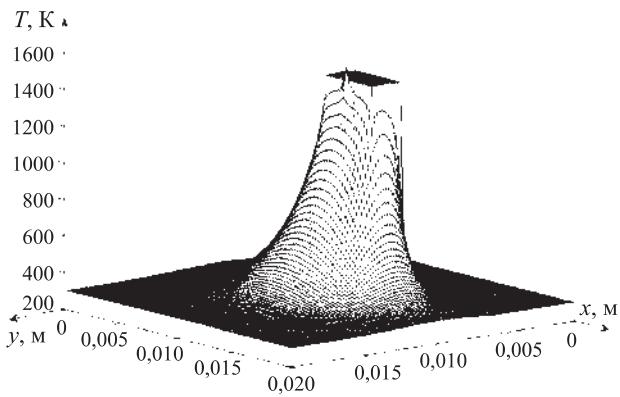


Рис. 2. Температурное поле системы *стальная частица – ПМ – воздух* в момент зажигания ($t_d = 0,381$ с) при $T_p = 1500$ К, $l_p = 4 \cdot 10^{-3}$ м, $h_p = 2 \cdot 10^{-3}$ м

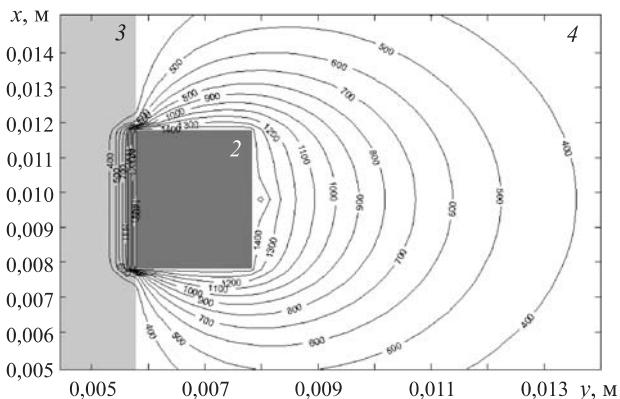


Рис. 3. Изотермы системы *стальная частица – ПМ – воздух* в момент зажигания ($t_d = 0,381$ с) при $T_p = 1500$ К, $l_p = 4 \cdot 10^{-3}$ м, $h_p = 2 \cdot 10^{-3}$ м: 2 — стальная частица; 3 — ПМ; 4 — смесь продуктов газификации с окислителем

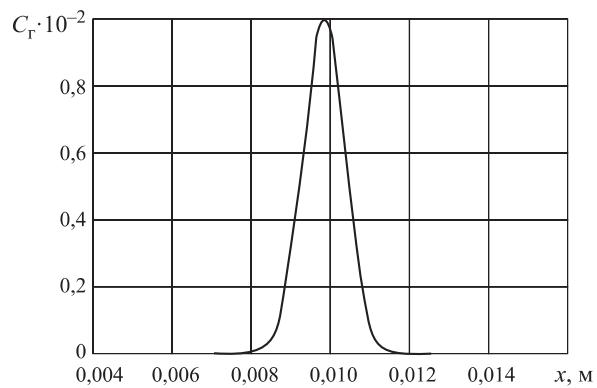


Рис. 4. Распределение концентраций продуктов пиролиза ПМ по x в момент зажигания ($t_d = 0,381$ с) при $y = 8 \cdot 10^{-3}$ м

ческого разложения, поэтому падение температур на границе $y = y_1$ максимально. На границах контакта с воздухом процесс теплоотдачи от частицы проходит менее интенсивно, вследствие чего наблюдается меньшее изменение температуры частицы в указанных областях.

Установлено также, что времена задержки зажигания ПМ при переносе продуктов пиролиза вещества в среде окислителя за счет диффузии и конвекции превышают значения t_d , полученные с применением диффузионной модели тепломассопереноса [9]. В последнем случае скорость зажигания определяется изменением концентраций горючего в газовой фазе. Поскольку для реализации условий воспламенения достаточно 10–15 % продуктов пиролиза ПМ, то такие градиенты концентраций достигаются относительно быстро (значения t_d минимальны). При совместном влиянии конвекции и диффузии скорость протекания исследуемого процесса (см. рис. 1) обуславливается в большей степени не диффузионным переносом, а переносом тепла вместе с газами горючего за счет конвекции. Этот процесс характеризуется нелинейностью и нестационарностью, что усложняет механизм зажигания и приводит к увеличению времени задержки воспламенения, а также к смешению пороговой температуры зажигания в сторону увеличения (до 1400 К).

Установлено, что для ПМ в отличие от твердых топлив и жидких конденсированных веществ [4, 8] невозможна реализация нескольких режимов его зажигания. Для жидкостей, например, установлено [8], что и в системах с тонкими пленками, и в системах с большими массивами возможны три режима зажигания, отличающиеся интервалами изменения времен задержки зажигания и положением ведущей химической реакции окисления относительно гра-

ницы контакта источника нагрева с веществом. Для твердых топлив установлены также три режима зажигания [4]; для систем с ПМ (см. рис. 1) — либо выполнение условий зажигания (при $T_p > 1400$ К), либо отсутствие возгорания (при $T_p < 1400$ К происходит газификация с последующим затуханием процесса).

Важно отметить, что достигаемые при газификации ПМ концентрации горючих газов (водород, метан, этан, пропан, бензол, стирол и пр.) близки к предельно допустимым (ПДК) [23]. Такие результаты указывают на большую опасность взаимодействия локальных источников нагрева с ПМ по сравнению с твердыми топливами даже при отсутствии непосредственного возгорания.

Выводы

Проанализирован комплекс взаимосвязанных процессов тепломассопереноса с физико-химическими превращениями при зажигании смеси газообразных продуктов термической деструкции ПМ и окислителя локальным источником ограниченной энергоемкости. Показана целесообразность учета диффузионно-конвективного тепломассопереноса при детальном исследовании условий зажигания ПМ.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (МК-330.2010.8).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаревич А. В., Кузнецов В. Т., Максимов В. И. Зажигание модельных смесевых топливных композиций одиночной нагретой до высоких температур частицей // Физика горения и взрыва. — 2008. — Т. 44, № 5. — С. 54–57.
2. Захаревич А. В., Кузнецов Г. В., Максимов В. И. Зажигание дизельного топлива одиночной “горячей” металлической частицей // Пожаровзрывобезопасность. — 2008. — Т. 17, № 4. — С. 28–30.
3. Захаревич А. В., Кузнецов Г. В., Максимов В. И. Механизм зажигания бензина одиночной нагретой до высоких температур частицей // Пожаровзрывобезопасность. — 2008. — Т. 17, № 5. — С. 39–42.
4. Кузнецов Г. В., Мамонтов Г. Я., Таратушкина Г. В. Численное моделирование зажигания конденсированного вещества нагретой до высоких температур частицей // Физика горения и взрыва. — 2004. — Т. 40, № 1. — С. 78–85.
5. Буркина Р. С., Микова Е. А. Высокотемпературное зажигание реакционно-способного вещества горячей инертной частицей с конечным запасом тепла // Физика горения и взрыва. — 2009. — Т. 45, № 2. — С. 40–47.
6. Кузнецов Г. В., Барановский Н. В. Математическое моделирование зажигания слоя лесных горючих материалов нагретой до высоких температур частицей // Пожаровзрывобезопасность. — 2006. — Т. 15, № 4. — С. 42–46.
7. Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Heat and mass transfer at the ignition of a liquid substance by a single “hot” particle // Journal of Engineering Thermophysics. — 2008. — Vol. 17, No. 3. — P. 244–252.
8. Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Зажигание накаленной одиночной частицей жидких углеводородных топлив // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 312, № 4. — С. 5–9.

9. Глушков Д. О., Стрижак П. А. Зажигание полимерного материала одиночной, нагретой до высоких температур частицей // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 9. — С. 3–8.
10. Асеева Р. М., Зайков Г. Е. Горение полимерных материалов. — М. : Наука, 1981. — 280 с.
11. Vilyunov V. N., Zarko V. E. Ignition of Solids. — Amsterdam : Elsevier Science Publishers, 1989. — 442 p.
12. Роуч П. Дж. Вычислительная гидродинамика. — М. : Мир, 1980. — 618 с.
13. Франк-Каменецкий Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. — М. : Наука, 1987. — 502 с.
14. Пасконов В. М., Полежаев В. И., Чудов Л. А. Численное моделирование процессов тепло- и массообмена. — М. : Наука, 1984. — 288 с.
15. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. — М. : ООО “Старс”, 2006. — 720 с.
16. Джалурия Й. Естественная конвекция: тепло- и массообмен. — М. : Мир, 1983. — 399 с.
17. Kuznetsov G. V., Sheremet M. A. Conjugate heat transfer in an enclosure under the condition of internal mass transfer and in the presence of the local heat source // International Journal of Heat and Mass Transfer. — 2009. — Vol. 52, No. 1–2. — P. 1–8.
18. Kuznetsov G. V., Sheremet M. A. Conjugate natural convection with radiation in an enclosure // International Journal of Heat and Mass Transfer. — 2009. — Vol. 52, No. 9–10. — P. 2215–2223.
19. Кузнецов Г. В., Шеремет М. А. Сопряженный теплоперенос в замкнутой области с локально сосредоточенным источником тепловыделения // Инженерно-физический журнал. — 2006. — Т. 79, № 1. — С. 56–63.
20. Кузнецов Г. В., Шеремет М. А. Двумерная задача естественной конвекции в прямоугольной области при локальном нагреве и теплопроводных границах конечной толщины // Известия РАН. Механика жидкости и газа. — 2006. — № 6. — С. 29–39.
21. Щеглов П. П., Иванников В. Л. Пожароопасность полимерных материалов. — М. : Стройиздат, 1992. — 110 с.
22. Теплотехнический справочник / Под ред. В. Н. Юрнева, П. Д. Лебедева. — М. : Энергия, 1975. — Т. 1. — 743 с.
23. ГОСТ 12.1.005–88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны : введ. 01.01.89. — М. : Стандартинформ, 2006. — 49 с.

Материал поступил в редакцию 21 октября 2011 г.
Электронные адреса авторов: dmitriy-glushkov@yandex.ru;
pavelspa@tpu.ru.



Б. А. Горев
д-р физ.-мат. наук, профессор
Московского государственного
строительного университета,
г. Москва, Россия

УДК 614.841.12:536.46

О КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПРЕДЕЛАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ В СИСТЕМЕ ВОДОРОД – ВОЗДУХ

Предложен метод определения концентрационных пределов распространения пламени для систем с разветвленными цепными реакциями. Показано, что критические условия наступают в конце зоны подогрева, перед развитием экзотермических реакций. Для смесей предельного состава адиабатическая температура продуктов горения настолько низка, что в конце зоны прогрева скорость реакции обрыва цепей превышает скорость реакции их разветвления. На примере смеси водород – воздух показано хорошее соответствие расчетных данных эксперименту.

Ключевые слова: распространение пламени; концентрационные пределы; разветвление цепей; обрыв цепей; критические условия.

Основными результатами тепловой теории распространения пламени, развитой Я. Б. Зельдовичем, Н. Н. Семеновым и Д. А. Франк-Каменецким, является выражение для определения скорости ламинарного горения U_h [1, 2]:

$$U_h = \frac{1}{\rho_0 C_0} \sqrt{\frac{2\lambda}{Q} \int_{T_0}^{T_r} W(T) dT}, \quad (1)$$

где ρ_0 — плотность исходной смеси;

C_0 — концентрация вещества, по которому определяется тепловой эффект Q ;

λ — теплопроводность продуктов сгорания;

T_r, T_0 — температура соответственно продуктов сгорания и исходной смеси;

$W(T)$ — скорость химической реакции.

Формула (1) показывает, что скорость горения U_h зависит от интеграла функции тепловыделения и поэтому связана с порядком химической реакции, ее энергией активации и другими характеристиками горючей смеси. Эти зависимости в основном подтверждаются опытными наблюдениями, кроме существования концентрационных пределов распространения пламени. Из опыта известно, что сильно разбавленные горючие смеси не горят, чему противоречит формула (1), согласно которой скорость пламени плавно уменьшается до нуля, по мере разбавления смеси и снижения скорости тепловыделения $W(T)$. Опыт показывает, что на концентрационных пределах скорость конечна, а при дальнейшем

разбавлении горение прекращается. Тепловая теория распространения пламени не соответствует экспериментальным фактам, т. е. не предсказывает существование самих пределов. В старых теориях было введено понятие температуры воспламенения T_b , а скорость горения U_r зависела от соотношения

$$U_r \sim \left(\frac{T_r - T_b}{T_b - T_0} \right)^{1/2}. \quad (2)$$

Согласно этим теориям минимальное значение скорости горения равно 0 на концентрационных пределах, когда сравниваются значения температур горения T_r и воспламенения T_b . Однако эти теории не подтверждаются экспериментом, поскольку на пределах распространения пламени скорость горения не равна 0.

В работах Я. Б. Зельдовича [3] и Спэлдинга [4] существование концентрационных пределов распространения пламени обусловлено теплопотерями из зоны горения, причем рассматриваются как потери через теплопроводность в продукты горения и в стенки трубы, так и потери через излучение.

Потерями тепла в стенки трубы невозможно объяснить равенство концентрационных пределов при распространении пламени в трубах, диаметр которых превышает максимальный безопасный диаметр, и распространении пламени в свободном пространстве при отсутствии стенок. Потери тепла в продукты сгорания в условиях экспериментов пре-

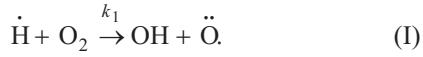
небрежимо малы по сравнению с потоком тепла в свежую смесь из-за большой разницы в градиентах температур. В некоторых опытах, например при горении в замкнутом объеме, когда наблюдается Махе-эффект, тепловой поток имеет направление в зону горения из продуктов реакции, но концентрационные пределы остаются такими же, как и при горении в других условиях.

Влияние потерь тепла через излучение на концентрационные пределы не подтверждается опытами, в которых смесь окружалась зеркальными или закопченными поверхностями. В этих испытаниях концентрационные пределы получались одинаковыми [5].

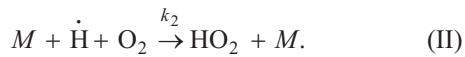
Неудача тепловой теории в объяснении концентрационных пределов проистекает, на наш взгляд, из-за невнимания к тому факту, что экзотермическим реакциям, обеспечивающим тепловой механизм распространения пламени, обязательно предшествуют эндотермические реакции зарождения и разветвления цепи.

Попытаемся объяснить эту мысль на примере распространения ламинарной волны горения по предварительно перемешанной водородовоздушной смеси. Тепловая теория распространения пламени, развитая Я. Б. Зельдовичем и Д. А. Франк-Каменецким, исходит из того, что существует зона подогрева, расположенная непосредственно перед зоной химической реакции, где происходит выделение тепла. В зоне подогрева смесь подготавливается для воспламенения. Воспламенение происходит в результате теплового взрыва. В действительности реальные реакции окисления водородов и углеводородов являются реакциями с разветвлением цепей, а в начале любого процесса окисления (в том числе и распространения пламени) должны иметь место условия для цепного взрыва.

В случае распространения пламени в водородовоздушной смеси при атмосферном давлении разветвление цепей происходит по реакции:



Гибель цепи обязана конкурирующему процессу с участием трех частиц:



В рассматриваемых условиях в качестве третьей частицы M выступают H_2 , O_2 и N_2 , т. е. молекулы исходных веществ. Продукты реакции, в частности молекула воды, не рассматриваются как партнеры по тройному столкновению, поскольку мы рассматриваем первую стадию самоподдерживаемого процесса. Экспериментальные данные указывают на различную эффективность молекул азота, кислорода и

водорода в стабилизации частицы HO_2 . Приведенные к эффективности H_2 рекомендуемые значения эффективности столкновений в системе $\text{H}_2-\text{O}_2-\text{N}_2$ выглядят следующим образом [6]: $\text{H}_2 = 1,0$; $\text{O}_2 = 0,4$; $\text{N}_2 = 0,4$.

Это значит, что скорость реакции II зависит от природы третьей частицы. Полагая, что в результате реакции II происходит гибель одной свободной валентности, можно записать:

$$\frac{dn_-}{dt} = g = k_2[\cdot\text{H}][\text{O}_2][M].$$

Здесь $k_2 = 2 \cdot 10^{18} T^{-0,8} \text{ см}^6/(\text{моль}\cdot\text{с})$ [6], или в системе СИ $k_2 = 2 \cdot 10^{12} T^{-0,8} \text{ м}^6/(\text{моль}\cdot\text{с})$ ($M = \text{H}_2$).

Запишем первоначальный состав исходной смеси в виде: $\text{H}_2 + \alpha(\text{O}_2 + 3,76\text{N}_2)$. Тогда мольная доля водорода $X_{\text{H}_2} = \frac{1}{1 + 4,76\alpha}$, а эффективная мольная доля $X_{\text{H}_2}^e = \frac{1}{1 + 4,76\alpha}$, т. е. такая же. Для кислорода и азота эффективные мольные доли уже отличаются от реальных и соответственно равны:

$$X_{\text{O}_2}^e = \frac{0,4\alpha}{1 + 4,76\alpha} \text{ и } X_{\text{N}_2}^e = \frac{0,4 \cdot 3,76\alpha}{1 + 4,76\alpha}.$$

В результате эффективная концентрация третьих частиц

$$[M] = \frac{P_0}{RT_{\text{B}}} [X_{\text{H}_2}^e + X_{\text{O}_2}^e + X_{\text{N}_2}^e] = \frac{P_0}{RT_{\text{B}}} \left(\frac{1 + 1,904\alpha}{1 + 4,76\alpha} \right), \quad (3)$$

где P_0 — давление, Па;

R — универсальная газовая постоянная;

$R = 8,314 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$;

T_{B} — температура воспламенения.

В результате реакции разветвления цепи I появляются две новые свободные валентности:

$$\frac{dn_+}{dt} = f = 2k_1[\cdot\text{H}][\text{O}_2];$$

$$k_1 = 1,2 \cdot 10^{14} T_{\text{B}}^{-0,91} e^{-8312/T_{\text{B}}} \text{ м}^3/(\text{моль}\cdot\text{с}).$$

Основное уравнение цепной теории при линейном разветвлении

$$\frac{dn}{dt} = I_0 + (f - g)n$$

(где I_0 — скорость реакции зарождения цепи; N — концентрация свободных валентностей) показывает, что цепной взрыв происходит при условии $f \geq g$. При этом создаются условия для последующего быстрого протекания экзотермических реакций, которые и определяют скорость распространения пламени. Но запуском механизма горения является условие возникновения цепного взрыва, т. е. $f \geq g$. Очевидно,

что условие $f = g$ должно определять предельные условия распространения пламени в системах, в которых реакции горения идут по механизму с разветвленными цепными реакциями, например для системы водород – воздух, углеводороды – воздух. Для водородовоздушной смеси условие на пределе горения с учетом эффективности партнеров по столкновению имеет вид:

$$\frac{2k_1}{k_2} \geq \frac{P_0}{RT_{\text{в}}} \left(\frac{1 + 1,904\alpha}{1 + 4,76\alpha} \right). \quad (4)$$

В выражение (4) в качестве параметра входит температура $T_{\text{в}}$, при которой необходимо выполнение критических условий $f = g$. Следует подробнее остановиться на выборе этой температуры. Пусть $T_{\text{г}}$ — равновесная температура продуктов горения для исходной смеси $\text{H}_2 + \alpha(\text{O}_2 + 3,76\text{N}_2)$, которая характеризуется тем, что к ее достижению все химические реакции завершились. Температура $T_{\text{в}}$, в свою очередь, характеризуется тем, что в системе реализуются условия для начала цепного взрыва ($f \geq g$), т. е. для начала горения, так как цепной взрыв переходит в тепловой. Важно, что источником тепла для роста температуры до величины $T_{\text{в}}$ являются последующие экзотермические реакции, в результате которых тепло посредством механизма теплопроводности передается в исходную смесь. Для реакций, скорость которых описывается аррениусовской зависимостью от температуры, характерным предвзрывным интервалом является величина:

$$T = T_{\text{г}} - T_{\text{в}} = \varphi \frac{RT_{\text{г}}^2}{E}, \quad (5)$$

E — эффективная энергия активации процесса горения; $E = 16,6$ ккал/моль.

Фактор пропорциональности φ имеет порядок единицы, и при разложении аррениусовской зависимости по Д. А. Франк-Каменецкому подбирается экспериментально. В настоящей работе принято $\varphi = 1$.

Определенная из (5) температура $T_{\text{в}}$ при $\varphi = 1$ характеризует уменьшение экспоненты в аррениусовской зависимости в e раз по сравнению с ее значением при температуре $T_{\text{г}}$.

Как обычно, скорость реакций разветвления (реакция I: $k_1 = 1,2 \cdot 10^{14} T_{\text{в}}^{-0,91} e^{-8312/T_{\text{в}}}$) растет с повышением температуры. Скорость реакций гибели валентности (реакция II: $k_1 \sim T_{\text{в}}^{-0,8}$), как правило, слабо зависит от температуры, причем уменьшается с ее ростом.

Таким образом, для обеспечения поддержания быстрого процесса горения при распространении пламени необходимо выполнение условий, при которых возможен цепной взрыв в исходной горючей смеси, нагретой до соответствующей температуры,

за счет тепла, выделившегося в зоне горения, которая следует за зоной цепного взрыва.

В рассматриваемом случае пламя будет распространяться по смеси при выполнении условия (4), которое принимает вид:

$$T_{\text{в}}^{0,89} e^{-E/(RT_{\text{в}})} \geq \frac{P_0}{1,2 \cdot 10^2 R} \left(\frac{1 + 1,904\alpha}{1 + 4,76\alpha} \right). \quad (6)$$

При получении выражения (6) аррениусовская зависимость была преобразована по Д. А. Франк-Каменецкому [6]:

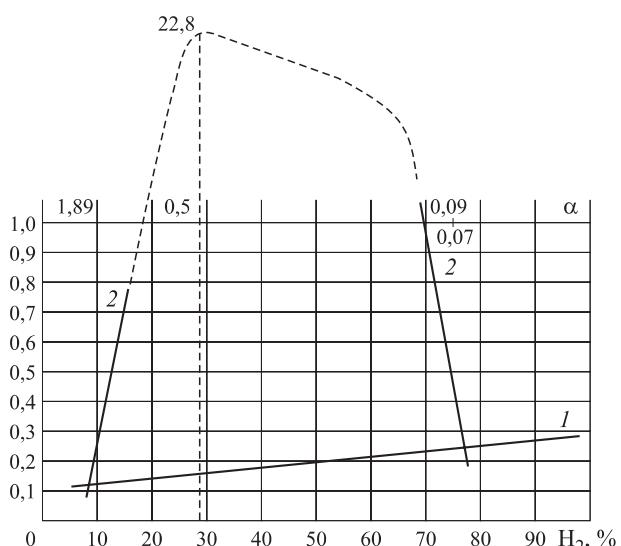
$$T_{\text{в}} = T_{\text{г}} \left(1 - \frac{RT_{\text{г}}}{E} \right).$$

После проделанных процедур необходимо задаться составом исходной смеси, найти равновесную температуру продуктов горения $T_{\text{г}}$ и затем определить условие выполнения равенства (6).

Результаты расчетов представлены в таблице и на рисунке.

Из анализа результатов расчетов по выражению (6) следует, что концентрационные пределы распростране-

Состав исходной смеси		Расчет по (6)	
H ₂ , %	α	левой части	правой части
9	2,1242	0,12352	0,12374
10	1,89	0,2278	0,12534
29,6	0,5	22,8	0,15735
70	0,09	0,972	0,22343
75	0,07	0,3733	0,23142
76	0,06634	0,2957	0,23323
77	0,06275	0,231	0,23486



Зависимость от состава исходной горючей смеси при выполнении условия (6): 1 — правая часть выражения; 2 — левая часть выражения

нения пламени по исходной горючей смеси *водород – воздух* соответствуют составу: нижний концентрационный предел — 9 % H₂; верхний — 77 % H₂. По наиболее представительным экспериментальным данным [7] концентрационные пределы имеют значения: нижний — 4 % H₂, верхний — 75 % H₂.

Значение 4 % для нижнего предела получено при распространении горения снизу вверх; при этом сплошной фронт пламени не формируется, а реализуется так называемое колпачковое горение, т. е. вверх распространяются отдельные очаги горения, а внизу остается часть несгоревшего водорода. Перед самым очагом горения из-за повышенной диффузии водорода смесь обогащается им. В действительности, условия, выраженные в соотношении (6), выполняются локально.

В работе предложен метод определения концентрационных пределов распространения пламени в смесях, реагирующих по механизму с цепными раз-

ветвленными реакциями. Поскольку эндотермическая реакция разветвления цепи имеет недостаточную скорость, для предельных смесей в конце зоны подогрева температура недостаточна, чтобы реализовались условия, необходимые для развития цепного взрыва. При горении высоконергетических смесей время химического процесса определяется экзотермическими реакциями в зоне горения, скорость теплового потока соответствует суммарной скорости химических реакций, в результате реализуется стационарное горение. Ближе к концентрационным пределам температура горения падает и общая скорость химического процесса определяется эндотермическими реакциями разветвления цепи. Их скорость падает настолько, что процесс обрыва цепи начинает преобладать, и условия для цепного воспламенения не реализуются, а следовательно, не происходит и последующего теплового воспламенения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зельдович Я. Б., Франк-Каменецкий Д. А. Теория теплового распространения пламени // Журнал физ. химии. — 1938. — Т. 12. — С. 100–105.
2. Зельдович Я. Б., Семенов Н. Н. Кинетика химических реакций в пламени // Успехи физических наук. — 1940. — Т. 24. — С. 1116–1136.
3. Зельдович Я. Б. Теория предела распространения тихого пламени // Журнал экспериментальной и теоретической физики. — 1941. — Т. 11. — С. 159–168.
4. Spalding D. B. A theory of inflammability limits and flame-quenching // Proc. Roy. Soc. L. — 1957. — Vol. A240, No. 1220. — P. 83–100.
5. Egerton A. C. The quenching of combustion waves // Fourth Symposium On Combustion, Baltimore, 1953. — Р. 4.
6. Франк-Каменецкий Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. — М. : Изд-во АН СССР, 1947.
7. Льюис Б., Эльбе Г. Горение: пламя и взрывы в газах. — М. : Мир, 1968. — 570 с.

Материал поступил в редакцию 25 октября 2011 г.
Электронный адрес автора: kafedrapb@yandex.ru.



Е. Ю. Салымова
аспирантка Московского
государственного строительного
университета, г. Москва, Россия



А. М. Корякина
преподаватель аналитической и физ-
колоидной химии ГОУ СПО колледжа
Метростроя № 53, г. Москва, Россия

УДК 691.7-413:006.354

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПОТЕРЬ НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ПОЖАРА В ЗДАНИЯХ ИЗ ТРЕХСЛОЙНЫХ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ

Дан анализ и расчет коэффициента теплопотерь для зданий и сооружений из трехслойных сэндвич-панелей, используемых в качестве ограждающих конструкций, и для зданий с внутренней отделкой из гипсокартона.

Ключевые слова: сэндвич-панель; опасные факторы пожара; теплопередача; теплопотери; теплоотвод.

Введение

Постоянный рост потребности в производственных, складских и торговых помещениях заставляет специалистов строительной отрасли искать новые способы сокращения сроков строительства, избегая при этом потерь качества. На сегодняшний день существует множество новых технологий, среди которых универсальным решением являются быстро-возводимые здания из сборных конструкций. Они обладают необходимой прочностью, невысокой ценой, технологичностью в монтаже и эксплуатации.

Среди материалов для строительства быстровозводимых зданий наиболее популярными являются сэндвич-панели, используемые в качестве ограждающих конструкций.

Сэндвич-панели представляют собой трехслойную конструкцию, состоящую из двух листов стали, между которыми расположен утеплитель из минеральной ваты или плита из пенополистирола. Панели изготавливаются непрерывным механизированным способом и соответствуют ТУ 5284-001-50901814-99. Применяются для наружных стен, покрытий и перегородок.

Панели металлические трехслойные классифицируются по:

- назначению;
- материалу утеплителя;
- цвету и типу полимерного покрытия металлической обшивки.

Для производства сэндвич-панелей применяется три основных вида утеплителя: пенополистирол

(пенопласт), пенополиуретан и базальтовый утеплитель (минеральная вата). Толщина утеплителя зависит от температуры наружного и внутреннего воздуха и определяется теплотехническим расчетом. Для склеивания металлической обшивки с утеплителем применяется полиуретановый двухкомпонентный клей.

В настоящее время существует много вариантов модульного исполнения зданий с использованием сэндвич-панелей в качестве ограждающих конструкций. Аналогичные строительные технологии широко применяются в крупных производствах газо- и нефтеперерабатывающей промышленности.

Коэффициент теплопотерь в зданиях из трехслойных панелей

Расчеты коэффициента теплопотерь приведены в работе [1] для случая использования их в кирпичных зданиях, поэтому применять эти результаты для зданий с ограждениями из сэндвич-панелей нельзя. Попытаемся определить значение коэффициента теплопотерь φ для ограждающих трехслойных панелей.

По определению мгновенное значение теплопотерь в момент времени t при температуре среды T_c

$$\varphi^* = Q_{\text{пот}} / Q_{\text{пож}},$$

где $Q_{\text{пот}}$ — тепловой поток в ограждении;

$$Q_{\text{пот}} = F_w^* h (T_c - T_w)^{4/3};$$

F_w^* — площадь теплообмена между газом и конструкциями;

$$F_w^* = F_w + F_{kw} = F_w \left(1 + \frac{F_{kw}}{F_w} \right);$$

F_w — площадь ограждающих конструкций, м²;
 F_{kw} — площадь теплообмена между газом и металлическими конструкциями, выступающими относительно стен, м²;

h — коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К^{4/3});
 $h = 3$ Вт/(м²·К^{4/3}) [1];

T_c — среднеобъемная температура газовой среды, К;

T_w — температура внутренней стенки, К;

$Q_{\text{пож}}$ — тепловыделение в очаге горения;

$$Q_{\text{пож}} = F_g \Psi_{\text{уд}} Q_h^p \eta;$$

F_g — площадь горения, м²;

$\Psi_{\text{уд}}$ — скорость выгорания горючего материала, кг/(м²·с);

Q_h^p — низшая теплота сгорания горючего материала, Дж/кг;

η — неполнота сгорания, %.

Для зданий с кирпичными стенами теплоотвод в стенки на начальной стадии развития пожара выражается как $Q_w = F_w h (T_c - T_0)^{4/3}$, а изменение температуры ограждающих конструкций не учитывается, т. е. $T_w = T_0$.

Рассмотрим, как изменяется температура внутренних листов сэндвич-панелей.

Трехслойная панель состоит из металлических листов толщиной $\delta_m = 0,7$ мм, внутреннее пространство между которыми заполнено теплоизоляционным материалом.

Характерные свойства материалов панели следующие [2]:

- металлического листа:

$$\delta_m = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}; C_{p,m} = 460 \text{ Дж/(кг·К)}; \\ \lambda_m = 35,5 \text{ Вт/(м·К)}; \rho_m = 7800 \text{ кг/м}^3;$$

- стекловаты:

$$\delta_{c,b} = 0,12 \div 0,15 \text{ м}; C_{p,c,b} = 840 \text{ Дж/(кг·К)}; \\ \lambda_{c,b} = 0,047 \text{ Вт/(м·К)}; \rho_{c,b} = 200 \text{ кг/м}^3.$$

Пусть тепловой поток из газовой среды в ограждающие конструкции q . При стационарном состоянии системы тепловые потоки через металлический лист и через теплоизоляцию (стекловату) равны, т. е.:

$$\lambda \frac{dT}{dX} \Big|_m = \lambda \frac{dT}{dX} \Big|_{c,b} \rightarrow \lambda_m \frac{\Delta T_m}{\delta_m} = \lambda_{c,b} \frac{\Delta T_{c,b}}{\delta_{c,b}};$$

$$\frac{\Delta T_m}{\Delta T_{c,b}} = \frac{\lambda_{c,b} \delta_m}{\delta_{c,b} \lambda_m} = \frac{0,047 \cdot 7 \cdot 10^{-4}}{0,12 \cdot 35,5} = 0,0000078,$$

где X — координата в направлении теплового потока;
 λ_m — коэффициент теплопроводности металла, Вт/(м·К);

ΔT_m — изменение средней температуры внутреннего металлического листа, К;

δ_m — толщина металла, м;

$\lambda_{c,b}$ — коэффициент теплопроводности стекловаты, Вт/(м·К);

$\Delta T_{c,b}$ — изменение средней температуры стекловаты, К;

$\delta_{c,b}$ — толщина стекловаты, м.

Это означает, что перепад температур в стекловате должен в $7,8 \cdot 10^{-6}$ раз превышать перепад температур в металле. А так как нас интересует значение $\Delta T_c \approx 50$ °C, то ясно, что стационарный режим не достигается и происходит нагревание только внутреннего металлического листа. Для анализа нагревания листа рассмотрим уравнение теплопроводности для него:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a_m \frac{\partial^2 T}{\partial X^2},$$

$$\text{где } a_m = \frac{\lambda_m}{C_{p,m} \rho_m} = \frac{35,5}{460 \cdot 7800} = 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Если применять прием с постоянными (характерными производными) [3], то получается:

$$\Delta T_t / \tau = a_m (\Delta T_x / \delta_m)$$

или

$$\frac{\Delta T_t}{\Delta T_x} = \frac{a_m \tau}{\delta_m^2} \approx \frac{10^{-5} \tau}{50 \cdot 10^{-8}} = 20\tau,$$

где ΔT_x — неравномерность прогрева листа металла по его толщине, К;

ΔT_t — характерное изменение температуры листа за время t , К.

Это значит, что к концу 50-й секунды изменение температуры листа во времени в 1000 раз превышает неравномерность нагрева, т. е. можно считать, что металл быстро прогревается по всей толщине. На этом основании запишем уравнения изменения:

- температуры металла внутреннего листа:

$$C_m (M_l + M_k) \frac{d\Delta T_m}{dt} = \varphi Q_{\text{пож}}; \quad (1)$$

- температуры газа:

$$C_p \rho_f V_0 d\Delta T_c / dt = (1 - \varphi) Q_{\text{пож}}, \quad (2)$$

где C_m — теплоемкость металла, Дж/(кг·К);

M_l — масса внутренних листов, кг;

M_k — масса металлических конструкций, контактирующих с горячими газами, кг;

V_0 — объем помещения, м³.

После деления (1) на (2) и интегрирования получим:

$$\frac{\Delta T_m}{\Delta T_c} = \frac{\varphi}{1 - \varphi} \frac{C_p \rho_f V_0}{C_m M_m}, \quad (3)$$

где M_m — масса металла, граничащего с горячими газами, кг;

$$M_{\text{л}} + M_{\text{к}} = \delta \rho_{\text{м}} F_w + \sum_i M_{\text{п}i} L_i;$$

$M_{\text{п}i}$ — погонная масса i -го профиля, кг/м;
 L_i — длина i -го профиля, м.

Определим средний коэффициент теплопотерь за время изменения температуры среды от T_0 до $T_{\text{кр}}$, т. е. $\Delta T_c = 0 \dots \Delta T_{\text{кр}}$, как и в [1]:

$$\varphi = \frac{1}{\Delta T_c} \int_0^{\Delta T_{\text{кр}}} \varphi^*(\Delta T_c) d\Delta T_c; \quad (4)$$

$$\varphi^* = \frac{hF_w (1 + F_{wk}/F_w) (\Delta T_c - \Delta T_w)^{4/3}}{Q_{\text{пож}}} + \frac{q_{\text{рад}}}{Q_{\text{пож}}},$$

где $\Delta T_{\text{кр}} = T_{\text{кр}} - T_0$;

$T_{\text{кр}}$ — критическая температура в помещении, К;
 T_0 — начальная температура в помещении, К;
 F_{wk} — площадь конструкций, исключая сэндвич-панели, т. е. площадь конструкций (швеллера, других профилей), контактирующая с горячими газами, м³;

$q_{\text{рад}}$ — потери излучением, Вт.

Радиационные потери оцениваем, как и в [1], по выражению

$$\varphi^* = hF_w \left(1 + \frac{F_{wk}}{F_w}\right) (\Delta T_c)^{4/3} \times \\ \times \left(1 - \frac{\varphi}{1-\varphi} \frac{C_p \rho_0 V_0}{CM_m}\right)^{4/3} + \frac{q_{\text{рад}}}{Q_{\text{пож}}},$$

где $\Delta T_c = T_c - T_w$.

Учитывая, что $Q_{\text{пож}} = \eta Q_h^p F_r \psi_{\text{уд}}$, для кругового очага горения $F_r = \pi U_{\text{л}}^2 t^2$:

$$t^2 = \left[\frac{3 C_p \rho T_0 V_0}{(1-\varphi) \eta Q_h^p \psi_{\text{уд}} \pi U_{\text{л}}^2} \ln \left(\frac{T_c}{T_0} \right) \right]^{2/3},$$

где $U_{\text{л}}$ — скорость распространения кромки пожара по горючему материалу, м/с.

На начальной стадии развития пожара

$$\ln \left(\frac{T_c}{T_0} \right) \approx \frac{\Delta T_c}{T_0}.$$

В результате

$$\varphi^* = \frac{(1-\varphi)^{2/3} F_w \left(1 + \frac{F_{wk}}{F_w}\right) h (\Delta T_c)^{2/3}}{(\eta Q_h^p \psi_{\text{уд}} \pi U_{\text{л}}^2)^{1/3} (3 C_p \rho_0 V)^{2/3}} + \\ + \frac{\varepsilon B \left(\frac{T_{\text{пл}}}{100} \right)^4 \left(1 - \frac{\Delta T_c}{\Delta T_{\text{кр}}} \right)}{\eta Q_h^p \psi_{\text{уд}}}, \quad (5)$$

где ε — степень черноты пламени; $\varepsilon = 0,9$;

B — коэффициент излучения; $B = 5,7$ Вт;

φ^* — коэффициент теплопотерь при температуре среды T_c ;

φ — осредненный коэффициент теплопотерь в интервале температур $T_0 - T_{\text{кр}}$;

$T_{\text{кр}}$ — критическая температура пожара для газовой среды, К.

Подставляя (5) в (4) и интегрируя, получим:

$$\varphi = (1-\varphi)^{2/3} \Gamma \Phi (1 + F_{wk}/F_w) \times \\ \times \left(1 - \frac{\varphi}{1-\varphi} \frac{C_p \rho_0 V_0}{CM_m}\right)^{4/3} + \Delta_{\text{рад}}, \quad (6)$$

где Γ — коэффициент макрокинетики горения;
 Φ — коэффициент формы;

$$\Gamma = \frac{\beta (T_{\text{кр}} - T_0)^{2/3}}{(\eta Q_h^p \psi_{\text{уд}} \pi U_{\text{л}}^2 C_p^2 \rho_0^2)^{1/3}};$$

$$\beta = 0,6 \frac{h}{(9\pi)^{1/3}} = 0,591;$$

$$\Phi = F_w/V^{2/3};$$

$$\Delta_{\text{рад}} = \frac{1}{2} \varepsilon B \frac{(T_{\text{пл}}/100)^4}{\eta Q_h^p \psi_{\text{уд}}};$$

$T_{\text{пл}}$ — температура пламени; $T_{\text{пл}} = 1000$ К.

При интегрировании и осреднении в последнем множителе принято $\rho_r = \rho_0$, что соответствует ранее принятым приближениям.

Выражение (6) приведено к виду, похожему на соответствующее выражение для кирпичных конструкций [1]. Разница состоит только в том, что металлические конструкции, имея обычно меньшую массу (теплоемкость), больше нагреваются, что приводит к уменьшению потерь.

Это обстоятельство учитывается членом

$$\left(1 - \frac{\varphi}{1-\varphi} \frac{C_p \rho_0 V}{CM_m}\right)^{4/3}.$$

В случае пожара с постоянной площадью горения коэффициент теплопотерь определяется из выражения

$$\varphi = \frac{3}{7} \frac{hF_w \left(1 + \frac{F_{wk}}{F_w}\right) (\Delta T_{\text{кр}})^{4/3} \left(1 - \frac{\varphi}{1-\varphi} \frac{C_p \rho_0 V}{CM_m}\right)^{4/3}}{\eta Q_h^p \psi_{\text{уд}} F_r} + \\ + \frac{1}{2} \frac{\varepsilon B \left(\frac{T_{\text{пл}}}{100} \right)^4}{\eta Q_h^p \psi_{\text{уд}}}. \quad (7)$$

Уравнения (6) и (7) являются формулами для расчета коэффициента теплопотерь для зданий, в которых в качестве ограждающих конструкций используются сэндвич-панели.

Коэффициент теплопотерь в зданиях с внутренней отделкой из гипсокартона

Гипсокартонные листы — это строительно-отделочный материал, применяемый для облицовки

стен, устройства межкомнатных перегородок, подвесных потолков, огнезащитных покрытий конструкций, а также для изготовления декоративных и звукоизоляционных изделий.

Рассмотрим случай определения коэффициента теплопотерь для здания с ограждающими конструкциями из панелей и с внутренней облицовкой из гипсокартона.

Расчет будет зависеть от такого фактора, как прогрев листа гипсокартона. Так как лист прогревается неравномерно в отличие от листа металла, в нем происходит распределение температуры по толщине. Для оценки этого распределения необходимо найти отношение избыточной температуры поверхности стенки к избыточной температуре газовой среды — $\Delta T_w / \Delta T_c$, используя расчет распределения температуры в неограниченной пластине согласно [3].

В случае использования гипсокартона это отношение будет равно 2,5–1,6 в зависимости от числа Фурье: чем больше значение числа Фурье, тем меньше отношение разности температур, т. е. гипсокартон будет прогреваться за более длительное время, его температура стенки будет равна температуре среды и отношение будет стремиться к 1, как у металлического листа.

В каждый момент времени потери в стенке составляют:

$$Q_w = \varphi^* Q_{\text{пож}} = h (T_c - T_w)^{4/3} = h (\Delta T_r)^{4/3} \left(1 - \frac{\Delta T_w}{\Delta T_c}\right)^{4/3}; \\ \varphi^* = \frac{h (\Delta T_c)^{4/3} (1 - \Delta T_w / \Delta T_c)^{4/3} F_w}{Q_{\text{пож}}};$$

$$\varphi = \frac{1}{\Delta T_0^{\text{кр}}} \int \varphi^* (\Delta T) d\Delta T \left(1 - \frac{\Delta T_w}{\Delta \bar{T}_w} \frac{\Delta \bar{T}_w}{\Delta T_c}\right)^{4/3} + \Delta_{\text{рад}}.$$

Оценим среднее значение множителя

$$\left(1 - (\Delta T_w / \Delta \bar{T}_w) (\Delta \bar{T}_w / \Delta T_c)\right)^{4/3},$$

где ΔT_w — повышение температуры внутренней поверхности ограждения;

$\Delta \bar{T}_w$ — повышение среднеобъемной температуры ограждения ($\bar{T}_w - T_0$);

Из баланса нагрева стены:

$$C_w M_w (d\Delta \bar{T}_w / dt) = \varphi Q_{\text{пож}}.$$

Из баланса энергии газовой среды:

$$\rho_r V_0 (d\Delta T_c / dt) = (1 - \varphi) Q_{\text{пож}}.$$

После деления и интегрирования имеем:

$$\left(1 - \frac{\Delta T_w}{\Delta \bar{T}_w} \frac{\Delta \bar{T}_w}{\Delta T_c}\right)^{4/3} = \left(1 - \frac{\varphi}{1 - \varphi} \frac{V_0 C_p \rho_0}{C_w M_w} \frac{\Delta T_w}{\Delta \bar{T}_w}\right)^{4/3}.$$

При выводе последнего выражения принято, что $\rho_r = 1/2 (\rho_0 + \rho_{\text{кр}}) \approx \rho_0$. Отношение $\Delta T_w / \Delta \bar{T}_w$ зависит от критерия Фурье (Fo), т. е. от степени одно-

родности температурного поля в ограждении, и от критерия Био (Bi). Критерий Био характеризует скорость теплового потока из газовой среды в ограждающую конструкцию относительно скорости теплового потока внутри конструкции [3]:

- для тонкого металлического листа

$$\Delta T_w / \Delta \bar{T}_w \approx 1;$$

- для стекол и гипсокартона

$$\Delta T_w / \Delta \bar{T}_w \approx f(\text{Fo}; \text{Bi});$$

- для кирпичной стены и бетонных ограждений

$$\frac{\varphi}{1 - \varphi} \frac{C_p \rho_0 V_0}{C_w M_w} \frac{\Delta T_w}{\Delta \bar{T}_w} \ll 1.$$

Произведем осреднение выражения:

$$\left[1 - \frac{\varphi}{1 - \varphi} \frac{C_p \rho_0 V_0}{C_w M_w} \frac{\Delta T_w}{\Delta \bar{T}_w}\right]^{4/3} = \\ = \left[1 - \frac{\varphi}{1 - \varphi} \frac{C_p \rho_0 V_0}{C_w M_w} f(\text{Fo}; \text{Bi})\right]^{4/3}.$$

В результате получим:

- для тонкого листа

$$f(\text{Fo}; \text{Bi}) = 1;$$

- для листа стекла и гипсокартона по данным [3]:

$$f(\text{Fo}; \text{Bi}) \approx 1,6;$$

- для кирпичной стены

$$C_p \rho_0 V_0 / (C_w M_w) \ll 1,$$

поэтому

$$\left[1 - \frac{\varphi}{1 - \varphi} \frac{C_p \rho_0 V_0}{C_w M_w} f(\text{Fo}; \text{Bi}_0)\right]^{4/3} = 1,$$

несмотря на то что $f(\text{Fo}) > 10$.

Коэффициент 1,6 учитывается при расчете коэффициента теплопотерь в гипсокартон:

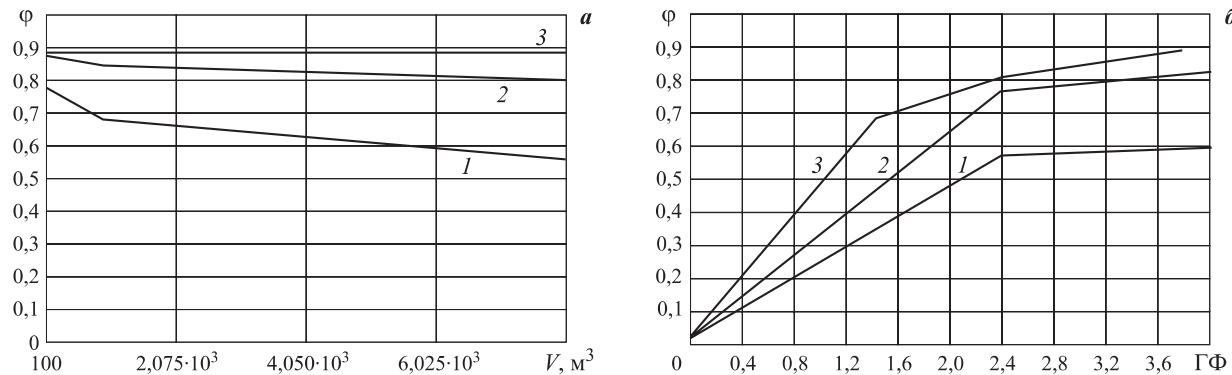
- для гипсокартона

$$\varphi = (1 - \varphi)^{2/3} \Gamma \Phi \left(1 + \frac{F_{wk}}{F_w}\right) \times \\ \times \left(1 - 1,6 \frac{\varphi}{1 - \varphi} \frac{C_p \rho_0 V_0}{C_w M_w}\right)^{4/3} + \Delta_{\text{рад}}; \quad (8)$$

- для постоянной площади горения

$$\varphi = \frac{3}{7} \frac{h F_w \left(1 + \frac{F_{wk}}{F_w}\right) (\Delta T_{\text{кр}})^{4/3} \left(1 - 1,6 \frac{\varphi}{1 - \varphi} \frac{C_p \rho_0 V_0}{C_w M_w}\right)^{4/3}}{\eta Q_h^p \Psi_{\text{уд}} F_r} + \\ + \frac{1}{2} \frac{\varepsilon B \left(\frac{T_{\text{пл}}}{100}\right)^4}{\eta Q_h^p \Psi_{\text{уд}}}. \quad (9)$$

Далее приведены расчеты для помещений объемом 100, 1000 и 8000 м³ с горючей нагрузкой в виде текстиля.

Зависимости значения коэффициента ϕ от объема (а) и формы (б) помещения для металла (1), гипсокартона (2) и кирпича (3)

Коэффициент макрокинетики горения $\Gamma = 0,619$; коэффициент формы $\Phi = 6$; $C_p = 1 \text{ кДж/моль}$; $\rho_0 = 1,2 \text{ кг/м}^3$; $C_m = 0,441 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$; $\rho_m = 7800 \text{ кг/м}^3$; $\delta_m = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}$; $A = (1 + F_{wk}/F_w) = 1,26$; $\Delta_{\text{рад}} = 0,016$.

Для $V_1 = 100 \text{ м}^3$

$$\varphi_1 = (1 - \varphi_1)^{2/3} \Gamma \Phi A \times \\ \times \left[1 - \frac{\varphi_1 C_p \rho_0 (V_1)^{1/3}}{(1 - \varphi_1) C_m \rho_m \delta_m \cdot 3 \cdot 6} \right]^{4/3} + \Delta_{\text{рад}} = 0,78.$$

Для $V_2 = 1000 \text{ м}^3$

$$\varphi_2 = (1 - \varphi_1)^{2/3} \Gamma \Phi A \times \\ \times \left[1 - \frac{\varphi_1 C_p \rho_0 (V_2)^{1/3}}{(1 - \varphi_1) C_m \rho_m \delta_m \cdot 3 \cdot 6} \right]^{4/3} + \Delta_{\text{рад}} = 0,679.$$

Для $V_3 = 8000 \text{ м}^3$

$$\varphi_3 = (1 - \varphi_1)^{2/3} \Gamma \Phi A \times \\ \times \left[1 - \frac{\varphi_1 C_p \rho_0 (V_3)^{1/3}}{(1 - \varphi_1) C_m \rho_m \delta_m \cdot 3 \cdot 6} \right]^{4/3} + \Delta_{\text{рад}} = 0,559.$$

На рисунке показана зависимость коэффициента ϕ от объема и формы помещения для случаев использования одних сэндвич-панелей и с облицовкой из гипсокартона.

При расчетах использовались значения:

- для металла:

$$C_{p,m} = 10^3 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}; \rho_m = 1 \text{ кг/м}^3;$$

- для кирпича:

$$C_{p,k} = 880 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}; \rho_k = 1200 \text{ кг/м}^3;$$

- для гипсокартона:

$$C_{p,w} = 840 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}; \rho_w = 800 \text{ кг/м}^3.$$

В результате вышесказанного были получены выражения для определения коэффициента теплопотерь для случая использования в модульных зданиях сэндвич-панелей в качестве ограждающих конструкций, а также использования в качестве облицовочного материала гипсокартона. Используя значение коэффициента ϕ , можно рассчитать время достижения любого опасного фактора пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кошмаров Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учеб. пос. — М. : Академия ГПС МВД России, 2000. — 119 с.
2. Кутателадзе С. С., Боришанский В. М. Справочник по теплопередаче. — Л.-М. : Госэнергоиздат, 1958. — 414 с.
3. Лыков А. В. Теория теплопроводности. — М. : Высшая школа, 1967. — 313 с.

Материал поступил в редакцию 4 октября 2011 г.
Электронный адрес автора: kafedrapb@yandex.ru.



В. В. Холщевников
д-р техн. наук, профессор Академии ГПС МЧС РФ и Московского государственного строительного университета, г. Москва, Россия



А. Н. Гилетич
канд. техн. наук, заместитель директора Департамента надзорной деятельности МЧС РФ, г. Москва, Россия



Д. В. Ушаков
начальник отдела ФГБУ ВНИИПО МЧС РФ, г. Балашиха МО, Россия



А. П. Парфененко
старший инженер-программист УНК проблем пожарной безопасности в строительстве Академии ГПС МЧС РФ, г. Москва, Россия

УДК 614.8

ОБЩАЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТИНГЕНТА В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

Рассматриваются результаты цикла многолетних натурных наблюдений и экспериментальных исследований движения людских потоков, различных по возрастному составу и мобильности людей, в зданиях различного функционального назначения, а также теоретических исследований, которые привели к установлению общей закономерности связи между параметрами людских потоков. Эта закономерность позволяет с высокой степенью достоверности устанавливать расчетные зависимости при проектировании эвакуационных путей зданий и производить расчет процесса эвакуации людей при определении величины пожарного риска в зданиях различных классов функциональной пожарной опасности.

Ключевые слова: эвакуация людей; людской поток; скорость; плотность; интенсивность движения; своевременность эвакуации; беспрепятственность эвакуации; безопасность людей.

Введение

Ст. 79 Федерального закона № 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” [1] устанавливает, что индивидуальный пожарный риск пребывания людей в зданиях и сооружениях любого функционального назначения не должен превышать одной миллионной в год при нахождении отдельного человека в наиболее удаленной от выхода из здания точке. Для реализации этого требования “Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности” [2] устанавливает, что значение расчетной вероятности $Q_{\text{в}}$ воздействия опасных факторов пожара (ОФП) не должно превосходить значения нормативной вероятности $Q_{\text{н}}^{\text{в}}$:

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{н}}(1 - R_{\text{а.п}})(1 - P_{\text{п.з}})P_{\text{пр}}(1 - P_{\text{з}}) \leq Q_{\text{н}}^{\text{в}} = 10^{-6}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{н}}$ — частота (вероятность) возникновения пожара в здании в течение года (согласно данным

п. 8 прил. 1 Методики [2] в общем случае может быть принято $Q_{\text{н}} = 4 \cdot 10^{-2}$);

$R_{\text{а.п}}$ — вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения; принимается $R_{\text{а.п}} = 0,9$ (п. 8 прил. 1 [2]);

$P_{\text{п.з}}$ — вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре:

$$P_{\text{п.з}} = 1 - (1 - R_{\text{обн}} R_{\text{СОУЭ}})(1 - R_{\text{обн}} R_{\text{ПДЗ}}); \quad (2)$$

$R_{\text{обн}}$ — вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации; $R_{\text{обн}} = 0,8^*$;

$R_{\text{СОУЭ}}$ — условная вероятность эффективного срабатывания системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации; $R_{\text{СОУЭ}} = 0,8^*$;

* При данных значениях величин $R_{\text{обн}}$, $R_{\text{СОУЭ}}$, $R_{\text{ПДЗ}}$, приведенных по статистическим данным разд. IV Методики [2], значение $P_{\text{п.з}}$, рассчитанное по формуле (2), составляет 0,87.

© Холщевников В. В., Гилетич А. Н., Ушаков Д. В., Парфененко А. П., 2011

$R_{\text{ПДЗ}}$ — условная вероятность эффективного срабатывания системы противодымной защиты в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации; $R_{\text{ПДЗ}} = 0,8^*$;

$P_{\text{пр}}$ — вероятность присутствия людей в здании; $P_{\text{пр}} = t_{\text{функци}} / 24$;

$t_{\text{функци}}$ — время нахождения людей в здании, ч;

P_3 — вероятность эвакуации людей.

Вероятность P_3 определяется условиями:

$$P_3 = \begin{cases} (0,8t_{\text{бл}} - t_p)/t_{\text{н.з}}, & \text{если } t_p < 0,8t_{\text{бл}} < t_p + t_{\text{н.з}} \\ & \text{и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин;} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{\text{н.з}} \leq 0,8t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин;} \\ 0, & \text{если } t_p \geq 0,8t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин,} \end{cases} \quad (3)$$

где t_p — расчетное время эвакуации людей, мин; $t_{\text{н.з}}$ — время начала эвакуации, мин;

$t_{\text{бл}}$ — время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара, имеющих предельно допустимые для людей значения, мин;

$t_{\text{ск}}$ — время существования скоплений людей на участках пути, мин.

Рассчитаем значение Q_B для случая, когда безопасность людей обеспечивается только за счет систем пожарной безопасности зданий. При этом $P_3 = 0$. Принимая вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения $R_{\text{а.п}} = 0,9$ для случая присутствия людей в здании в течение 8 ч ($P_{\text{пр}} = 0,333$), получим:

$$Q_B = Q_{\text{п}}(1 - R_{\text{а.п}})(1 - P_{\text{н.з}})P_{\text{пр}}(1 - P_3) = \\ = 0,04(1 - 0,9)(1 - 0,87) \cdot 0,333(1 - 0) = 1,731 \cdot 10^{-4},$$

что на два порядка выше нормативного значения $Q_B^{\text{н}} = 10^{-6}$.

Исходя из этого, обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре становится необходимым условием для соблюдения требования (1), поскольку выполнение второго условия в выражении (3) на три порядка снижает величину индивидуального пожарного риска. Поэтому эвакуацию людей следует рассматривать как обязательное требование обеспечения безопасности людей при пожаре в общественных зданиях и сооружениях.

В связи с этим точность моделирования процесса эвакуации людей при определении величины индивидуального пожарного риска приобретает решающее значение.

Индивидуальное разнообразие физических и психологических свойств людей и различие их реакции на влияние множества трудно учитываемых факторов определяют *стохастическую (случайную) природу* параметров движения людей в составе образующихся при эвакуации людских потоков, кото-

рую необходимо учитывать при формулировке математической модели.

Параметры людских потоков и эмпирические зависимости между ними

Параметрами движения людских потоков, определяющими своевременность и беспрепятственность эвакуации людей, являются скорость движения V (м/мин), его интенсивность q (м/мин) и плотность потока D (чел./м²) (или м²/м² при выражении плотности через площадь горизонтальной проекции человека f , м²/чел.).

Впервые на факт существования зависимости скорости людского потока от его плотности и вида пути (горизонтальный, лестница вниз, лестница вверх) было указано в результате натурных наблюдений, выполненных в начале 30-х годов прошлого столетия [3]. Эти немногочисленные (около 200) наблюдения выполнялись методом, который сегодня принято называть “методом включенного наблюдения”, т. е. наблюдатель включался в поток людей и подсчитывал количество сделанных им шагов за минуту при измеряемом им расстоянии до идущего впереди человека. Низкая точность данного метода и незначительное количество замеров обусловили необходимость проведения дальнейших наблюдений визуальным методом [4].

В связи с этим в период с 1946 по 1948 гг. сотрудниками ВНИИПО были проведены одновременные замеры плотности и скорости движения потока людей (3587 замеров) по горизонтальным путям, по лестницам вниз и вверх в зданиях театров, учебных заведений, промышленных и транспортных предприятий, расположенных в 11 крупнейших городах страны [5]. В дальнейшем натурные наблюдения проводились сотрудниками МИСИ и АГПС кинофотометодом, значительно повысившим их точность и оперативность, что позволило создать к концу 80-х годов самую крупную в мире (около 25 тыс.) базу эмпирических данных [6]. В это время были организованы также уникальные экспериментальные исследования на трансформируемом манеже (рис. 1) с целью получить значения параметров движения людских потоков в условиях, приближенных к аварийным [7].

Графики эмпирических зависимостей $V = \phi(D)$, построенные по полученным данным, представлены на рис. 2–4. Каждый из исследователей, проводивших ту или иную серию натурных наблюдений, аппроксимировал эмпирические зависимости полиномами наилучшего приближения от четвертой степени [8] до линейной функции. Графики эмпирических зависимостей, полученных в результате натурных наблюдений, проведенных к этому времени за рубежом, показаны на рис. 5. Они также



Рис. 1. Эксперименты, проводившиеся на трансформируемом манеже

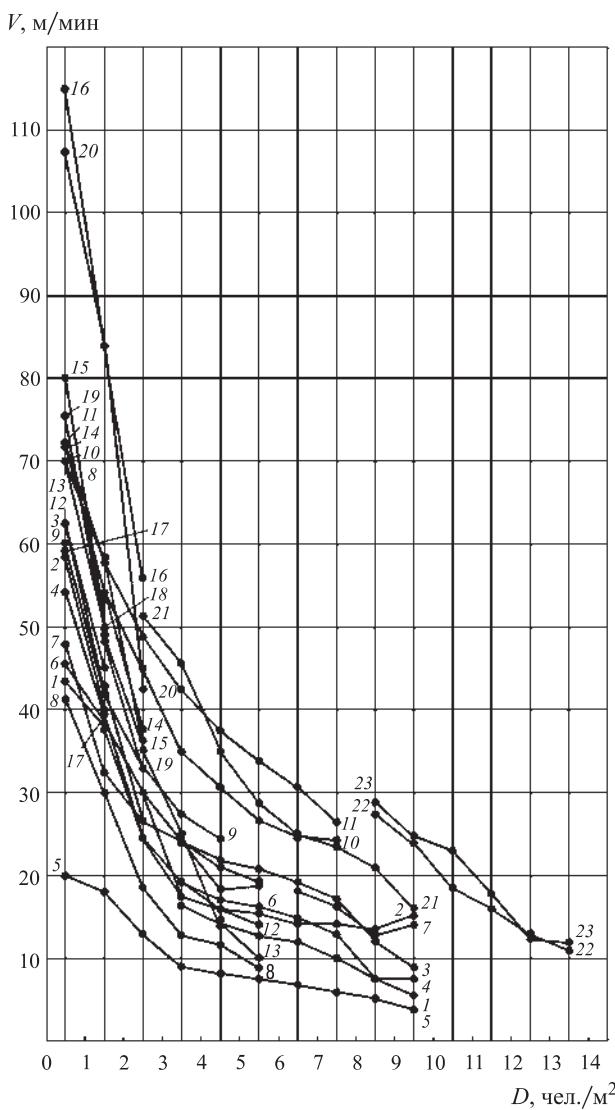


Рис. 2. Эмпирические зависимости скорости людского потока от его плотности при движении по горизонтальным путям: 1, 5 — театры, кинотеатры; 2 — университеты; 3 — промышленные здания; 4, 13, 14 — транспортные здания; 6 — спортивно-зрелищные комплексы; 7 — здания различного назначения; 8 — торговые здания; 9, 10, 11 — соответственно старшая, средняя и младшая группы школы; 12 — торговый центр; 15, 16, 18, 19 — транспортный и промышленный узлы; 20, 21 — метрополитен; 22, 23 — эксперимент

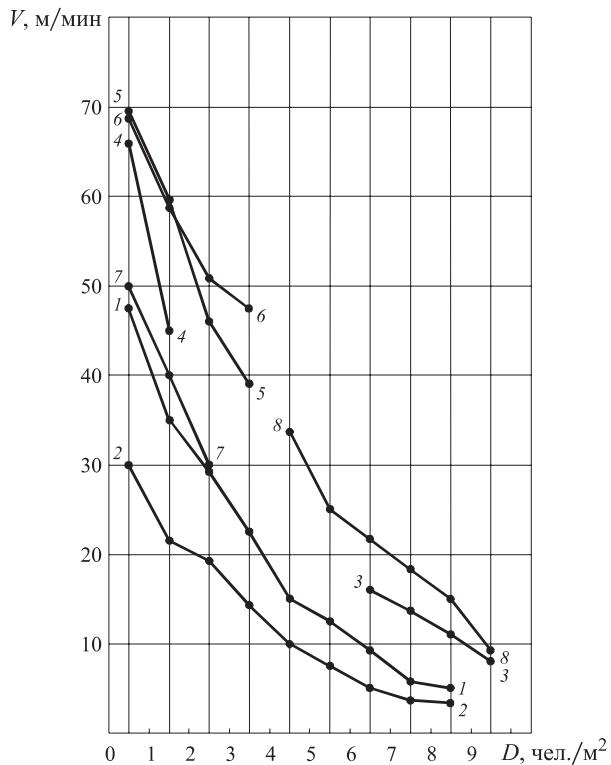


Рис. 3. Эмпирические зависимости скорости людского потока от его плотности при движении по лестнице вниз:
1 — здания различного назначения; 2, 3 — спортивно-зрелищные комплексы; 4 — университет; 5, 6 — соответственно средняя и младшая группы школы; 7 — транспортный узел; 8 — эксперимент

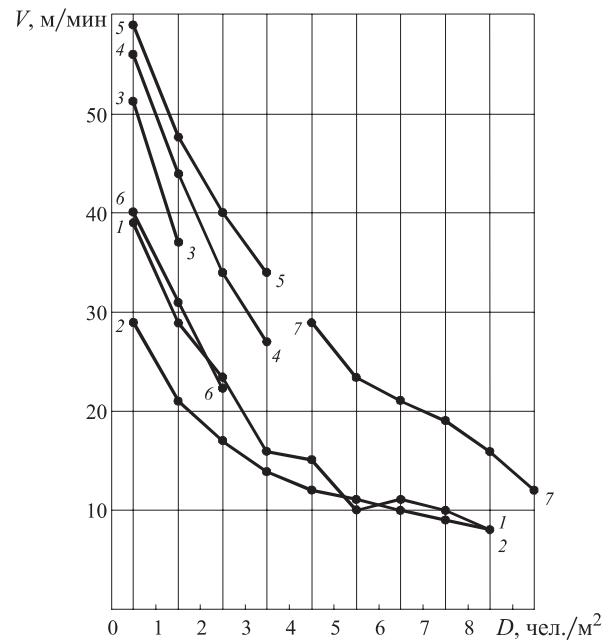


Рис. 4. Эмпирические зависимости скорости людского потока от его плотности при движении по лестнице вверх:
1 — здания различного назначения; 2 — спортивно-зрелищные комплексы; 3 — университет; 4, 5 — соответственно средняя и младшая группы школы; 6 — транспортный узел; 7 — эксперимент

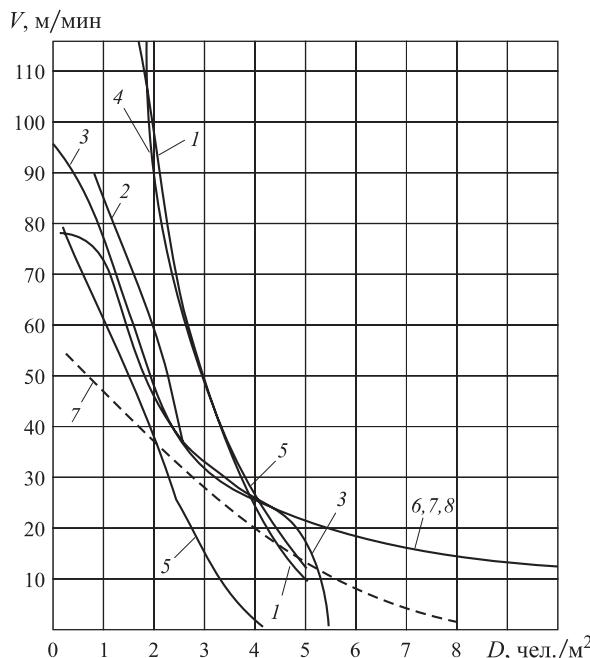


Рис. 5. Зависимости скорости людского потока от его плотности по горизонтальному пути (—) и по лестнице вверх (---) по данным зарубежных авторов: 1 — K. Reimer [10]; 2 — D. Oeding [11]; 3 — [12]; 4 — F. P. D. Navin, R. A. Wright [13]; 5 — [14]; 6 — K. Kimura, S. Ihara [15]; 7 — K. Togawa [16]; 8 — H. Kubawara, H. Doi, A. Ishigami [17]

не давали какого-либо объяснения сути наблюдаемого явления — изменения скорости людского потока, связанного с изменениями его плотности.

Фундаментальное значение интенсивности движения людского потока ($q = DV$) для непрерывности процесса эвакуации было установлено впервые [9] в результате анализа движения людских потоков через границы смежных (n -го и ($n + 1$)-го) участков пути:

$$q_{n+1} = q_n \delta_n / \delta_{n+1}, \quad (4)$$

где δ — ширина соответствующего участка.

Это соотношение позволило установить две расчетных ситуаций в организации движения людских потоков:

- при $q_{n+1} \leq q_{\max}$ — беспрепятственность эвакуации;
- при $q_{n+1} > q_{\max}$ — образование скопления людей с максимальной плотностью, ведущего не только к задержке эвакуации, но и к возможной гибели людей в результате компрессионной асфиксии.

Значение и положение точки q_{\max} зависят от вида функции $V = \varphi(D)$ (рис. 6).

Однако вид функции, описывающей закономерность связи между скоростью движения людского потока и его плотностью, проявляющуюся во всем приведенном множестве зависимостей $V = \varphi(D)$, оставался неизвестным. Установление этой закономерности превратилось из теоретической задачи в актуальнейшую практическую проблему при применении рас-

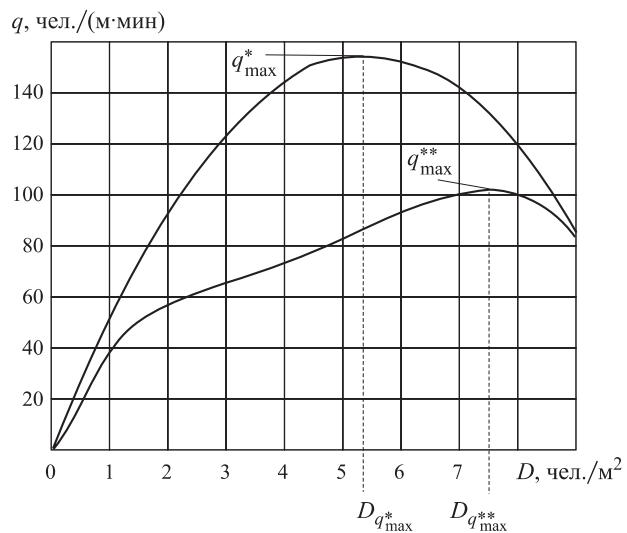


Рис. 6. Графики зависимости функции $q = \psi(D)$ от выражения функции V : $q^* = V^*D = 57 - 5,256D$; $q^{**} = V^{**}D = 112D^4 - 380D^3 + 434D^2 - 217D + 57$

четного метода эвакуации в нормировании [18], впервые реализованного в СНиП II-2-80 “Пожарная безопасность зданий и сооружений”, а затем в ГОСТ 12.1.004-91 “Пожарная безопасность. Общие требования”. Как видно из приведенных графиков, в зависимости от вида функции $V = \varphi(D)$ изменяется и максимальное значение q_{\max} , и значение плотности, при котором оно достигается, $D_{q_{\max}}$, т. е. то значение плотности, по достижении которого очень быстро (в течение десятка секунд) начинается скопление людей на границе смежных участков пути, что нарушает беспрепятственность эвакуации.

Установление закономерности связи между скоростью движения и плотностью людского потока

Наблюдаемая скорость потока при движении по любому виду пути всегда является результатом влияния не только плотности потока, но и уровня общего эмоционального состояния людей в потоке. Наглядный повседневный пример влияния общего эмоционального состояния — повышенная скорость движения людей в утренние часы “пик” в метрополитене. Разделить это одновременное влияние двух факторов никогда не удавалось. Однако различная степень влияния плотности потока на характер движения людей в нем, можно сказать, буквально осознанна и находит свое отражение в классификации [8], приведенной в табл. 1.

Первый интервал* плотности потока (один взрослый человек в уличной одежде на $2,5 \text{ м}^2$ горизонтального пути) характеризует движение как свободное

* В натурных наблюдениях исследуемый диапазон плотности потока подразделяют на интервалы.

Таблица 1. Классификация движения при увеличении плотности потока

Плотность, м ² /м ²	0–0,05	0,05–0,15	0,15–0,4	0,4–0,7	0,7–0,9	0,9–1,0	1,0–1,15
Характеристика движения людей в потоке	Индивидуальное						Поточное
	Свободное	Свободное поточное	Без контактных помех	С контактными помехами	С силовыми воздействиями		
				Слитное	Деформация тел	Сдавливание тел	

индивидуальное. “При такой плотности люди могут обгонять друг друга и двигаться в поперечном направлении” [8], т. е. плотность потока практически не оказывает влияния на характер (а следовательно, и на скорость) движения людей в нем. Очевидно, что скорость движения людей при отсутствии влияния плотности потока D_0 является результатом влияния их эмоционального состояния \mathcal{E} и вида пути j . Обозначим скорость свободного движения людей в эмоциональном состоянии по j -му виду пути $V_{0,j}^3$. Точные значения пороговой величины плотности потока $D_{0,j}$, по достижении которых она начинает оказывать влияние на скорость движения по тому или иному виду пути, неизвестны, но ясно, что они находятся в первом интервале плотности — от 0 до 1 чел./м² (или 0,1 м²/м² при $f=0,1$ м²/чел.). Это соображение дает возможность нивелировать влияние эмоционального состояния людей и выявить статистическую тенденцию влияния плотности потока на скорость его движения по относительным изменениям средних значений последней в последовательных интервалах плотности.

Вполне естественно, что снижение скорости на $\Delta V_{D,j}^3 = V_{0,j}^3 - V_{D,j}^3$ является реакцией человека на увеличивающееся влияние комплекса факторов, связанных с ростом плотности потока при любом эмоциональном состоянии людей. Чтобы уловить тенденцию этого влияния по данным натурных наблюдений, выражим искомую реакцию в виде функции:

$$R_{D,j} = (V_{0,j}^3 - V_{D,j}^3) / V_{0,j}^3. \quad (5)$$

Нетрудно понять, что функция $R_{D,j}$ описывает относительное снижение скорости потока с увеличением его плотности при любом уровне психологической напряженности ситуации, определяющей эмоциональное состояние людей. Тогда скорость движения людского потока будет описываться функцией

$$\Delta V_{D,j}^3 = V_{0,j}^3 (1 - R_{D,j}). \quad (6)$$

Эмпирические значения $R_{D,j}$ для каждого вида пути могут быть определены по данным натурных наблюдений. Затем следует найти аппроксимирующую их функцию. При этом следует учитывать, что **математическая формула только тогда получает реальное значение, когда она адекватна внут-**

ренним отношениям между явлениями или, во всяком случае, отражает эти отношения с достаточной степенью приближения. Поэтому необходимо выбрать вид аппроксимирующей функции, способной отобразить суть описываемой взаимосвязи между интенсивностью воздействия плотности и реакцией на него человека, выражющейся в изменении скорости его движения. Известно, что закономерности формирования ощущений человека под воздействием внешней среды — область исследований психофизики [19].

Расположение точек эмпирических значений $R_{D,j}$ указывает на то, что в данном случае корректно использование психофизического закона Вебера–Фехнера. Пример аппроксимации, выполненной для горизонтальных путей, приведен на рис. 7.

Оценка тесноты корреляционной связи между исследуемыми величинами проводилась при помощи теоретического корреляционного отношения, значения которого составили:

- для горизонтальных путей: в зданиях — 0,990; вне зданий — 0,984;
- для лестницы: вниз — 0,985; вверх — 0,996.

Столь высокие значения теоретического корреляционного отношения характеризуют **установленную связь практически как функциональную**.

Установление закономерности этой связи дает возможность описать **зависимость между параметрами людского потока как стохастического процесса в виде элементарной случайной функции:**

$$\Delta V_{D,j}^e = V_{0,j}^e [1 - a_j \ln(D/D_{0,j})]. \quad (7)$$

Элементарная случайная функция представляет собой произведение случайной величины скорости свободного движения людей $V_{0,j}^e$ в потоке на неслучайную функцию (выражение в скобках формулы (7)), описывающую влияние его плотности. Значения $V_{0,j}^e$ зависят от состава людей в потоке и уровня их эмоционального состояния в ситуациях различной психологической напряженности. Зависимости математического ожидания скорости свободного движения людей от их эмоционального состояния приведены на рис. 8, что позволило категорировать движение по уровню эмоционального состояния (табл. 2).

Таким образом, по данным статистической совокупности серий проведенных натурных наблю-

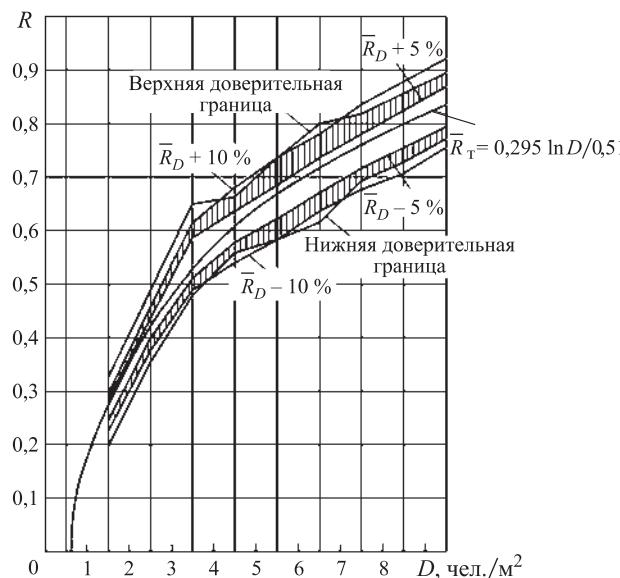


Рис. 7. График изменения значений $m(R_{j,D})$ при увеличении плотности людского потока при движении по горизонтальному пути

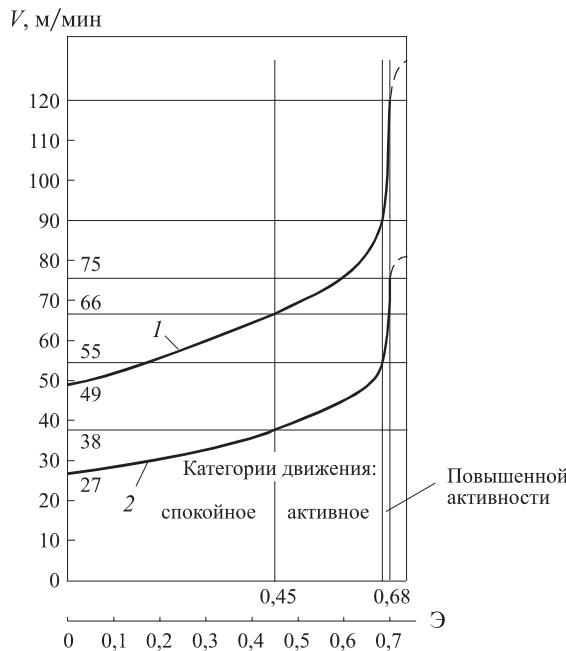


Рис. 8. Изменение средней скорости свободного движения людей в зависимости от их эмоционального состояния: 1 — по горизонтальным путям, через проемы, по лестнице вниз; 2 — по лестнице вверх

дений и экспериментов была получена возможность определить конкретные значения всех членов формулы, описывающей закономерность связи между параметрами людских потоков (см. табл. 2 и 3).

Статистика натурных наблюдений показывает нормальный (или близкий к нему) закон распределения скорости свободного движения людей в потоке, поэтому случайная величина $V_{0,j}^e$ может быть описана числовыми характеристиками: $m(V_{0,j}^e) \pm 3\sigma(V_{0,j}^e)$. Для каждой из установленных категорий движения

D , чел./ m^2	\bar{R}_D	$R_t = 0,295 \times \ln(D/0,51)$	$\Delta_D = R_t - \bar{R}_D$	$\left(\frac{\Delta_D}{\bar{R}_D}\right) \cdot 100\%$
1,5	0,270	0,282	+0,012	4,44
2,5	0,434	0,433	-0,001	-0,23
3,5	0,555	0,532	-0,023	-4,14
4,5	0,610	0,606	-0,004	-0,66
5,5	0,655	0,665	+0,010	1,53
6,5	0,705	0,714	+0,009	1,28
7,5	0,750	0,757	+0,007	0,93
8,5	0,789	0,794	+0,005	0,63
9,5	0,842	0,826	-0,016	-1,9

Таблица 2. Значения скоростей свободного движения людей в потоке при различных категориях движения

Категория движения	Скорость свободного движения \bar{V}_0 , м/мин, по видам пути	
	Горизонтальный, лестница вниз, проем	Лестница вверх
Комфортное	< 49,0	< 27,0
Спокойное	49,0–66,0	27,0–38,0
Активное	66,0–90,0	38,0–55,0
Повышенной активности	90,0–120,0	55,0–75,0

Таблица 3. Значения коэффициентов a_j и $D_{0,j}$ в зависимости от вида пути

Вид пути	a_j	$D_{0,j}$, чел./ m^2
Горизонтальный: вне зданий	0,407	0,69
	0,295	0,51
Проем	0,295	0,65
Лестница: вниз	0,400	0,89
	0,305	0,67

в качестве математического ожидания $m(V_{0,j}^e)$ следует принимать среднее значение соответствующего интервала скорости, указанного в табл. 2, а значение $\sigma(V_{0,j}^e)$ — равным $1/6$ этого интервала.

Нормирование значений интенсивности и скорости движения людского потока в зависимости от его плотности в настоящее время производится в детерминированном виде. Оно было выполнено для

СНиП II-2-80 “Пожарная безопасность зданий и сооружений” в табличной форме (табл. 4 СНиП II-2-80) при значениях $V_{0,j}$, соответствующих категории движения повышенной активности.

Ввиду широты области применения установленных зависимостей скорости и интенсивности движения людских потоков от их плотности (общественные здания любого назначения) в качестве расчетных значений для нормирования были приняты значения $m(V_{0,j}^e) - \sigma(V_{0,j}^e)$. Это не только создавало определенный “запас”, но и обеспечивало высокую степень достоверности нормируемых значений, поскольку их можно наблюдать ежедневно в повседневной жизни. Табл. 4 из СНиП II-2-80 сохранена и в ГОСТ 12.1.004-91 в виде табл. 2, и в Методике [2] — табл. П2.1.

Итоги и перспективы

Цикл серий, данные которых послужили базой для установления значений величин, входящих в зависимость (7), говорит о том, что эти значения соответствуют людскому потоку смешанного состава. Это было оптимально для условий, когда нормирование не дифференцировало состав потока в зданиях различного назначения. Однако СНиП 21-01-97* “Пожарная безопасность зданий и сооружений” ввели классификацию зданий по функциональной пожарной опасности в зависимости от “вида основного функционального контингента”, которая сохранена и в Техническом регламенте [1]. Такая классификация предопределяет необходимость дифференциации состава потока прежде всего “с учетом возраста и физического состояния” людей в нем. Такой “учет” должен был бы отразиться в нормируемых зависимостях между параметрами людских потоков эвакуируемого “основного функционального контингента”, характерного для зданий каждого класса функциональной пожарной опасности. Но в существующих нормативных документах и нормативно-правовых актах этого не сделано, поэтому вопрос, что же изменяется в установленных [20, 21] закономерностях связи между параметрами людских потоков и, вообще, корректны ли они для различного функционального контингента, остается открытым.

Учет возраста и соответствующего ему физического состояния людей предполагает существование классификации населения страны по этим показателям. В архитектурно-строительном проектировании она проявляется лишь косвенно, при классификации зданий по функциональному назначению, которая выделяет в отдельные виды здания дошкольных образовательных учреждений, школьные здания (школы, гимназии, лицеи и т. д.), здания вузов, дома и интернаты для престарелых и инвалидов.

Явные физические и возрастные особенности людей в составе основного функционального контингента, состоящего из инвалидов и престарелых людей, сказываются на их мобильных возможностях, поэтому поставленный вопрос стал основным при разработке разд. “Пути эвакуации” в СНиП 35-01-2001 “Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения”. Были организованы специальные натурные наблюдения движения людей различных групп мобильности [22, 23], в результате которых были получены расчетные значения скорости и интенсивности движения людских потоков с различными группами мобильности (прил. Б СНиП 35-01-2001).

Серии натурных наблюдений движения подростков различных возрастных групп в школьных зданиях были проведены ранее [24, 25]. Данные, полученные в них, вошли в общую совокупность эмпирических данных (см. рис. 2–4) и были проанализированы отдельно [21, 26]. Движение потоков людей, учащихся в вузах, в условиях, близких к аварийным, наблюдалось при проведении эксперимента [7] (см. рис. 2–4). Соответствующие экспериментальные зависимости тщательно проанализированы при установлении общей зависимости [21]. В настоящее время они могут быть дополнены данными натурных наблюдений, проведенных недавно в учебных зданиях МГСУ [27].

Круг исследований влияния возрастного состава эвакуирующихся людей на закономерности связи между параметрами людских потоков замыкается результатами исследований в зданиях дошкольных образовательных учреждений — детских садов [28]. Данные этих исследований представляют особый интерес. Во-первых, потому, что в результате натурных наблюдений и игровых экспериментов с детьми впервые (и не только в нашей стране) получена достаточно обширная база (около 4 тыс.) значений скорости и интенсивности движения потоков детей младшей, средней и старшей возрастных групп при различных уровнях их эмоционального состояния и плотности потоков во время движения по горизонтальным путям, через дверные проемы, по лестницам вверх и вниз. Во-вторых, потому, что в этом возрасте у человека формируется психофизиологическая модель собственного тела, называемая в психофизиологии “схемой тела”. “Схема тела” “ориентируется” на двигательную задачу в конкретных условиях и “позволяет” в чувственной форме получить ощущение скорости различными частями тела и темпа движений. В этот период формируются основные двигательные умения и навыки, накапливается двигательный опыт. Формирование двигательной программы включает в себя несколько компонентов: шаги, ориентировку в пространстве,

Таблица 4. Скорости свободного движения возрастных групп детей дошкольного возраста по видам пути при разных категориях движения

Категория движения	Скорость свободного движения V_0 , м/мин, по видам пути	
	Горизонтальный, проем	Лестница
Комфортное	< 40	< 29
Спокойное	40–60	29–47
Активное	60–100	47–84
Повышенной активности	100–190	—

реакцию на сигнал к началу или изменению движения. Но и в этом возрасте, как показывают результаты исследований (табл. 4 и 5), зависимости между параметрами людских потоков подчиняются тем же закономерностям (7) при значениях теоретического корреляционного отношения выше 0,98.

Таким образом, анализ дифференцированных зависимостей между параметрами людских потоков различных возрастных групп людей, характерных для зданий всех классов функциональной пожарной опасности, показывает, что они подчиняются общей закономерности, вид которой описывается функцией (7). Возрастные особенности реакции людей на увеличение плотности потока и психологической напряженности при движении в различных условиях находят свое отражение в соответствующих изменениях значений входящих в нее величин $V_{0,j}^e$, a_j , $D_{0,j}$. Эти значения определены и могут быть учтены в практике проектирования

и в нормировании. Прежде всего это относится к разработке и обоснованию объемно-планировочных решений в части путей эвакуации для зданий дошкольных учреждений.

Интересно было бы проанализировать проявление установленной закономерности изменения скорости людского потока от его плотности в результатах зарубежных исследований. Однако это сложно сделать как из-за отсутствия точных данных, так и из-за неуверенности в корректности методики проведения этих натурных наблюдений и статистической обработки их результатов [4]. Совершенно очевидно, что приведенные на рис. 5 графики могут иметь неточности относительно оригиналов, определяемые процессом их графического переноса. Однако столь же очевидно, что они демонстрируют как качественную, так и количественную идентичность эмпирическим зависимостям, установленным в России. Так, данные, полученные при натурных наблюдениях японскими исследователями, можно с высокой степенью точности аппроксимировать установленной зависимостью (7) при $V_{0,j}^e = 80$ м/мин и значениях a_j и $D_{0,j}$ для горизонтальных путей, приведенных в табл. 3; данные же натурных наблюдений в лондонском метрополитене (при $D < 5$ чел./ m^2) описываются практически той же зависимостью (при $V_{0,j}^e = 88$ м/мин), которая была установлена при обширных обследованиях на станциях и пересадочных узлах Московского метрополитена [29, 30]: $V = 106,2[1 - 0,4 \ln(D/0,56)]$. Эти факты еще раз свидетельствуют о корректности общей закономерности изменения параметров людских потоков и ее использования в нормировании.

Оценка влияния пожаров на безопасность зданий общественного назначения наилучшим образом может быть проведена путем сочетания детерминированного и вероятностного подходов, реализованных в Методике [2], учитывающих специфические свойства объекта, возможные сценарии развития пожара и варианты эвакуации людей с учетом психофизиологических характеристик контингента.

В действующей редакции Методика [2] предполагает в основном “двоичную” (0 или 0,999) оценку вероятности эвакуации людей P_s при пожаре (соотношение (3) [2]). Изложенные в настоящей статье результаты исследований позволят в дальнейшем более точно и дифференцированно определять параметр P_s . Это, в свою очередь, обеспечит необходимые предпосылки для выполнения более корректной оценки величины индивидуального пожарного риска, позволит разрабатывать более обоснованные противопожарные мероприятия и тем самым обеспечит необходимые условия для оптимального управления пожарными рисками.

Таблица 5. Значения a_j и $D_{0,j}$ при движении возрастных групп детей по различным видам пути в зданиях дошкольных учреждений

Вид пути	Группа	Темп движения	a_j	$D_{0,j}$, чел./ m^2
Горизонтальный	Старшая	Бег	0,275	0,780
		Шаг	0,275	0,780
	Средняя	Бег	0,275	0,780
		Шаг	0,275	0,780
	Младшая	Бег	0,275	0,780
		Шаг	0,275	0,780
Проем	Старшая, средняя	Шаг	0,350	1,200
Лестница вниз	Старшая		0,190	0,645
	Средняя		0,190	0,645
	Младшая		0,190	0,645
Лестница вверх	Старшая		0,275	0,760
	Средняя		0,275	0,760
	Младшая		0,275	0,760

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ : принят Гос. Думой 4 июля 2008 г. : одобр. Сов. Федерации 11 июля 2008 г. // Российская газета. — 2008. — № 163.
2. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : приложение к приказу МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 // Российская газета. — 2009. — № 161.
3. Беляев С. В. Эвакуация зданий массового назначения. — М. : Изд-во Всесоюзной академии архитектуры, 1938.
4. Холщевников В. В., Самошин Д. А., Исаевич И. И. Натурные наблюдения людских потоков. — М. : АГПС МЧС РФ, 2010.
5. Милинский А. И. Исследование процесса эвакуации зданий массового назначения : дис. ... канд. техн. наук. — М. : МИСИ, 1951.
6. Холщевников В. В. Статистика зависимостей между параметрами людских потоков // Исследования по основам архитектурного проектирования (Методологические, функциональные, эстетические и физико-технические проблемы архитектуры). — Томск : Томский государственный университет, 1983.
7. Копылов В. А. Исследование параметров движения людей при вынужденной эвакуации : дис. ... канд. техн. наук (науч. руковод. В. М. Предтеченский, М. Я. Ройтман). — М. : МИСИ, 1974.
8. Предтеченский В. М., Милинский А. И. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. — М. : Изд-во лит. по стр-ву, 1969; Berlin, 1971; Köln, 1971; Praha, 1972; U. S., New Delhi, 1978; Изд. 2. — М. : Стройиздат, 1979.
9. Предтеченский В. М. О расчете движения людских потоков в зданиях массового назначения // Известия вузов. Строительство и архитектура. — 1958. — № 7.
10. Reimer K. Die Bewegung der Menschenmasen in Verkehrsraumen. // Zehtschrift "Glaser Annen". — 1947. — № 71. — Heft 7. — S. 121–131.
11. Oeding D. Verkehrsbelastung und Dimensionierung von Gehwegen und anderen Aulagen der Fußgangverkehrs // Bonn : Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 1963. — Heft 22.
12. Passenger flow in subways and stain-comes // Engineering. — 1958. — No. 34. — P. 32–48.
13. Navin F. P. D., Wright R. A. Pedestrian Flow Characteristics // Traffic Engineering. — 1969. — Vol. 19, No. 7. — P. 30–33, 36.
14. ITE Technical Council Committee 5-R. Characteristics and Service Requirements of Pedestrians and Pedestrian Facilities // Traffic Engineering. — 1976. — Vol. 14. — P. 34–45.
15. Kimura K., Ihara S. Observations of Multitude Current of People in Buildings // Transaction of Architectural Institute of Japan. — 1937. — No. 5.
16. Togawa K. Study on fire escapes based on observations of multitude currents // Japanese Building Research Institute Report, Tokyo, 1955. — No. 14.
17. Kubawara H., Doi H., Ishigmi A. A fier-escap simulation method by describing actions of evacuees as probabilistic phenomena // Systems Approach to Fire Safety in Building : CIB Symposium. Tzukuba (Japan). — 1979. — Vol. 1. — P. 105–122.
18. Холщевников В. В. Исследование людских потоков и методологии нормирования эвакуации людей из зданий при пожаре. — М. : МИПБ МВД РФ, 1999.
19. Забродин Ю. М., Лебедев А. Н. Психофизиология и психофизика. — М. : Наука, 1977.
20. Холщевников В. В. Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов : дис. ... д-ра техн. наук. — М. : МИСИ, 1983.
21. Закономерность связи между параметрами людских потоков : диплом № 24-S Открытие в области социальной психологии (авт. открытия В. В. Холщевников) // Научные открытия. — М. : РАН; МАНОИ; МААНО, 2006.
22. Кирюханцев Е. Е., Холщевников В. В., Шурин Е. Т. Первые экспериментальные исследования движения инвалидов в общем потоке // Безопасность людей при пожарах : сб. науч. тр. — М. : ВИПТШ МВД РФ, 1999.
23. Шурин Е. Т., Алаков А. В. Выделение групп населения по мобильным качествам и индивидуальное движение в людском потоке как основа моделирования движения "смешанных" людских потоков при эвакуации // Проблемы пожарной безопасности в строительстве : сб. науч. тр. — М. : АГПС МВД России, 2001.

24. Исследование и расчет закономерностей движения школьников : отчет / МИСИ (науч. руковод. В. М. Предтеченский, отв. исп. В. В. Холщевников). — № ГР 75006136; инв. № Б 378487. — М., 1975.
25. Еремченко М. А. Движение людских потоков в школьных зданиях : дис. ... канд. техн. наук (науч. руковод. В. М. Предтеченский). — М. : МИСИ, 1979.
26. Холщевников В. В. Нормирование путей эвакуации в учебных заведениях // Пожарное дело. — 1980. — № 12.
27. Заикин С. В., Бушманов С. А., Парфененко А. П., Белосохов И. Р. Обеспечение безопасности людей при пожарах в зданиях посредством применения самоспасателей // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 3. — С. 41–51; № 4. — С. 31–39.
28. Холщевников В. В., Парфененко А. П. Эвакуация детей из зданий учебно-воспитательных учреждений // Пожарная безопасность в строительстве. — 2011. — № 4. — С. 48–61.
29. Разработать и внедрить новые объемно-планировочные и конструктивные решения станций метрополитенов с учетом высокоскоростного движения поездов : отчет НИР / МИСИ ; руководитель В. В. Холщевников, отв. исп. А. С. Дмитриев. — № 01860005733. — М., 1989.
30. Исаевич И. И. Разработка основ многовариантного анализа объемно-планировочных решений станций и пересадочных узлов метрополитена на основе моделирования закономерностей движения людских потоков : дис. ... канд. техн. наук (науч. руковод. В. В. Холщевников). — М. : МИСИ, 1990.

Материал поступил в редакцию 15 ноября 2011 г.

Электронные адреса авторов: reglament2004@mail.ru; parf01@inbox.ru.



Издательство «ПЖНАУКА»

Представляет книгу

А. Я. Корольченко, Д. О. Загорский

КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ И ЗДАНИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ. — М. : Пожнаука, 2010. — 118 с.



В учебном пособии изложены принципы категорирования помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, содержащиеся в современных нормативных документах. На примерах конкретных помещений рассмотрено использование требований нормативных документов к установлению категорий. Показана возможность изменения категорий помещений путем изменения технологии или внедрения инженерных мероприятий по снижению уровня взрывопожароопасности и повышению надежности технологического оборудования и процессов.

Пособие рассчитано на студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям "Пожарная безопасность", "Безопасность технологических процессов и производств", "Безопасность жизнедеятельности в техносфере", студентов строительных вузов и факультетов, обучающихся по специальности "Промышленное и гражданское строительство", сотрудников научно-исследовательских, проектных организаций и нормативно-технических служб, ответственных за обеспечение пожарной безопасности.

121352, г. Москва, а/я 43;
тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru



Д. А. Самошин
канд. техн. наук, старший преподаватель
Академии ГПС МЧС РФ, г. Москва, Россия



Р. Н. Истратов
адъюнкт Академии ГПС МЧС РФ,
г. Москва, Россия

УДК 721.183-056.266(083.74)

ОЦЕНКА МОБИЛЬНЫХ КАЧЕСТВ ПАЦИЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ ГОРОДСКИХ КЛИНИЧЕСКИХ БОЛЬНИЦ

Существующая медицинская классификации пациентов больниц по мобильности не позволяет использовать ее для решения задач пожарной безопасности. Анализ около 3,5 тысяч историй болезни позволил разделить пациентов различных отделений городских клинических больниц по группам мобильности в соответствии со СНиП 35-01-2001 "Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения". Эти нормы содержат закономерности, описывающие движение людей различных групп мобильности по разным видам пути, что позволяет прогнозировать процесс эвакуации людей из больничных комплексов.

Ключевые слова: эвакуация; больница; пациенты; группа мобильности.

Больницы* следует рассматривать как места массового пребывания людей с нарушениями функций организма, ограничивающими их возможности не только в нормальных (безопасных) условиях, но и в случае возникновения угрозы их жизни и здоровью, например при пожаре**. Первые попытки регулирования пожарной безопасности в больницах предпринимались в нашей стране еще в 30-е годы прошлого века [1, 2]. Пристальное внимание к вопросам безопасной эвакуации людей с физическими ограничениями, в том числе из больниц, отмечается с 80-х [3, 4] и особенно с 90-х годов прошлого века [5–7]. Однако, как правило, авторами рассматривались лишь отдельные аспекты особенностей их эвакуации: анализ пожаров в больницах [4], способы и скорость переноски немобильных пациентов персоналом [3, 8], различные характеристики пешеходного движения инвалидов [6, 7, 9], особенности эвакуации по лестницам и пандусам [10–12], особенности отработки плана эвакуации в больницах [13] и даже отдельные аспекты движения смешанных людских потоков [14].

Рассматривая нормативные документы, можно отметить, что основные требования пожарной безопасности направлены на деление здания на пожарные отсеки и секции, на нормирование размеров эва-

куационных путей и выходов, оснащенность здания системами дымоудаления и пожаротушения, противопожарным водопроводом и т. п. Однако для того чтобы оценить возможности людей эвакуироваться из таких зданий (возведенных по нормам и защищенных всем комплексом систем), необходимо, по крайней мере, знать характеристики пациентов с точки зрения их мобильности и возможности персонала по их эвакуации.

Существует медицинская классификация пациентов больниц (амбулаторные, транспортабельные в положении сидя, транспортабельные в положении лежа и нетранспортабельные), которая не позволяет оценить ни особенности пешеходного движения пациентов, ни их скорость, ни другие аспекты их эвакуации.

В настоящее время в практике архитектурно-строительного проектирования и в области пожарной безопасности используется наиболее полно проработанная классификация, приведенная в СНиП 35-01-2001 "Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения" (табл. 1).

Взяв ее за основу, авторы провели опрос среди лечащих врачей в 13 клинических больницах г. Москвы с целью установить группы мобильности пациентов различных отделений. Всего было рассмотрено около 3,5 тыс. историй болезни. Результаты классификации представлены в табл. 2, причем следует обратить внимание на две дополнительные группы мобильности.

* Согласно данным Федеральной службы государственной статистики на конец 2009 г. в России насчитывалось 6454 больничных учреждения, рассчитанных на 1373400 пациентов.

** В 2009 г. в зданиях лечебно-профилактических учреждений произошло 355 пожаров, на которых погибло 30 человек.

Таблица 1. Классификация маломобильных групп населения

Группа мобильности	Общие характеристики людей по группам мобильности
M1	Люди, не имеющие ограничений по мобильности, в том числе с дефектами слуха
M2	Немощные люди, мобильность которых снижена из-за старения организма (инвалиды по старости); инвалиды на протезах; инвалиды с недостатками зрения, пользующиеся белой тростью; люди с психическими отклонениями
M3	Инвалиды, использующие при движении дополнительные опоры (костыли, палки)
M4	Инвалиды, передвигающиеся на креслах-колясках, приводимых в движение вручную

Дополнительно введенные группы мобильности наиболее полно характеризуют пациентов больниц с точки зрения их способности к эвакуации из больниц. Ведь по своей сути больницы являются уникальным объектом, где могут находиться люди с любыми заболеваниями — от практически здоровых, физически сильных и выносливых пациентов до тяжелобольных, которым любое перемещение и отключение от жизненно важного больничного оборудования противопоказано.

Данные табл. 2, полученные с учетом двух дополнительных групп мобильности, показали, что количество людей с нарушениями функций организма, ведущими к ограничению мобильности, составляет от 17 % (гинекологическое отделение) до 85 % (неврологическое). Наибольшее количество пациентов категории M2 (имеющих самую низкую скорость передвижения) отмечено в кардиологических, терапевтических и неврологических отделениях. Пациентов категории M3 (передвигающихся с дополнительными опорами) больше всего в нейрохирургических отделениях, а категории M4 (инвалиды на креслах-колясках) — в нейрохирургических, онкологических и неврологических отделениях. Наибольшее количество немобильных пациентов наблюдается в неврологических и гинекологических отделениях. Нетранспортабельные пациенты присутствуют в небольших количествах практически в каждом отделении. В реанимационных и операционных блоках все пациенты являются нетранспортабельными.

Следует заметить, что зимой, как правило, больничные отделения заполнены на 100 %; весной и осенью количество пациентов может уменьшаться на 5–10 %, а летом — до 50 %.

Принимая во внимание приведенную классификацию и процентное соотношение пациентов и персонала в отделениях больниц, для организации эвакуации необходимо разрабатывать комплекс как инженерно-технических (защита путей эвакуации системами пожарной автоматики, организация зон безопасности, эвакуация с помощью лифтов), так и организационных мер, включая новые приспособления и способы, позволяющие сократить время эвакуации и усилия на ее проведение.

Таблица 2. Количество пациентов различных групп мобильности в отделениях больниц

Больничное отделение	Количество пациентов различных групп мобильности, %					
	M1	M2	M3	M4	Немо- бильные*	Нетранспор- табельные**
Терапевти- ческое	27	55	11	6	1	—
Неврологи- ческое	15	50	9	7	17	2
Онкологи- ческое	41	37	10	7	4	1
Кардиологи- ческое	24	61	6	5	3	1
Химиотерапев- тическое	40	40	10	6	3	1
Хирургическое	42	41	6	5	4	2
Пульмоноло- гическое	58	32	5	5	—	—
Урологическое	41	43	7	6	3	—
Нейрохирур- гическое	42	12	30	9	5	2
Гинекологич- еское (включая родильное от- деление)	83	3	4	—	10	—

* Немобильные люди (пациенты) — люди, которые не способны к самостоятельному передвижению по состоянию здоровья и эвакуация которых возможна на носилках либо каталках.

** Нетранспортабельные люди (пациенты) — люди, которые неспособны к самостояльному передвижению по состоянию здоровья и эвакуация которых на носилках либо каталках невозможна (операционные больные, подключенные к больничному оборудованию, инвалиды с повреждением позвоночника и т. п.).

Сейчас организация эвакуации пациентов больниц ложится на плечи персонала и предъявляет повышенные требования к его подготовке, особенно физической. Недавние пилотажные эксперименты показали, что, например, две медсестры, женщины среднего возраста, без явной угрозы для своего здоровья не могут переместить пациента весом 90 кг даже с кровати на носилки. А самым сложным элементом эвакуации для медработников-женщин ока-

зываются перемещение пациента на носилках по лестнице. Предельный вес пациента, при котором у медработников-женщин наблюдается резкое снижение скорости и дальности переноски по лестнице, — 60 кг.

Усложняет эвакуацию также то, что количество персонала, присутствующее в отделении, особенно в ночное время, ограничено. При численности пациентов в отделении около 60–80 чел. (данные по городским клиническим больницам г. Москвы) эвакуация в дневное время (при наличии в отделении 10–12 чел. персонала — руководства отделения, лечащих врачей, интернов, медсестер, лаборантов) представляется решаемой задачей, а в ночное время (при численности персонала 2–3 чел.) — невыполнимой. Например, при средней вместимости

неврологического отделения 60 чел. подлежат эвакуации на носилках 10 чел., нетранспортабельны 2 пациента, 4 чел. нужно эвакуировать на креслах-колясках, в том числе по лестнице. Кроме того, надо организовать эвакуацию еще 44 чел., часть из которых передвигается с помощью дополнительных опор.

Проведенное исследование позволило, во-первых, диагностировать ситуацию с эвакуацией пациентов больниц и количественно описать их состав для решения прикладных задач пожарной безопасности, а во-вторых, сформулировать конкретные задачи дальнейшего исследования, главные из которых — это исследование смешанных людских потоков и разработка комплекса организационных и технических мер для обеспечения безопасной эвакуации как пациентов, так и персонала больниц при пожаре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яичков К. М. Защита лечебных учреждений от пожаров. — М., 1931.
2. Эвакуация из больниц больных и служебного персонала во время пожара. Положение. Грузинская ССР. Наркомздравоохранения. — Тбилиси, 1938.
3. Hall J. Patient Evacuation in Hospitals // Fires and Human Behaviour / Canter D. (Ed.). — London : David Fulton Publisher, 1980.
4. Bryan J. L., Milke J. A. The Determination of Behavioral Response Patterns in Fire Situations. Project People II. Final Report — Health Care Report. — Washington : DC, Centre for Fire Research, National Bureau of Standards, 1981.
5. Кириюханцев Е. Е., Холщевников В. В., Шурин Е. Т. Первые экспериментальные исследования движения инвалидов в общем потоке // Безопасность людей при пожарах : сб. статей. — М. : ВИПТШ МВД РФ, 1999.
6. Шурин Е. Т., Алаков А. В. Выделение групп населения по мобильным качествам и индивидуальное движение в людском потоке как основа моделирования движения "смешанных" людских потоков при эвакуации // Проблемы пожарной безопасности в строительстве : сб. статей. — М. : АГПС МВД России, 2001. — С. 36–42.
7. Boyce K. E. Egress Capabilities of People with Disabilities : PhD thesis. — University of Ulster, 1996.
8. Шурин Е. Т., Самошин Д. А. Результаты экспериментов по определению некоторых параметров эвакуации немобильных людей при пожаре // Системы безопасности : 10-я науч.-техн. конф. — М. : Академия ГПС МВД РФ, 2001. — С. 114–117.
9. Brand A., Sorqvist M., Hakansson P., Johanson J. E. Evacuation safety for locomotion disabled people // Proceedings of the Second International Symposium on Human Behaviour in Fire. — Boston, USA, 2001. — P. 445–450.
10. Hedman G. Stair descent devices: an overview of current devices and proposed framework for standards and testing // Proceedings of the Fourth International Symposium on Human Behaviour in Fire. — Cambridge, UK, 2009. — P. 601–606.
11. Adams A. P. M., Galea E. R. An experimental evaluation of movement devices used to assist people with reduced mobility in high-rise building evacuations // Proceedings of the Fifth International Conference Pedestrian and Evacuation Dynamics. — New York, USA, 2011. — P. 129–138.
12. Yoshimura H., Fujimoto M. Development of step-by-step ramps for assisting wheelchair users' evacuation in emergencies // Proceedings of the Third International Symposium on Human Behavior in Fire. — Belfast, UK, 2004. — P. 507–512.
13. Arno G., Buckens F. M. A. Hospital evacuation drills: how to start // Emergency evacuation of people from buildings : International Scientific and Technical Conference. — Warsaw, Poland, 2011. — P. 35–42.
14. Shimada T., Naoi H. An experimental study on the evacuation flow of crowd including wheelchair users // Fire Science and Technology. — 2006. — Vol. 25, No. 1. — P. 1–14.

Материал поступил в редакцию 2 октября 2011 г.

Электронные адреса авторов: inbox-d@mail.ru; roman57rus@rambler.ru.



А. Л. Душкин
канд. техн. наук, ведущий научный
сотрудник, старший научный сотрудник
Научно-исследовательского центра новых
технологий МАИ, г. Москва, Россия



А. В. Карпышев
канд. техн. наук, директор
Научно-исследовательского
центра новых технологий МАИ,
г. Москва, Россия



С. Е. Ловчинский
инженер Научно-исследо-
вательского центра новых
технологий МАИ, г. Москва,
Россия

УДК 614.843.4

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЖИДКОСТНОЙ СТРУИ В АТМОСФЕРЕ

Приведены аналитические закономерности распространения струи жидкости в атмосфере. Определены условия получения дальнобойных струй жидкости для нужд пожарной защиты. Показано, что расчетные значения дальности полета струи по предложенной аналитической модели соответствуют экспериментальным данным.

Ключевые слова: жидкостные струи; пограничный слой; устойчивость; пожаротушение.

Вода широко используется в различных областях хозяйственной деятельности людей, в частности в виде водных струй. Однако до настоящего времени нет однозначных расчетных зависимостей для определения дальности полета жидкостных струй в атмосфере. Наиболее остро решение этой задачи стоит при создании противопожарных установок, стволы которых должны подавать воду на расстояние, превышающее размах крыльев современных самолетов, т. е. 80...100 м. При этом необходимо определять требуемый расход воды G (л/с) и напор H (м), с тем чтобы рационально расходовать ее энергетические возможности для привода насосов противопожарных установок, в частности аэродромных противопожарных автомобилей. Такие же задачи стоят перед разработчиками противопожарных судов и поездов. При движении струи в воздухе происходит потеря напора за счет сопротивления [1]:

$$H = H_0 - h_{\text{тр}} = H_0 - \lambda (l/d_0) H_0, \quad (1)$$

где H_0 — начальный напор на выходе из сопла;
 $h_{\text{тр}}$ — потери напора на трение;
 λ — коэффициент сопротивления;
 l — длина траектории;
 d_0 — диаметр выходного сечения сопла.

Если принять согласно [1] длину траектории

$$l = x/\cos \theta,$$

то уравнение траектории будет иметь вид:

$$z = x \tan \theta - \frac{x^2}{4H_0 \left(1 - \frac{\lambda x}{d \cos \theta} \right) \cos^2 \theta}, \quad (2)$$

где x — горизонтальная координата;

θ — угол струи к горизонту;

z — вертикальная координата.

За диаметр струи в сечении $x = 0$ принимаем диаметр выходного отверстия сопла, т. е. $d = d_0$. Однако такое представление игнорирует изменение как начальной равномерной скорости струи U , так и коэффициента сопротивления λ . В общем случае зависимость (1) необходимо записать так:

$$H = H_0 \left(1 - \int_0^{l_{\text{кон}}} \lambda \frac{dl}{d} \right) \cong H_0 \left(1 - \int_0^L \lambda \frac{dx}{d} \cos \theta \right), \quad (3)$$

где L — горизонтальная дальность полета струи.

Для нахождения коэффициента сопротивления необходимо связать турбулентное касательное напряжение τ с величинами, характеризующими основное течение жидкости. Для этого можно воспользоваться формулой Прандтля для определения турбулентного касательного напряжения [2]:

$$\tau = \rho k b (U_{\max} - U_{\min}) (dU/dy), \quad (4)$$

где ρ — плотность среды;

k — эмпирическая константа;
 b — ширина зоны взаимодействия;
 U_{\max}, U_{\min} — максимальная и минимальная скорость воды в поперечном сечении струи.

При этом выражение перед производной скорости считается постоянным по ширине зоны взаимодействия. Задача о свободной границе струи была решена В. Толминым [2] при помощи формулы Прандтля (4) следующим образом:

$$\tau = \rho kx (U_{\max} - U_{\min}) \frac{dU}{dy}. \quad (5)$$

По аналогии с определением касательного напряжения, связанного только с вязкостью среды, выражение перед производной в выражении (5) называют кажущейся кинематической вязкостью E :

$$E = kx (U_{\max} - U_{\min}). \quad (6)$$

При распространении струи в неподвижном воздухе $U_{\min} = 0$.

В монографии [2] приводится аналитическое решение поставленной задачи для затопленной струи. При этом значение кажущейся вязкости

$$E = 2,17 \cdot 10^{-3} x U. \quad (7)$$

К сожалению, эта зависимость получена для струи и среды с мало отличающимися плотностями. В работе [2] высказывается предположение о возможности преобразования касательного напряжения в жидкости при истечении в газ. Тогда, если профили скорости принять такими же, как и ранее, значение кажущейся вязкости должно измениться так:

$$\tilde{E} = 2,17 \cdot 10^{-3} x U \left(\frac{\rho_g}{\rho_{\text{ж}}} \right)^2, \quad (8)$$

где U — начальная равномерная скорость струи;

ρ_g — плотность газа (воздуха);
 $\rho_{\text{ж}}$ — плотность жидкости.

Примем, что при течении жидкости в виде струи с небольшим углом расширения (4°) при выходе из сопла, подобно течению в трубе, все составляющие скорости, кроме осевой, близки к нулю, а давление в поперечном сечении струи постоянно. Тогда объемный расход жидкости Q выражается так [2]:

$$Q = \frac{U_{\max}}{2} \pi R^2 = \pi R \bar{U} = \frac{\pi R^4}{8\rho v} \left(-\frac{dP}{dx} \right), \quad (9)$$

где $2R = d$;

U_{\max} — максимальная скорость;
 v — кинематическая вязкость;
 P — давление;
 \bar{U} — средняя скорость струи.

Принято связывать перепад давления со средней скоростью течения посредством коэффициента сопротивления λ :

$$-\frac{dP}{dx} = \frac{\lambda}{d} \frac{\rho \bar{U}^2}{2}. \quad (10)$$

Из выражений (9) и (10) находим коэффициент λ :

$$\lambda = \frac{64v}{\bar{U}dc}, \quad (11)$$

где c — коэффициент профиля скорости, учитывающий отличие течения в струе от течения в трубе.

Заменив коэффициент кинематической вязкости v на значение кажущейся вязкости, по выражению (8) получим:

$$\lambda = \frac{64 \cdot 2,17 \cdot 10^{-3} x U \left(\frac{\rho_g}{\rho_{\text{ж}}} \right)^2}{\bar{U}dc}.$$

Из полученной формулы видно, что при малом расстоянии $x/d \ll 100$ от среза сопла струя практически распространяется без потерь, а коэффициент сопротивления λ возрастает с увеличением длины струи. Так как предполагается, что расход G в струе не меняется по ее длине, то $\bar{U}d^2 = U d_0^2 \mu$, где d_0 — диаметр выходного сечения сопла; μ — коэффициент расхода. Тогда значение интеграла в (3) вычисляется по формуле

$$\int_0^L \lambda \frac{dx}{d} \cos \theta = \frac{L^2}{\mu d_0^2} \frac{c}{2} \cdot 0,138M^2, \quad (13)$$

где $M_2 = (\rho_g / \rho_{\text{ж}})^2$.

Приравняв вертикальную координату к нулю ($z = 0$), из уравнения траектории (2) получим выражение для горизонтальной дальности полета струи:

$$L = \frac{2H_0 \sin 2\theta}{1 + 4H_0 \frac{L}{\mu d_0^2} \frac{c}{2} \cdot 0,069M^2 \operatorname{tg} \theta}. \quad (14)$$

Выражение (14) отличается от известного выражения [1] наличием в знаменателе дальности полета струи L , коэффициента профиля скорости c , коэффициента расхода в насадке μ . Остается невыясненным значение коэффициента профиля скорости c , который представляет собой отношение выражения $U_{\max} / \bar{U} = 2$ к аналогичному отношению в свободной струе. При истечении из сопла вблизи его среза происходит преобразование распределения скорости из характерного для течения в цилиндрическом канале (трубе) к распределению, относящемуся к свободной струе в неподвижной среде [2]. Для свободной струи распределение скоростей и, соответственно, динамических давлений сходно с гауссовым распределением [2, 3]:

$$\bar{U} = U_{\max} e^{-a(r/R)^2}, \quad (15)$$

где R — радиус струи;

r — текущий радиус струи ($0 \dots R$);

a — постоянный коэффициент.

Соответственно, объемный расход будет таким:

$$Q = U_{\max} 2\pi \int_0^R r e^{-a(r/R)^2} dr = \\ = U_{\max} \frac{\pi R^2}{a} (1 - e^{-a}) = \pi R^2 \bar{U}. \quad (16)$$

Согласно [3] для свободной жидкостной струи коэффициент $a = 3,5 \dots 6$, а для газовой — $a = 2,62$ [2]. Таким образом, коэффициент профиля скорости c должен лежать в диапазоне:

$$c \approx 0,7 \dots 0,33. \quad (17)$$

Для различных значений коэффициента распределения c по зависимости (14) получаем ощутимо различающиеся длины струи L . Наилучшее соглашение с экспериментальными значениями наблюдается при $c = 0,5 \dots 0,55$.

Для определения оптимального угла θ , под которым подается струя, продифференцируем выражение (14) по θ и приравняем $dL/d\theta = 0$.

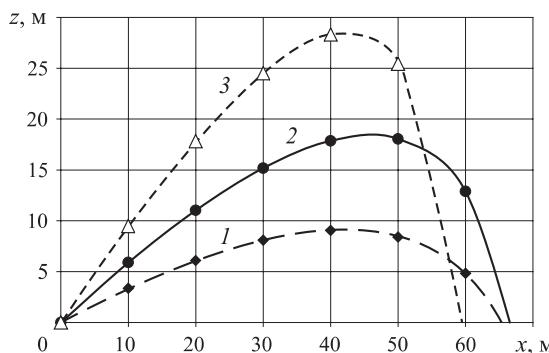
Тогда получим:

$$M^2 \frac{L^2}{d_0^2} \frac{c}{\mu} \cdot 0,069 = \cos 2\theta \cos^2 \theta. \quad (18)$$

По порядку величин $M^2 \cong 1,4 \cdot 10^{-6}$; $L^2/d_0^2 \approx 5,1 \cdot 10^6$ [3]; $c = 0,55$; $\mu \approx 0,9$ следует, что $\theta \approx 25 \dots 35^\circ$.

На рисунке показаны траектории полета жидкостной струи, полученные по уравнению (2) с учетом (12)–(14) для $H_0 = 100$ м, $d = 0,024$ м, $c = 0,55$, $\mu = 0,98$, $M^2 = 1,46 \cdot 10^{-6}$.

Численный анализ выражения (14) показывает, что дальность струи L возрастает с увеличением начального напора H_0 . Но не следует забывать, что при возрастании начального напора H_0 устойчивость жидкостной струи ухудшается [3] и полученные зависимости в этом случае неприменимы. При этом струя распадается на капли, так и не достигнув расчетной дальности.



Траектории полета жидкостной струи под углом 0 : 1 — 20° ; 2 — 32° ; 3 — 45°

Многочисленные экспериментальные исследования показали, что выходная скорость жидкости (и следовательно, H_0) с точки зрения отсутствия сильных возмущений, ведущих к распылению струи, ограничена следующим значением:

$$\lg Re < | -1,96 \lg Oh |, \quad (19)$$

где $Re = Ud_0/v$;

$$Oh = v \left(\frac{\rho_{ж}}{d\sigma} \right)^{0,5};$$

σ — коэффициент поверхностного натяжения.

Расчеты, проведенные по неравенству (19), показывают, что для диаметров выходного отверстия сопла в диапазоне $d_0 = 3 \dots 100$ мм напор для воды ограничен $H < 150$ м.

При проектировании дальнобойных сопел следует обратить внимание на качество изготовления профиля сопла, от чего зависит коэффициент расхода μ и дальность полета жидкостной струи L . Так, для сопла, выполненного в виде отверстия в тонкой стенке ($\mu = 0,5 \dots 0,6$), дальность струи меньше по сравнению с профилированным соплом ($\mu = 0,92 \dots 0,98$).

В таблице приведены расчетные и экспериментальные значения дальности полета жидкостной струи. В экспериментах использовались специально спрофилированные стволы с двумя успокоителями [3] с коэффициентом расхода $\mu = 0,92 \dots 0,98$. За дальность струи, как принято в мировой практике, принималось расстояние от среза сопла до центра пятна (круг, овал) на поверхности, в котором выпадает порядка 75 % воды.

Расчетные и экспериментальные значения дальности подачи струи

№ п/п	Расход, л/с	Напор, м	Темпера- тура воз- духа, °C	Дальность подачи струи, м	
				эксперимен- тальная	расчетная
1	130	140	10	140	145
2	120	125	10	132	130
3	80	110	11	123	120
4	60	100	19	108	105
5	40	100	18	95	94
6	35	80	5	77	79
7	10	100	4	55	54,5
8	5	100	10	45	43
9	5,5	130	5	47	48,4
10	20	70	17	65	67,3
11	2	90	12	28	31,7
12	24	80	1	68,5	70,2
13	24	80	25	72	74
14	1,4	100	7	26	27,4

Сравнение данных таблицы показывает, что отличие экспериментальных значений от расчетных не превышает 4 %.

В результате проведенного исследования на базе теории пограничного слоя определен кажущийся коэффициент вязкости струи в воздухе, позволяющий учитывать влияние условий формирования струи на выходе из сопла, таких как профиль скорости и коэффициент расхода μ (т. е. качество изготовления выходного насадка), на дальность полета.

Получено физически и экспериментально обоснованное выражение для определения дальности струи L в зависимости от диаметра выходного насадка d_0 , напора H_0 , внешних условий среды, ее распространения и характерных особенностей насадка ствола.

Установлена граница приемлемости полученной зависимости. Показано влияние температуры на дальность полета жидкостных струй вследствие изменения плотности воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Штеренлихт Д. В. Гидравлика. — М. : Энергоатомиздат, 1984. — 640 с.
2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. — М. : Наука, 1974. — 712 с.
3. Шавловский С. С. Основы динамики струй при разрушении горного массива. — М. : Наука, 1979. — 173 с.

Материал поступил в редакцию 28 октября 2011 г.
Электронный адрес авторов: Lovchinskiy@inbox.ru.



Издательство «ПЖНАУКА»

Представляет книгу

ОГНЕТУШИТЕЛИ. УСТРОЙСТВО. ВЫБОР. ПРИМЕНЕНИЕ Д. А. Корольченко, В. Ю. Громовой



В учебном пособии приведены классификация огнетушителей и конструкции основных их типов, средства тушения, используемые для зарядки огнетушителей, виды огнетушителей и правила их применения для ликвидации загораний различных веществ, рекомендации по расчету необходимого количества огнетушителей для разных объектов, по их размещению, хранению и техническому обслуживанию.

Рекомендации, содержащиеся в книге, разработаны на основе современных нормативных документов, регламентирующих конструкцию, условия применения, правила эксплуатации и технического обслуживания огнетушителей.

Учебное пособие рассчитано на широкий круг читателей: инженерно-технических работников предприятий и организаций, ответственных за оснащение объектов огнетушителями, поддержание их в работоспособном состоянии и своевременную перезарядку; преподавателей курсов пожарно-технического минимума и дисциплины "Основы безопасности жизнедеятельности" в средних и высших учебных заведениях; частных лиц, выбирающих огнетушитель для обеспечения безопасности квартиры, дачи или автомобиля.

121352, г. Москва, а/я 43;
тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru



И. Ф. Безродный

канд. техн. наук, академик ВАН КБ,
федеральный эксперт научно-технической
сферы, старший научный сотрудник
ООО "Завод Спецхимпродукт"

УДК 614.842.615

ЗАБЫТЫЕ ИМЕНА – ЗАБЫТЫЕ ЗНАНИЯ... или “ПОЧЕМУ НЕ ТУШИТ ПЕНА?..”

Рассмотрены результаты исследований процессов тушения нефти и нефтепродуктов воздушно-механической пеной, получаемой с помощью пеногенераторов эжекционного типа из растворов углеводородных пенообразователей. Объяснены эффекты низкой огнетушащей эффективности пены из-за неправильной работы пеногенератора. Использованы результаты исследований 40-летней давности и собственные результаты автора.

Ключевые слова: воздушно-механическая пена; пеногенератор; кратность; размер пузырька; эжекция; критическая интенсивность; нормативная интенсивность; время тушения; тепловой режим зоны пожара; забытые знания.

Сегодня нередко можно услышать удивленные возгласы пожарных: “Пена не тушит!?!”. И сразу начинаются упреки в адрес производителей пенообразователей в том, что качество современных пенообразователей не соответствует требованиям, что сертификаты “липовы” и т. п. В абсолютном большинстве случаев такие разговоры имеют место при обсуждении результатов тушения с использованием углеводородных пенообразователей. Это и понятно: такой тип пенообразователей имеет наиболее широкое распространение в подразделениях пожарной охраны из-за относительной дешевизны.

А теперь стоит остановиться и оглядеться! Действительно, пена порой не тушит, но именно пена, а не пенообразователь или его водный раствор. Да-вайте, прежде чем ругать производителей пенообразователей, обратим внимание на свойства этой самой пены, для получения которой одного пенообразователя мало, необходимо еще и специальное устройство — пеногенератор, или пенный ствол, или иное пеногенерирующее устройство.

Какими параметрами характеризуются свойства пены? Многие скажут: кратностью. Мало кто или почти никто и не вспомнит, что огнетушащая эффективность (или нормативная/критическая интенсивность, или стойкость пены в условиях пожара — все эти понятия взаимосвязаны!) зависит от кратности пены. И уж совсем откровением будет для многих информация о зависимости этих параметров от среднего размера пузырьков в пне. Хотя и для далекого от пенного пожаротушения человека, даже ребенка, выдувающего мыльные пузыри, очевидно, что пена, состоящая из крупных пузырей,

разрушается гораздо быстрее, чем из мелких. Ведь разрушаются пленки пены, и чем их больше и чем пузыри меньше, тем медленнее будет сокращаться объем пены. А это значит, что виновником плохого качества пены может быть не пенообразователь, а пеногенератор!

Думаете, это результаты новых исследований? Вовсе нет! Откроем книгу уважаемых и, надеюсь, многим известных авторов А. А. Котова, И. И. Петрова и В. Ч. Реутта “Применение высокократной пены при тушении пожаров” [1]. Известная нам сегодня пена средней кратности в 70-е годы называлась высокократной, так как существовало только два типа пены — низкой и высокой кратности.

На рис. 1 [1] хорошо видно, что зависимость критической интенсивности подачи пены от ее кратности очень сильная даже в диапазоне работы стволов

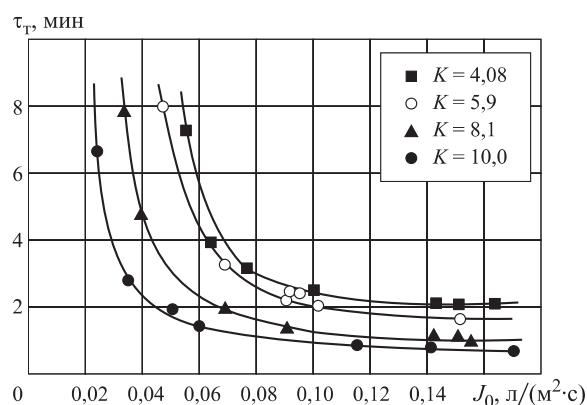


Рис. 1. Зависимость времени тушения бензина от интенсивности подачи раствора при разной кратности пены [1]

низкократной пены, т. е. при изменении кратности от 4 до 10. Эти результаты в дальнейшем явились главным обоснованием перехода от низкой пены к пено кратностью 70–100.

Раз уж мы данной публикацией пытаемся решить просветительскую задачу, необходимо напомнить определение критической интенсивности. Критическая интенсивность — это такая величина интенсивности подачи раствора пенообразователя, при которой эффект тушения не достигается бесконечно долго, но при увеличении интенсивности на любую бесконечно малую величину он будет достигнут за конечный промежуток времени. Это определение было сформулировано позднее — по результатам исследования псевдостационарного процесса горения жидкостей, осложненного воздействием огнетушащей пены [2]. Однако само понятие критической интенсивности, а также связь между нормативной и критической интенсивностями через коэффициент запаса $K_3 = 2,3$, равно как и понятия стойкости, синерезиса и ряд закономерностей тушения, были установлены указанными выше авторами. Для понимания проще обратиться к рис. 2 [1]. Вертикальная пунктирная асимптота в левой части рисунка пересекает ось абсцисс именно в той точке, которая соответствует численному значению “критической” интенсивности.

Конечно, численные значения интенсивности (см. рис. 1–3) не должны восприниматься как абсолютные, поскольку условия экспериментов четко не оговорены. Однако относительное изменение эффективности (критической интенсивности) в границах рассматриваемого диапазона кратности указывает на пропорциональную зависимость интенсивности от кратности. Экстраполируя результаты на диапазон кратности современных пеногенераторов, приходим к очевидному выводу о необходимости увеличения нормативной интенсивности в несколько раз в тех случаях, когда по какой-либо причине кратность пены снижается с 70 до 30, а иногда и ниже. Это увеличение необходимо даже без учета изменения среднего размера пузырьков в пено. Причины уменьшения кратности пены и изменения размера пузырьков будут рассмотрены далее.

В работе [3] вновь подробно обсуждается влияние кратности на эффективность пены из углеводородных пенообразователей и обосновывается диапазон кратности в интервале 80–150, когда пена наиболее эффективна (см. рис. 3). Здесь же обоснованы известные всем значения нормативной интенсивности 0,05 и 0,08 л/(м²·с), привязанные к температуре вспышки горючего, которая соответственно выше и ниже 28 °C.

Известно, что одной из важнейших характеристик структуры огнетушащей пены является средний раз-

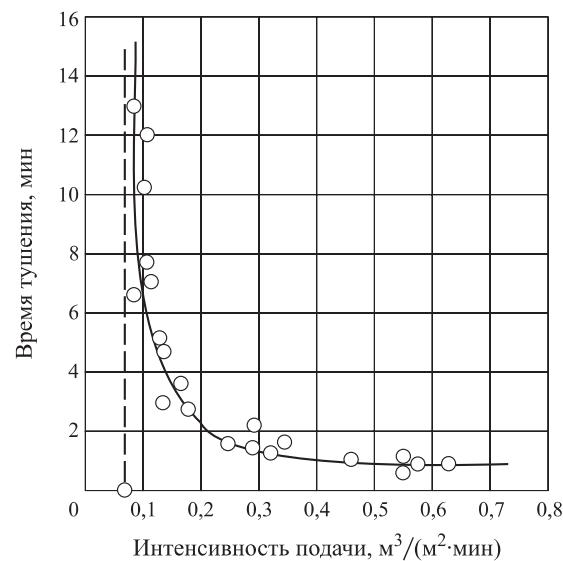


Рис. 2. Зависимость времени тушения от интенсивности подачи раствора [1] (ПО-1 6 %)

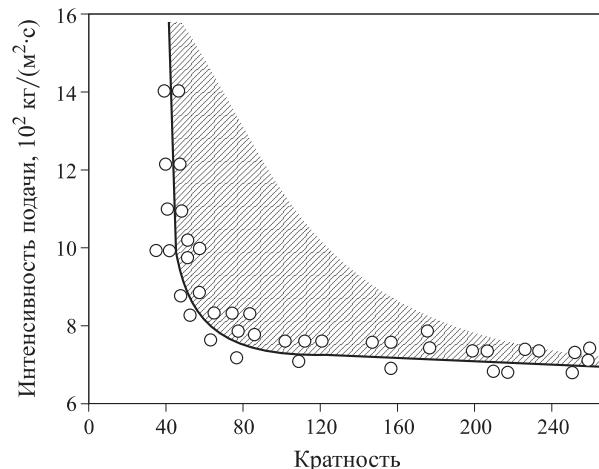


Рис. 3. Зависимость критической интенсивности подачи раствора пенообразователя от кратности пены (заштрихована область тушения пламени) [3]

мер пузырьков [1]. При этом такие параметры пены, как средний диаметр пузырьков d , средняя толщина жидких пленок δ и кратность пены K , связаны для интересующего нас диапазона средней кратности простым соотношением

$$d = 3K\delta.$$

Очевидно, что диаметр пузырьков не определяется только кратностью пены, но зависит и от условий генерирования пены. Другими словами, для пеногенераторов эжекционного типа характеристики структуры пены будут определяться параметрами распылителя раствора, картой орошения каплями раствора пакета сеток и параметрами эжекции потоком капель внешнего воздуха, т. е. размерами капель и их скоростью.

Свои выводы авторы (как это всегда добросовестно делают классики) подтверждают экспериментальными данными [1]. В приведенных ссылках на источники 40–30-летней давности описаны поведение и свойства пены как в процессе тушения, так и без разрушающего воздействия факторов пожара. Например, описан процесс синерезиса — выделения из пенной структуры раствора пенообразователя. Сегодня этот процесс используют для оценки “стойкости” пены, хотя он никак не связан с процессом тушения, не приводит к разрушению самой пенной структуры, зависит от толщины пленок в пене, т. е. от размера пузырьков, а те, в свою очередь, — от способа генерирования пены. Результаты более детального изучения этих процессов изложены в работах [4, 5].

Вспомним, что пена после “рождения” сразу начинает разрушаться. С одной стороны, с некоторой скоростью разрушается сама структура пены — пленки пузырьков, а с другой — эти пленки обезвоживаются: раствор стекает вниз, пленки становятся тоньше, но это не всегда приводит к их разрушению, т. е. к разрушению структуры пены. Если пена разрушается плохо, то это хорошая пена. Эта древняя истина была бы аксиомой, если бы можно было установить корреляцию между действительным разрушением пенной структуры и скоростью выделения из объема пены раствора пенообразователя. Поскольку такой корреляции нет, толкование получаемых при испытаниях значений целиком и полностью остается на совести испытателя.

Многие согласятся, что численное значение времени выделения определенного количества раствора зависит и от размера пузырьков в пенном объеме. Этот размер, строго говоря, никак не связан с величиной кратности. Но даже не это главное. Применительно к пены низкой кратности для пленкообразующих пенообразователей механизм тушащего воздействия заключается в образовании пленки, которая формируется благодаря истечению раствора пенообразователя из пены. Элементарная логика подсказывает, что чем быстрее будет выделяться из пены раствор, тем быстрее сформируется пленка [6]. Быстрее будет происходить ее растекание по поверхности горючего и тем самым будет достигаться эффект тушения! В действующем ГОСТ Р 50588–93 на пенообразователи утверждается иное: чем медленнее будет этот процесс, тем лучше. Это явное противоречие свидетельствует о недопустимо устаревшем подходе к оценке качества пенообразователей.

Что же происходит с пеной в реальности на пожаре? Ответ на этот вопрос тоже известен. Пена разрушается, но скорость разрушения, как и скорость обезвоживания, зависит от размера пузырьков в пene. Если с разрушением пены в результате тепло-

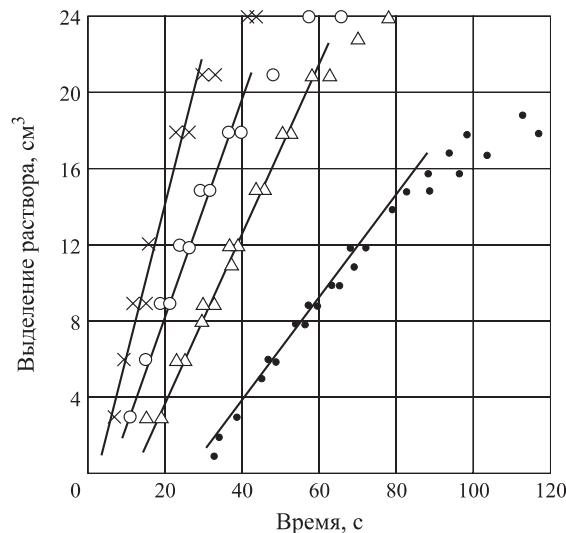


Рис. 4. Выделение раствора пенообразователя при разрушении пены на поверхности гептана с температурой 50 °C для размера ячейки сетки пеногенератора: • — 0,5 мм; △ — 1,0 мм; □ — 1,4 мм; × — 2,0 мм

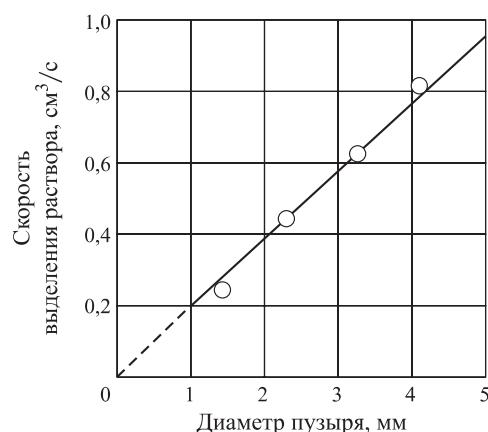


Рис. 5. Скорость выделения раствора (разрушения пены) на поверхности гептана с температурой 50 °C в зависимости от среднего размера пузырьков в пене

вого воздействия факела пламени линейная зависимость достаточно очевидна (а интересные результаты обнаруживаются только при высокой степени покрытия очага горения пеной, т. е. в режиме критической интенсивности, когда верхние пленки пены успевают обезводиться к моменту разрушения самой пленки [7]), то разрушение на поверхности горючего представляет собой более сложный процесс [8]. Рис. 4 и 5 наглядно иллюстрируют как саму зависимость, так и корреляцию расчетных и экспериментальных значений скорости разрушения. Теоретической основой модели разрушения пены на поверхности гидрофобных горючих жидкостей является сочетание процессов испарения углеводорода со свободной поверхности в полости нижнего слоя пузырьков и адсорбции этих паров на поверхности пленок с образованием неких мицеллярных комп-

лексов, разрушающих пленки. Благодаря этому подходу удалось объяснить зависимость скорости разрушения пены от температуры горючего и научиться рассчитывать изменение стойкости пены с учетом условий в зоне пожара.

При более высоких температурах поверхности горючего, т. е. при температурах, близких к температуре кипения горючей жидкости, может наблюдаться явление прорыва паров через слой пены, как показано на рис. 6 [3]. Очевидно, что это непременно случится при тушении газового конденсата, его смеси с нефтью или просто при наличии в горючем достаточного количества легких фракций углеводородов, а также при длительном свободном горении жидкости, когда значительный объем ее нагрет до температуры, близкой или равной температуре кипения.

Эффективность пенных средств пожаротушения существенно различается применительно к разным смесевым углеводородным жидкостям. Разработка в 90-х годах прошлого века обоснованных расчетных методов по определению нормативных параметров пенного пожаротушения многокомпонентных жидкостей, чем, по сути, являются нефть и нефтепродукты, стала естественным продолжением и развитием фундаментальных идей [1, 3]. Серия экспериментально-теоретических работ по изучению некоторых свойств смесей углеводородных жидкостей [9, 10] послужила основой для методических рекомендаций [11] по расчету критических и нормативных интенсивностей для новых месторождений или искусственно приготовленных смесей нефти и нефтепродуктов.

Работы по дальнейшему изучению процессов диффузионного горения жидкостей, влияния теплового режима в зоне пожара на величину критической интенсивности и по разработке эффективных приемов пенного пожаротушения, в частности тушения жидкостей, вскипающих при подаче пены [12], отвлекли внимание исследователей пенного пожаротушения от вопросов совершенствования пеногенерирующей аппаратуры и повышения огнетушащей эффективности пены за счет правильной организации процесса пеногенерирования. Упомянутая в [12] технология импульсной подачи наиболее полно описана в уже не действующем документе [13]. А процессы пеногенерирования, методики расчета параметров пеногенераторов, в первую очередь эжекционного типа, характеристики распылителей раствора в пеногенераторах и многие другие вопросы, основы которых изложены классиками [1, 3], не получили должного развития. Разработка и постановка на производство генераторов пены средней кратности стали осуществляться без проверки огнетушащей эффективности получаемой из гене-

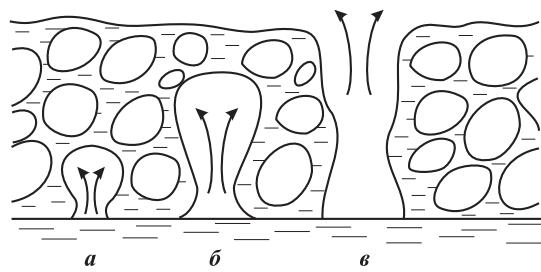


Рис. 6. Схема прорыва паров жидкости через слой пены:
а — разрушение пленки пузырька пены, соприкасающейся с поверхностью жидкости; б — увеличение объема пузырька пены; в — прорыв паров горючего

ратора пены. Точнее говоря, знание зависимости огнетушащей эффективности от кратности и размера пузырьков вынуждало разработчиков-производителей генераторов контролировать не только расход раствора пенообразователя при определенном давлении на распылителе, не только однородность (качество) и дальность пенной струи, но и кратность получаемой пены, а главное (что очень важно!) — ее огнетушащую эффективность.

Если с контролем кратности все обстояло довольно просто, поскольку испытания не требовали существенных затрат, то огнетушащая эффективность, зависящая от размера пузырьков, проверялась обычно в ходе полигонных огневых испытаний. Такие испытания сводились к проверке, потушит пеногенератор модельный очаг горения ГЖ (ЛВЖ) или нет. Хотя опытные специалисты уже по внешнему виду получаемой пены могли сразу ответить на этот вопрос. Однородные мелкие пузырьки означали, что пена стойкая и будет плохо разрушаться в условиях пожара. Пена с крупными пузырями скорее всего быстро разрушится и не сможет накопиться на поверхности горючего. Конечно, можно было бы просто задаться дополнительным условием — максимально возможным значением размера пузырьков в пне. Однако до 90-х годов прошлого века проще было сжечь тонны углеводородов, нежели разработать хотя бы примитивную (но не огневую) методику контроля качества. Да и чиновник от пожарной охраны всегда мог спросить: «А проводились ли огневые испытания?». Позднее огневые испытания стали дорогим удовольствием и их просто решили не проводить. Поэтому за качество пены, получаемой из современных пеногенераторов, вряд ли может поручиться кто-либо из серьезных специалистов.

Итак, развитие пеногенераторной техники фактически остановилось примерно в начале 80-х годов. С тех пор никаких новых методик расчета пеногенераторов взамен или в развитие работ классиков не было создано. Это стало одной из причин появления на российском рынке импортных пленкообразующих пенообразователей. Для этих пенообра-

зователей не требуется генерирование пены средней кратности, поскольку пленка раствора в сочетании с небольшим объемом пены или пенным поплавками быстро и эффективно покрывает свободную поверхность горючего и тем самым достигается тушение. Дополнительным преимуществом этих пенообразователей является возможность “забрасывания” низкократной пены на расстояние более 100 м. Недостаток у таких пенообразователей, по сути, один — высокая стоимость.

Одновременно была предпринята попытка создания лабораторного пеногенератора, для того чтобы малыми затратами в лабораторных условиях проводить различные, в первую очередь модельные, огневые испытания. Поскольку речь шла об огневых испытаниях, например об определении в лабораторных условиях критической интенсивности, то задача многократно усложнилась: надо было установить критерии подобия для слишком большого количества переменных параметров. Прикладной науке это явно было не по силам. В результате то, что было создано, представляло собой набор совпадений, полученных примитивной подгонкой размеров лабораторных горелок, времени свободного горения и произвольного варьирования режима работы мини-пеногенератора, т. е. без какого-либо минимального контроля параметров режима пенообразования. Все это получило громкое название экспресс-метода определения эффективности пены [14].

Уже в наше время заманчивость доступных лабораторных испытаний подтолкнула группу специалистов к тиражированию так называемой установки “Пена”, основой которой является мини-пеногенератор, разработанный в рамках создания экспресс-метода и его модификаций.

Как это зачастую бывает, не разобравшись в обоснованности разработки или доверившись своим предшественникам, все забыли, что необходимым условием физического моделирования является равенство в объекте и его модели так называемых критериев подобия, представляющих собой определенные безразмерные комбинации различных физических величин, оказывающих влияние на параметры объекта и модели. При создании экспресс-метода и впоследствии установки “Пена” никакие критерии подобия не рассматривались и не использовались, что свидетельствует об отсутствии у разработчиков даже минимальных навыков проведения НИР. Именно по этой причине, говоря научным языком, модель (мини-пеногенератор) проявляет собственные свойства вследствие несоответствия критериев подобия объекта (генератор типа ГПС) и модели. Создание просто уменьшенной копии пеногенератора не является моделированием в научно-техническом смысле. Это хорошо известно даже студентам. Из-за полного отсутствия надежных кри-

териев достоверности масштабного перехода невозможна достоверная экстраполяция получаемых на модели результатов на другие масштабы, т. е. на реальные генераторы пены серии ГПС. Лабораторные установки, несомненно, нужны, но разрабатываться они должны грамотными специалистами-исследователями с соблюдением хотя бы элементарных законов моделирования.

Здесь уместно обратиться к принципу работы пеногенератора эжекционного типа. Принципиальная схема работы такого генератора представлена на рис. 7.

Перечислим основные параметры, определяющие качество и характеристики получаемой пены:

- параметры распылителя раствора пенообразователя, т. е. взаимосвязь рабочего давления, расхода, карты орошения сетки (пакета сеток), размера и скорости капель распыла с их способностью эжектировать воздух из внешнего пространства и, соответственно, генерировать пену, имеющую требуемую кратность и размер пузырьков;
- геометрические размеры корпуса пеногенератора, которые должны оптимально соответствовать параметрам струи распылителя и обеспечивать подсос необходимого количества воздуха для наполнения пузырьков пены;
- геометрические размеры ячеек и форма сетки или пакета сеток, которые должны соответствовать оптимальным образом набегающему капельно-воздушному потоку. В идеале весь раствор пенообразователя должен после сеток существовать только в виде пленок, а весь эжектированный воздух — находиться внутри пузырьков пены.

Перечисленные выше условия практически соответствуют методикам расчета пеногенераторов, разработанным отечественными классиками. Однако, как все эмпирические методики расчета, эти методы дают весьма приблизительные значения параметров, поэтому они нуждаются в дальнейшем экспериментальном уточнении. Ситуация усложняется еще и тем, что использование некоего нового пенообразователя может потребовать для качеств-

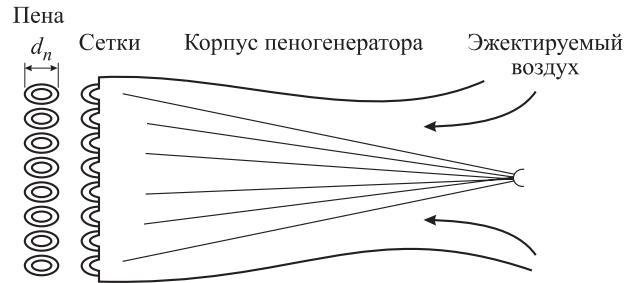


Рис. 7. Принципиальная схема работы эжекционного пеногенератора (лучи вдоль горизонтальной оси — потоки распыленных капель раствора пенообразователя, эжектирующие воздух)

венного генерирования как минимум изменения режима работы пеногенератора (распылителя), а в некоторых случаях — изменения геометрических размеров элементов конструкции. По этой причине заманчивым кажется условие использования не отдельного пеногенератора, а “тандема” генератор — пенообразователь.

Для пояснения взаимосвязи параметров и размеров пеногенератора проведем мысленный эксперимент, результаты которого станут сразу всем очевидны. Выбираем генератор с фиксированными геометрическими размерами и известными оптимизированными (номинальными) параметрами работы, подаем на распылитель раствор сначала под малым давлением, которое гораздо меньше номинального: распыл получается “слабый”, капли раствора из-за низкой скорости едва долетают до пакета сеток и почти не эжектируют воздух. Результат — малый расход раствора, низкая кратность пены, т. е. даже при небольшом размере пузырьков пена будет малоэффективна.

Поднимаем давление на распылитеle ближе к номинальному (для данного пенообразователя!): скорость капель увеличивается, воздуха эжектируется больше, кратность приближается к норме, размер пузырьков не очень большой. Результат — хороший расход и однородная структура пены с мелкими для данных условий пузырьками, нормальная средняя кратность, т. е. получаем стойкую качественную пену, которая будет эффективно тушить.

Поднимаем давление на распылитеle выше номинального: расход по раствору возрастает; существенно увеличивается скорость капель раствора; из-за высокой скорости часть капель дробится на сетке или пролетает насеквоздь, не успевая превратиться в пленку и захватить эжектированный воздух; скорость потока воздуха также возрастает, но не может удержаться в пленках пузырьков. Результат — срыв пенообразования. Несмотря на возросший расход раствора, кратность пены резко падает, пузырьки в пене имеют увеличенный размер, т. е. пена будет неэффективна.

По аналогии с изложенным примером мы можем “испортить” наш пеногенератор, изменив по своему усмотрению режим работы или геометрические размеры без корреляции остальных параметров. В некоторых случаях для этого достаточно просто заме-

нить марку используемого пенообразователя или рабочую концентрацию в растворе.

Не надо думать, что рассмотренные здесь исследования привлекали внимание только отечественных специалистов. Обзорный анализ [15] свидетельствует, с одной стороны, об актуальности поднимаемых вопросов не только в нашей стране, но и за рубежом, а с другой — об имеющихся у наших специалистов широких экспериментально-теоретических знаниях и богатом практическом опыте [16].

Современные специалисты уже не проводят столь детальных экспериментальных и теоретических исследований. Это можно понять и даже объяснить, например, экономическими соображениями. Но почему сегодня оказались забыты и не используются добывшие ранее уникальные по своей сути знания — одна из загадок современного общества.

Так почему же не тушит пена, если используется качественный углеводородный пенообразователь? Ответ на этот вопрос может быть многовариантен, а именно:

- скорее всего применяется “неправильный” пеногенератор (при разработке которого были допущены ошибки, конструкция которого не прошла полный цикл испытаний, включая огневые) или неверно выбран режим его работы: получаемая пена имеет кратность ниже требуемой (например, в среднем не более 30) и (или) размер пузырьков в пене слишком большой, и она быстро разрушается. В этом случае для достижения тушащего эффекта можно увеличить интенсивность (расход) пены минимум в три раза, но, естественно, не простым повышением рабочего давления; скорее всего понадобятся дополнительные пеногенераторы и раствор;
- если по предыдущему варианту все нормально, значит при выборе нормативной интенсивности не учтен тепловой режим в зоне пожара: оказалось слишком большое время свободного горения. Высокую температуру горючее может иметь также по условиям технологического процесса на предприятии. В этом случае для достижения эффекта тушения понадобится увеличение интенсивности с учетом температуры горючего;
- если и этот вариант не проходит, значит вас просто дезинформировали: горит не тот продукт, о котором сообщили... В этом случае остается только пожелать удачи!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котов А. А., Петров И. И., Реутт В. Ч. Применение высокократной пены при тушении пожаров. — М. : Изд-во литер. по стр-ву, 1972. — 114 с.
2. Безродный И. Ф. Основные закономерности тушения пожаров нефти и нефтепродуктов пеною // Пожаротушение на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности : сб. науч. тр. — М. : ВНИИПО, 1991. — С. 3–18.

3. Казаков М. В., Петров И. И., Рейтт В. Ч. Средства и способы тушения пламени горючих жидкостей. — М. : Стройиздат, 1977. — 114 с.
4. Бычков А. И., Бабенко В. В., Рейтт В. Ч., Пучков С. И. Синерезис пен с учетом перетекания жидкости из пленок в каналы Плато–Гиббса // Теоретические и экспериментальные вопросы пожаротушения : сб. науч. тр. — М. : ВНИИПО, 1982. — С. 19–30.
5. Шароварников А. Ф. Расчет структурных элементов пен // Теоретические и экспериментальные вопросы пожаротушения : сб. науч. тр. — М. : ВНИИПО, 1982. — С. 30–38.
6. Безродный И. Ф., Меркулов В. А., Гилетич А. Н. Современные технологии пожаротушения // Труды Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны : юбил. сб. — М. : ВНИИПО, 1997. — С. 335–349.
7. Безродный И. Ф., Бабенко В. В. О разрушающем воздействии на пену факела пламени // Пожарная техника и тушение пожаров : сб. науч. тр. — М. : ВНИИПО, 1981. — С. 80–82.
8. Безродный И. Ф. О скорости разрушения пены на поверхности горючей жидкости // Пожарная техника и тушение пожаров : сб. науч. тр. — М. : ВНИИПО, 1981. — С. 55–59.
9. Безродный И. Ф., Гилетич А. Н., Бабенко В. В. Особенности расчета эффективности пены при тушении смесей углеводородов // Химия и технология топлив и масел. — 1990. — № 10. — С. 33–34.
10. Безродный И. Ф., Гилетич А. Н., Бабенко В. В. Влияние компонентного состава горючего на эффективность тушения // Пожаротушение на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности : сб. науч. тр. — М. : ВНИИПО, 1991. — С. 28–34.
11. Расчет интенсивности подачи пены при тушении смесей углеводородных жидкостей: методические рекомендации. — М. : ВНИИПО, 1990. — 27 с.
12. Кореневский А. Н., Безродный И. Ф. Тактические особенности тушения вскипающих углеводородов // Тактика и процессы пожаротушения : сб. науч. тр. — М. : ВНИИПО, 1989. — С. 100–106.
13. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах : рекомендации. — М. : ВНИИПО — ГИПН МВД РСФСР, 1991. — 48 с.
14. Методика определения эффективности пены при тушении пожаров органических жидкостей экспресс-методом (№ 51–78). — М. : ВНИИПО, 1978. — 21 с.
15. Сучков В. П., Безродный И. Ф., Вязниковцев А. В. и др. Пожары резервуаров с нефтью и нефтепродуктами // Обзорная информация. Сер. : Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. — Вып. 3–4. — М. : ЦНИИТЭнефтехим, 1992. — 100 с.
16. Безродный И. Ф., Гилетич А. Н., Меркулов В. А. и др. Тушение нефти и нефтепродуктов : пособие. — М. : ВНИИПО, 1996. — 216 с.

*Материал поступил в редакцию 22 октября 2011 г.
Электронный адрес автора: heinzelmann@post.ru.*



ООО "Издательство "Пожнаука"
121352, г. Москва, а/я 43
тел./факс: (495) 228-09-03, 737-65-74
e-mail: mail@firepress.ru, izdat_pozhnauka@mail.ru
www.firepress.ru, www.fire-smi.ru

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

**Издательство "Пожнаука" представляет вашему вниманию
обновленный журнал "Пожаровзрывобезопасность"!**

О чём наш журнал

Область пожарной безопасности — одна из самых динамично развивающихся отраслей в современном мире. Разрабатываются новые стандарты и совершенствуются старые, развивается система контроля качества и расширяется научно-техническая база. Стремясь идти в ногу со временем, производители постоянно удивляют потенциальных покупателей разработками и технологиями, отвечающими всем последним требованиям. Все это найдет отражение в нашем обновленном журнале. Результаты научных исследований в области предотвращения пожаров и противопожарной защиты; материалы о новых разработках отечественных и зарубежных фирм и об их применении на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений; последние изменения в противопожарном нормировании и разъяснения специалистов об условиях их применения; проблемы сертификации и стандартизации; анонсы выставок и итоги конференций — мы стремимся охватить все!

Особенности журнала в 2012 г.

Публикация полной, актуальной и интересной информации и тесное взаимодействие с читателями — вот наш девиз при работе над новым проектом. Чтобы добиться этого, мы создаем отдельную рубрику по вашим письмам, где специалисты ответят на интересующие вас вопросы.

Мы также планируем делать тематические выпуски, что значительно облегчит читателям работу с журналом: больше не нужно будет искать интересующий материал по разным номерам. Приглашаем вас принять участие в создании тематики этих номеров, направив нам свои предложения и пожелания по улучшению журнала. Мы уверены, что вместе сможем создать по-настоящему нужный журнал, одинаково интересный и директорам фирм, и видным деятелям науки.

Итак, в 2012 г. наш журнал будет включать в себя уже знакомые вам и новые рубрики.

Кому будет интересен журнал

Наш обновленный журнал — объединенный вариант научно-технического журнала «Пожаровзрывобезопасность», издаваемого с 1992 г., и научно-практического журнала «Пожарная безопасность в строительстве». Он будет сочетать в себе научно-популярную тематику для тех, кто хочет быть в курсе последних событий в мире пожарной безопасности, и узкоспециализированные статьи, интересные как для научных работников, так и для специалистов, желающих повысить свой уровень и квалификацию в данной сфере. Журнал рассчитан на специалистов в области пожарной безопасности, работников проектных и монтажных организаций, выполняющих работы по системам противопожарной защиты, на преподавателей и студентов пожарно-технических учебных заведений и строительных вузов.

Журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК России для публикации трудов соискателей ученых степеней, в Реферативный журнал и базы данных ВИНТИ РАН, в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

**ПРЕДЛАГАЕМ ВАМ СЛЕДУЮЩИЕ ИЗДАНИЯ
В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Декабрь 2011 г.

Авторы	Наименование	ISBN	Цена, руб./экз.
Книги написаны с учетом требований Федерального закона № 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”!			
	Своды правил. Системы противопожарной защиты. — 2009. — 618 с.	Электронная версия	500
	Федеральный закон “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”. — 2010. — 150 с.		220
Антоненко А. А., Буцынская Т. А., Членов А. Н.	Основы эксплуатации систем комплексного обеспечения безопасности объектов: учебно-справочное пособие. — 2010. — 220 с.	978-5-91444-017-3	380
Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б.	Горение древесины и ее пожароопасные свойства: монография. — 2010. — 262 с.	978-5-9229-0045-4	350
Корольченко А. Я., Загорский Д. О.	Категорирование помещений и зданий по взрыво-пожарной и пожарной опасности. — 2010. — 118 с.	978-5-91444-015-9	250
Корольченко А. Я., Корольченко Д. А.	Основы пожарной безопасности предприятия. Полный курс пожарно-технического минимума: учебное пособие. — 2011. — 320 с.	978-5-91444-021-X	350
Корольченко А. Я., Корольченко О. Н.	Средства огне- и биозащиты. — Изд. 3-е, перераб. и доп. — 2010. — 250 с.	БЕСПЛАТНО	
Корольченко Д. А., Громовой В. Ю.	Огнетушители. Устройство. Выбор. Применение. — 2010. — 94 с.	978-5-91444-014-02	140
Пилогин Л. П.	Прогнозирование последствий внутренних аварийных взрывов. — 2010. — 380 с.	978-5-91444-016-6	450
Смелков Г. И.	Пожарная безопасность электропроводок. — 2009. — 328 с.	978-5-9901554-2-8	540
Черкасов В. Н., Зыков В. И.	Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: ученое пособие. — 2010. — 430 с.	978-5-91444-020-3	470
Членов А. Н., Буцынская Т. А., Дровникова И. Г., Бабуров В. П., Бабурин В. В., Фомин В. И.	Технические средства систем охранной и пожарной сигнализации: учебно-справочное пособие: в 2 ч. — 2009. — Ч. 1. — 316 с.; Ч. 2. — 300 с.	978-5-91444-008-1	950
СУПЕРСКИДКИ			
Собурь С. В.	Заполнение проемов в противопожарных преградах: пособие. — Изд. 2-е, с изм. и доп. — 2006. — 168 с.	5-98629-005-4	90
Собурь С. В.	Пожарная безопасность сельскохозяйственных предприятий: справочник. — 2005. — 88 с.	5-98629-004-6	36
Собурь С. В.	Установки пожарной сигнализации: учебно-справочное пособие. — Изд. 5-е, с изм. и доп. — 2006. — 280 с.	5-98629-003-8	150
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Грачев В. А.	Транспорт: наземный, морской, речной, воздушный, метро: учебное пособие. — 2007. — 383 с.	5-903049-09-5	220
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Подгрушин А. В.	Леса, торфяники, лесосклады. — 2007. — 358 с.	5-903049-12-5	220
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Подгрушин А. В.	Объекты добычи, переработки и хранения горючих жидкостей и газов: учебное пособие. — 2007. — 325 с.	5-903049-11-7	220

Авторы	Наименование	ISBN	Цена, руб./экз.
Брушилинский Н. Н., Корольченко А. Я.	Моделирование пожаров и взрывов. — 2000. — 492 с.		540
Грачев В. А., Собурь С. В.	Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД): пособие. — Изд. 2-е, с изм. и доп. — 2007. — 224 с.: ил.	5-98629-006-2	345
Корольченко А. Я.	Процессы горения и взрыва: учебник. — 2007. — 266 с.: ил.	978-5-91444-001-2	450
Корольченко А. Я., Корольченко О. Н.	Средства огнезащиты. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — 2009. — 560 с.: ил.	978-5-91444-010-4	540
Пилигин Л. П.	Обеспечение взрывоустойчивости зданий с помощью предохранительных конструкций. — 2000. — 224 с.: ил.	5-901283-03-1	240
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Грачев В. А.	Справочник спасателя-пожарного: справочник. — 2006. — 528 с.	5-91017-019-8	385
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Шадрин К. В.	Основы пожарного дела: учебное пособие. — 2006. — 328 с.	5-91017-016-3	390
Корольченко А. Я., Корольченко Д. А.	Электронная версия. Основы пожарной безопасности предприятия. Полный курс пожарно-технического минимума: учебное пособие. — 2011.		300
	Электронная версия комплекта типовых инструкций по пожарной безопасности для руководителя предприятия		980

ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ!
ООО “Издательство “Пожнаука” объявляет подписку на 2012 г.

	Стоимость, руб.
1-е (2-е) полугодие 2012 г.	
Обновленный журнал “Пожаровзрывобезопасность” (6 номеров)	4950

Подписка осуществляется через следующие агентства:

Название организации	Телефон/факс	Адрес	Индекс в каталоге
Агентство подписки и розницы “АПР”	(495) 974-11-11	123995, г. Москва, просп. Маршала Жукова, д. 4	83647
Агентство “РОСПЕЧАТЬ”	(495) 921-25-50	123995, г. Москва, просп. Маршала Жукова, д. 4	83340
Агентство “ИНТЕР-ПОЧТА”	(495) 500-00-60, 684-55-34	129090, г. Москва, пер. Васнецова, д. 4, стр. 2	—
Агентство “УРАЛ-ПРЕСС ХХI”	(495) 789-86-37, 789-86-36	125040, г. Москва, ул. Нижняя Масловка, д. 11-13	—
Агентство “Артос-ГАЛ”	(495) 981-03-24	г. Москва, ул. 3-я Гражданская, д. 3, стр. 2	107564
ООО “Информнаука”	(495) 787-38-73, 152-54-81	125190, г. Москва, ул. Усиевича, д. 20	—
ЗАО “МК-ПЕРИОДИКА”	(495) 672-70-12, 672-72-34	111524, г. Москва, ул. Электродная, д. 10	—

Образец заявки для оформления заказа на литературу

Название организации (полностью), реквизиты (ИНН/КПП обязательно)
Наименование и количество заказываемой литературы
Вид доставки: • самовывоз; • почтовая (ВНИМАНИЕ! + 25 % от стоимости заказа)
Почтовый адрес, тел./факс, e-mail, контактное лицо

Для БЕСПЛАТНОГО получения справочника “СРЕДСТВА ОГНЕ-И БИОЗАЩИТЫ”:

1. Заполните все поля анкеты:

Название организации	
Профиль деятельности	
Почтовый адрес (индекс)	
Контактное лицо	
Должность	
Телефон рабочий	Код ()
Факс	Код ()
Способ получения (нужное отметить)	<input type="checkbox"/> Наложенным платежом (Вы оплачиваете только стоимость пересылки из г. Москвы до вашего города) <input type="checkbox"/> Курьером (по г. Москве) — стоимость 150 руб. <input type="checkbox"/> Самовывоз (со склада издательства “Пожнаука” в г. Москве)
Откуда узнали о справочнике (нужное отметить)	<input type="checkbox"/> Из журнала <input type="checkbox"/> Из интернет-рассылки <input type="checkbox"/> На выставке <input type="checkbox"/> На сайте издательства <input type="checkbox"/> Другое

2. Пришлите анкету удобным для Вас способом — по факсу или электронной почте.

**Желающие сделать заказ в “Издательстве “Пожнаука” (г. Москва)
могут отправить заявку в отдел распространения:**

- по почте: 121352, г. Москва, а/я 43;
- по тел./факсу: (495) 228-09-03, (495) 737-65-74, 8-909-940-63-94;
- по e-mail: mail@firepress.ru, izdat_pozhnauka@mail.ru



К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Направляемые в журнал “ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ” статьи должны представлять собой результаты научных исследований и испытаний, описания технических устройств и программно-информационных продуктов, проблемные обзоры и краткие сообщения, комментарии и собственно нормативно-технические документы, справочные материалы и т. п. Методы расчета и экспериментальные данные автора должны быть оформлены в соответствии с рекомендациями КОДАТА. Остальные численные данные, за исключением общезвестных величин, следует снабжать ссылками на первоисточник. Научные статьи должны иметь практическую направленность. В начале работы (например, во введении) целесообразно кратко изложить состояние проблемы и место в ней данной задачи. В конце публикации желательны краткие выводы с указанием научной новизны и практической полезности материала.

Редакция просит авторов при подготовке рукописи руководствоваться изложенными ниже правилами.

1. Статья должна быть представлена на бумажном и магнитном носителях или может быть послана в редакцию по электронной почте (mail@firepress.ru). Статья должна быть ясно изложена, тщательно отредактирована и подписана авторами.

2. Текст статьи должен быть напечатан через 2 интервала без помарок и вставок на одной стороне стандартного листа формата А4 с левым полем 3 см. При первой ссылке на рисунки и таблицы в тексте на полях проставляются их номера.

3. Материал статьи излагается в такой последовательности:

- номер УДК (универсальная десятичная классификация);
- название статьи (на русском и английском языках);
- имена, отчества и фамилии всех авторов (полностью), степени, звания, должность и название организации (полностью) (на русском и английском языках), фотографии авторов, контактные телефоны, почтовый и электронный адреса. Число авторов — не более трех от одной организации и не более четырех от разных организаций. Авторами являются лица, принимавшие участие во всей работе или ее главных разделах. Лица, участвовавшие в работе частично, указываются в сносках;
- аннотация (на русском и английском языках);
- ключевые слова (на русском и английском языках);
- текст статьи (в формате Word, при этом формулы должны быть набраны в Equation 3.0 или MathType);
- цитируемая литература;
- рисунки и подписи к ним.

4. Сокращения и условные обозначения физических величин должны соответствовать действующим международным стандартам. Формулы и буквенные обозначения должны быть четкими и ясными. При возможности неоднозначного понимания формул и обозначений: показатели и другие надстрочные знаки отмечаются простым карандашом дугой \cup , а подстрочные — дугой \cap ; заглавные буквы подчеркиваются двумя черточками снизу, строчные — сверху (например, \underline{Q} и \bar{O}); греческие буквы подчеркиваются красным карандашом. Все буквенные обозначения, входящие в формулы, должны быть расшифрованы с указанием единиц измерения. Размерность всех характеристик должна соответствовать системе СИ.

5. Иллюстрации (на бумажном носителе и электронные версии) прилагаются отдельно. Фотографии должны быть сделаны с хорошего негатива контрастной печатью (файлы растровых изображений представляются с разрешением не менее 300 dpi, черно-белая штриховая графика — 600 dpi). Файлы векторной графики представляются в формате той программы, где они созданы. Все иллюстрации должны иметь сквозную нумерацию. Чертежи в качестве иллюстраций не приемлемы.

6. Таблицы должны быть составлены лаконично и содержать только необходимые сведения, однотипные таблицы строятся одинаково. Цифровые данные следует округлять в соответствии с точностью эксперимента. Сведения в таблицах и на рисунках не должны повторяться.

7. Цитируемая литература должна быть оформлена в виде общего списка в порядке цитирования или по алфавиту. В тексте ссылка на литературу отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на языке оригинала. Библиографические данные приводятся по титульному листу издания. Порядок изложения элементов библиографического описания определяется требованиями ГОСТ 7.1–2003 и ГОСТ Р 7.0.5–2008.

8. Отклоненные статьи автору не возвращаются. Просьба редакции о переработке материала не означает, что он принят к печати.

9. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Приглашаем Вас к сотрудничеству на страницах нашего журнала.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ ЗА 2011 г.

A

Абдуалиев Ф. А., Моторыгин Ю. Д. Описание развития пожара с помощью перколяционной модели, № 8, 25

Абдурагимов И. М. Несостоятельность идеи применения тонкораспыленной и “термоактивированной” (перегретой) воды для пожаротушения, № 6, 54

Абдурагимов И. М. Новая стратегия и тактика тушения лесных пожаров, № 11, 44

Абдурагимов И. М. Новый эффективный способ тушения лесных пожаров, № 5, 41

Авдеев А. С. см. Алексеев С. Г.

Агафонов И. А., Гаркушин И. К., Шиков А. А., Баканов А. В. Анализ и прогнозирование некоторых физико-химических свойств α -олефинов нормального строения, № 1, 28

Алексеев К. С. см. Алексеев С. Г.

Алексеев С. Г., Авдеев А. С., Барбин Н. М., Тимашев С. А., Гурьев Е. С. Методы оценки взрывопожароопасности топливовоздушных смесей на примере керосина марки РТ. II. РД 03-409-01, № 1, 21

Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. II. Кетоны (часть 1), № 6, 8

Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. III. Кетоны (часть 2), № 7, 8

Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. IV. Простые эфиры, № 9, 9

Алексеев С. Г., Левковец И. А., Рыжков О. В., Артемьев Г. А., Барбин Н. М., Пищальников А. В., Котовская С. К. Показатели пожаровзрывоопасности антибактериального препарата левофлоксацина и его основных полупродуктов, № 1, 18

Анцупов Е. В., Родивилов С. М. Антипирены для полистых материалов, № 10, 25

Артемьев Г. А. см. Алексеев С. Г.

Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б., Барботко С. Л., Круглов Е. Ю. Характеристики тепловыделения при горении древесины различных пород и видов, № 7, 2

Атабаев Ш. см. Усманов М. Х.

Атаманов Т. Н. см. Теребнев В. В.

B

Баканов А. В. см. Агафонов И. А.

Бакиров И. К. Разработка метода оценки пожарных рисков твердых горючих веществ и материалов на производственных и складских объектах, № 9, 35

Балакин В. М., Гарифуллин Д. Ш., Ислентьев С. В. Азотфосфорсодержащие огнезащитные составы на основе продуктов аминолиза полиуретанов, № 8, 13

Балакин В. М., Стародубцев А. В., Красильникова М. А., Киселева А. П. Огнезащитные составы для древесины на основе продуктов аминолиза полиэтилентерефталата моноэтаноламином, № 9, 26

Барановский Н. В. Математическое моделирование зажигания слоя лесного горючего материала сфокусированным потоком солнечного излучения, № 8, 34

Барановский Н. В., Кузнецов Г. В. Влияние М-компонентов наземного грозового разряда на процесс зажигания лиственного дерева, № 2, 15

Барановский Н. В., Кузнецов Г. В. Конкретизация неустановленных причин в детерминированно-вероятностной модели прогноза лесной пожарной опасности, № 6, 24

Барановский Н. В. см. Кузнецов Г. В.

Барбин Н. М. см. Алексеев С. Г.

Барбин Н. М. см. Еналеев Р. Ш.

Барботко С. Л., Изотова Т. Ф. Влияние структуры стеклопластика на тепловыделение при горении, № 9, 17

Барботко С. Л., Шуркова Е. Н. О пожарной безопасности материалов, используемых для изготовления внешнего контура самолетов, № 10, 19

Барботко С. Л. см. Асеева Р. М.

Бастриков Д. Л. см. Воевода С. С.

Бездонный И. Ф. Забытые имена — забытые знания... или “Почему не тушит пена?...”, № 12, 49

Белосохов И. Р. см. Заикин С. В.

Белосохов И. Р. см. Холщевников В. В.

Бердникова Н. В. см. Рудаков О. Б.

Богомолов М. В. см. Теребнев В. В.

Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. О нормировании времени прибытия пожарных подразделений к месту пожара, № 9, 42

Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. О статистике пожаров и о пожарных рисках, № 4, 40

Брушлинский Н. Н. см. Усманов М. Х.

Булва А. Д. см. Котов Г. В.

Бушманов С. А. Обеспечение безопасности людей при пожарах в зданиях посредством применения самоспасателей. Часть 1. Современные самоспасатели для защиты органов дыхания и зрения, № 2, 41

Бушманов С. А. см. Заикин С. В.

Былинкин В. А. см. Мешман Л. М.

B

Виноградов А. Г. Учет вторичных воздушных потоков при математическом моделировании распыленных водяных струй, № 2, 29

Воевода С. С., Макаров С. А., Молчанов В. П., Бастриков Д. Л., Крутов М. А. Закономерности смачивания горючих материалов водой и водными растворами смачивателей, № 5, 36

Воевода С. С., Макаров С. А., Молчанов В. П., Бастриков Д. Л., Крутов М. А. Тушение пожаров моторного топлива европейского стандарта низкократной пеной, № 4, 49

Волокитина А. В., Софонова Т. М. Защита населенных пунктов от природных пожаров, № 3, 22

Воробьева Е. П. см. Стажеев М. В.

Ворогушин О. О. см. Корольченко Д. А.

Г

Галеев А. Д. см. Старовойтова Е. В.

Гарифуллин Д. Ш. см. Балакин В. М.

Гаркушин И. К. см. Агафонов И. А.

Гилетич А. Н. см. Холщевников В. В.

Глушков Д. О., Стрижак П. А. Зажигание полимерного материала нагретой до высоких температур металлической частицей в условиях конвективного тепломассопереноса, № 12, 15

Глушков Д. О., Стрижак П. А. Зажигание полимерного материала одиночной, нагретой до высоких температур частицей, № 9, 3

Голинько В. И., Котляров А. К. Контроль пылевзрывоопасности горных выработок угольных шахт, № 11, 39

Горев В. А. О концентрационных пределах распространения пламени в системе водород–воздух, № 12, 23

Григорьев А. Н. см. Денисов А. Н.

Громовой В. Ю. см. Корольченко Д. А.

Губин Р. Ю. см. Мешман Л. М.

Гурьев Е. С. см. Алексеев С. Г.

Гюмджян П. П., Коканин С. В., Пискунов А. А. О пожароопасности полистирольных пенопластов строительного назначения, № 8, 4

Д

Денисов А. Н., Лукьянченко А. А., Соколов А. В., Григорьев А. Н. Исследование факторов, влияющих на управление пожарными подразделениями при тушении пожаров в помещениях, № 8, 48

Доан В. М. см. Пузач С. В.

Душкин А. Л., Карпышев А. В., Ловчинский С. Е. Особенности распространения жидкостной струи в атмосфере, № 12, 45

Душкин А. Л., Ловчинский С. Е. Взаимодействие пламени горючей жидкости с тонкораспыленной водой, № 11, 53

Е

Елагин Г. И. см. Литвиненко И. В.

Еналеев Р. Ш., Барбин Н. М., Теляков Э. Ш., Тучкова О. А., Качалкин В. А. Критерии огнестойко-

сти элементов строительных конструкций на пожаровзрывобезопасных объектах, № 1, 33

Есин В. М., Нгуен С. Х. Исследование горения мотоциклов, № 8, 42

Ж

Жуков В. В. Новый смысл пожарной безопасности, № 12, 4

З

Загоруйко Т. В. Структурные изменения композиционных материалов в условиях термических воздействий, № 10, 8

Заикин С. В., Бушманов С. А., Парфененко А. П., Белосохов И. Р. Обеспечение безопасности людей при пожарах в зданиях посредством применения самоспасателей. Часть 2. Объекты испытаний. Методика эксперимента, № 3, 32

Заикин С. В., Бушманов С. А., Парфененко А. П., Белосохов И. Р. Обеспечение безопасности людей при пожарах в зданиях посредством применения самоспасателей. Часть 3. Результаты испытаний и их обсуждение, № 4, 25

Зайцев А. М., Черных Д. С. О системной погрешности аппроксимации температурного режима стандартного пожара математическими формулами, № 7, 14

Захаревич А. В. см. Кузнецов Г. В.

Захматов В. Д. Перспективные современные разработки техники для тушения лесных пожаров, № 2, 47

Зверев А. В. см. Черник В. Б.

И

Иванов В. Е. см. Макаркин С. В.

Ивахнюк Г. К. см. Лебедев А. Ю.

Изотова Т. Ф. см. Барботько С. Л.

Исаев А. А. см. Некрасов А. В.

Исаев А. А. см. Рудаков О. Б.

Ислентьев С. В. см. Балакин В. М.

Исмаилов Р. И. см. Усманов М. Х.

Истратов Р. Н. см. Самошин Д. А.

Истратов Р. Н. см. Холщевников В. В.

К

Казанцев С. Г. см. Теребнев В. В.

Казеннов В. В. см. Мишуев А. В.

Кайбичев И. А. Анализ выбросов числа пожаров, № 7, 32

Кайбичев И. А. Рекурсивное прогнозирование сплайнами в среднесрочном прогнозе, № 9, 49

Кайбичев И. А., Орлов С. А. Долгосрочный прогноз на год вперед с разбивкой по месяцам, № 1, 45

Калач А. В., Перегудов А. Н., Чуйков А. М. Разработка мультисенсорного газоанализатора для анализа горючих газов, № 1, 54

- Калач А. В.** см. Некрасов А. В.
- Калач А. В.** см. Рудаков О. Б.
- Калач А. В.** см. Русских Д. В.
- Калмыков С. П.** Влияние площади и количества дымоприемных отверстий в зависимости от расхода удаляемых продуктов горения на эффективность работы импульсной противодымной вентиляции закрытых автостоянок, № 2, 34
- Карпышев А. В.** см. Душкин А. Л.
- Катцын Д. В., Малыгин И. Г., Таранцев А. А.** Математические закономерности пожаров на железнодорожном транспорте, № 3, 15
- Качалкин В. А.** см. Еналеев Р. Ш.
- Киселева А. П.** см. Балакин В. М.
- Клюй В. В., Манин П. А., Таранцев А. А.** Диспетчер как двухфазная система массового обслуживания, № 2, 8
- Коваль М. С.** см. Ощаповский В. В.
- Коканин С. В.** см. Гуюмджян П. П.
- Колесников П. П.** Техническое регулирование проектирования систем и средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений, № 6, 33
- Кононенко Е. В.** см. Стахеев М. В.
- Коробко В. Б.** Ориентиры развития негосударственной экспертизы, № 11, 2
- Корольченко Д. А., Громовой В. Ю., Ворогушин О. О.** Применение тонкораспыленной воды для тушения пожаров в высотных зданиях, № 9, 54
- Корякина А. М.** см. Салымова Е. Ю.
- Костерин И. В.** Применение методов моделирования людских потоков в процессе эвакуации, № 6, 20
- Костерин И. В.** Современные подходы к оценке пожарной опасности многофункциональных общественных зданий с атриумами, № 4, 21
- Костерин И. В.** Создание 3D-моделей многофункциональных общественных зданий с помощью пакета “Autodesk 3DS Max” с целью прогнозирования возникновения чрезвычайных ситуаций, № 5, 22
- Котляров А. К.** см. Голинько В. И.
- Котов Г. В., Булва А. Д.** Формирование паровоздушного облака при проливе низкокипящих жидкостей, № 6, 28
- Котов Д. С.** см. Котов С. Г.
- Котов С. Г., Навроцкий О. Д., Котов Д. С.** Исследование пенообразующей способности растворов фторированных поверхностно-активных веществ, № 7, 45
- Котов С. Г., Навроцкий О. Д., Котов Д. С.** Исследование пленкообразующей и изолирующей способности растворов фторированных поверхностно-активных веществ, № 5, 25
- Котовская С. К.** см. Алексеев С. Г.
- Красильникова М. А.** см. Балакин В. М.
- Круглов Е. Ю.** см. Асеева Р. М.
- Крупкин В. Г.** см. Халтуринский Н. А.
- Крутов М. А.** см. Воевода С. С.
- Кудрин И. С.** см. Холщевников В. В.
- Кузнецов Г. В., Барановский Н. В.** Детерминированная компонента методики прогноза лесной пожарной опасности по неустановленным причинам, № 11, 29
- Кузнецов Г. В., Барановский Н. В.** Математическое моделирование газофазного зажигания лиственного дерева наземным грозовым разрядом в приближении крупных сосудов с учетом испарения влаги, № 3, 2
- Кузнецов Г. В., Захаревич А. В., Максимов В. И., Пашин А. А.** Экспериментальное исследование процессов зажигания пленок жидких топлив одиночной, нагретой до высоких температур керамической частицей, № 10, 4
- Кузнецов Г. В.** см. Барановский Н. В.
- Л**
- Ларионов А. С.** см. Трифонов К. И.
- Лебедев А. Ю., Собкалов А. В., Ивахнюк Г. К.** Склонность горючих материалов к самовозгоранию. Эколого-криминалистический аспект, № 10, 11
- Лебедева Н. Ш., Малькова Е. А., Потемкина О. В., Малый И. А.** Термоокислительная деструкция пенообразователей на основе солей алкилсульфатов, № 4, 54
- Левковец И. А.** см. Алексеев С. Г.
- Литвиненко И. В., Щербина В. С., Елагин Г. И.** Оценка пожароопасности растительного масла и лака косвенными методами, № 2, 20
- Ловчинский С. Е.** см. Душкин А. Л.
- Лопанов А. Н.** Молекулярное моделирование детонационных и взрывных процессов на основе теории активированного комплекса, № 11, 34
- Лукьянченко А. А.** см. Денисов А. Н.
- Любимов М. М.** К 85-летию отечественной противопожарной автоматики и охраны объектов, № 10, 41
- М**
- Макаркин С. В.** Государственный пожарный надзор в Республике Беларусь: правовая основа, принципы организации и осуществления, № 12, 11
- Макаркин С. В., Иванов В. Е.** Государственный пожарный надзор в период изменения социально-политической и экономической системы России, № 6, 2
- Макаркин С. В., Иванов В. Е.** Организация пожарно-профилактической работы и государственный пожарный надзор в СССР: становление и развитие (советский период), № 1, 2
- Макаров С. А.** см. Воевода С. С.
- Максимов В. И.** см. Кузнецов Г. В.
- Максимова М. З.** см. Стахеев М. В.
- Малыгин И. Г.** см. Катцын Д. В.
- Малый И. А.** см. Лебедева Н. Ш.
- Малькова Е. А.** см. Лебедева Н. Ш.
- Маясова А. С.** см. Тимофеева С. В.
- Манин П. А.** см. Клюй В. В.

Махматкулова З. Х. см. Усманов М. Х.

Мешман Л. М., Былинкин В. А., Губин Р. Ю., Романова Е. Ю. Показательные уравнения удельного сопротивления и удельной гидравлической характеристики труб для гидравлического расчета водяных АУП, № 5, 52

Мирус А. Л. см. Ощаповский В. В.

Мишуев А. В., Казеннов В. В., Хуснутдинов Д. З. Взрывная опасность для АЭС, запроектированных и построенных в России без учета взрывной опасности, № 7, 21

Молчанов В. П. см. Воевода С. С.

Моторыгин Ю. Д. см. Абдулалиев Ф. А.

Н

Навроцкий О. Д. см. Котов С. Г.

Нгуен С. Х. см. Есин В. М.

Некрасов А. В., Калач А. В., Исаев А. А. Идеальное моделирование — основа совершенствования системы противопожарной защиты предприятий, № 9, 31

Некрасов А. В., Калач А. В., Исаев А. А. Повышение пожарной безопасности зерноперерабатывающих предприятий за счет использования гравитационных сепараторов, № 7, 18

Ненахов С. А., Пименова В. П. Динамика вспенивания огнезащитных покрытий на основе органо-неорганических составов, № 8, 17

Ненахов С. А., Пименова В. П. Экспериментальное изучение влияния толщины вспенивающихся покрытий на огнезащитную эффективность, № 5, 2

О

Орлов С. А. см. Алексеев С. Г.

Орлов С. А. см. Кайбичев И. А.

Ощаповский В. В., Коваль М. С., Мирус А. Л. Фосфорный пожар (Ожидов, Украина): уроки и новый подход к управлению рисками возникновения пожаров и возгораний, № 8, 38

П

Парфененко А. П. см. Заикин С. В.

Парфененко А. П. см. Холщевников В. В.

Пашин А. А. см. Кузнецов Г. В.

Перегудов А. Н. см. Калач А. В.

Пименова В. П. см. Ненахов С. А.

Пискунов А. А. см. Гуюмджян П. П.

Пищальников А. В. см. Алексеев С. Г.

Поникаров С. И. см. Старовойтова Е. В.

Порхачев М. Ю., Худякова С. А. Повышение эффективности учета пожарного оборудования, № 1, 57

Потемкина О. В. см. Лебедева Н. Ш.

Пронин Д. Г., Спиридов Д. А. Проблемы эвакуации из технических помещений, расположенных на кровле зданий, № 7, 26

Пузач В. Г. см. Пузач С. В.

Пузач С. В., Пузач В. Г., Доан В. М. К определению показателя токсичности продуктов горения горючих веществ и материалов в помещении, № 4, 4

Р

Ракшасов Ф. МЕТАЛАНГ: несколько лет непрерывного развития, № 6, 51

Родивилов С. М. см. Анцупов Е. В.

Ройтман В. М. Физический смысл и оценка коэффициента условий работы и критической температуры прогрева материалов конструкций в условиях пожара, № 5, 14

Романова Е. Ю. см. Мешман Л. М.

Рудаков О. Б., Калач А. В., Бердникова Н. В. Пожарная опасность водорастворимых растворителей и их водных растворов, № 1, 31

Рудаков О. Б., Калач А. В., Черепахин А. М., Исаев А. А. Пожарная опасность бинарных органических растворителей для жидкостной хроматографии, № 8, 9

Рудакова Т. А. см. Таубкин И. С.

Русских Д. В., Туев В. Е., Калач А. В. Газовая чувствительность датчиков газов на основе диоксида олова при облучении светодиодом, № 7, 41

Рыжков О. В. см. Алексеев С. Г.

С

Саклантий А. Р. см. Таубкин И. С.

Салымова Е. Ю., Корякина А. М. Определение коэффициента теплопотерь на начальной стадии пожара в зданиях из трехслойных сэндвич-панелей, № 12, 27

Самошин Д. А., Истратов Р. Н. Оценка мобильных качеств пациентов различных отделений городских клинических больниц, № 12, 42

Самошин Д. А. см. Холщевников В. В.

Седов Д. В. Вероятность спасения людей как фактор снижения индивидуального пожарного риска в общественных зданиях, № 7, 28

Серков Б. Б. см. Асеева Р. М.

Сивенков А. Б. см. Асеева Р. М.

Собкалов А. В. см. Лебедев А. Ю.

Соколов А. В. см. Денисов А. Н.

Соколов С. В. см. Брушлинский Н. Н.

Софронова Т. М. см. Волокитина А. В.

Спиридов Д. А. см. Пронин Д. Г.

Старовойтова Е. В., Галеев А. Д., Поникаров С. И. Численный анализ процесса парообразования при кипении аварийного пролива сжиженного газа, № 2, 24

Стародубцев А. В. см. Балакин В. М.

Стахеев М. В., Черкасский Г. А., Максимова М. З., Кононенко Е. В., Воробьевая Е. П. Оценка чувствительности утвержденных методик расчета пожарных рисков к неопределенности (погрешности) расчетных характеристик, № 1, 9

Стрижак П. А. Зажигание жидких горючих и легко-воспламеняющихся веществ типичными источниками ограниченной энергоемкости, № 11, 11
Стрижак П. А. см. Глушков Д. О.
Сухов А. В. см. Таубкин И. С.

T

Таранцев А. А. Об особенностях нахождения парето-оптимальных вариантов в задачах многопараметрического выбора, № 10, 37
Таранцев А. А. О некоторых положениях статьи “Описание развития пожара с помощью переколационных моделей”, № 11, 56
Таранцев А. А., Холостов А. Л. О задаче слияния случайных потоков сигналов, № 4, 17
Таранцев А. А. см. Катцын Д. В.
Таранцев А. А. см. Клюй В. В.
Таубкин И. С., Саклантий А. Р., Рудакова Т. А., Сухов А. В. О горючести пивоваренного ячменя и ячменного солода, № 3, 8
Теляков Э. Ш. см. Еналеев Р. Ш.
Теребнев В. В., Атаманов Т. Н. Расчет параметров насосно-рукавных систем, № 10, 48
Теребнев В. В., Казанцев С. Г., Богомолов М. В. Анализ пожарных стволов “нового поколения”, № 3, 52
Тимашев С. А. см. Алексеев С. Г.
Тимофеева С. В., Маясова А. С., Хелевина О. Г. Деструкция отверженных силоксановых покрытий и капроновых тканей с отверженным силоксановым покрытием под действием пламени, № 5, 10
Тимофеева С. В., Маясова А. С., Хелевина О. Г. Материалы пониженной пожарной опасности с покрытием на основе жидких силоксановых каучуков, отверженным методом полиприсоединения, № 9, 22
Тимофеева С. В., Хелевина О. Г. Влияние тканевой основы на пожарную опасность материалов с силоксановым покрытием, № 4, 14
Трифонов К. И., Ларионов А. С. Оценка вероятности возникновения пожара в резервуаре с мазутом на второй промплощадке ОАО “Завод им. Дегтярева”, № 1, 42
Туев В. Е. см. Русских Д. В.
Тучкова О. А. см. Еналеев Р. Ш.

У

Усманов М. Х., Исмаилов Р. И., Махматкулова З. Х., Брушлинский Н. Н., Атабаев Ш. Огнезащитные полимерные и олигомерные антиприпирены для модификации полиакрилонитрильных волокон, № 6, 16
Ушаков Д. В. см. Холщевников В. В.

X

Халтуринский Н. А., Крупкин В. Г. О механизме образования огнезащитных вспучивающихся покрытий, № 10, 33
Хелевина О. Г. см. Тимофеева С. В.
Холостов А. Л. см. Таранцев А. А.
Холщевников В. В., Гилетич А. Н., Ушаков Д. В., Парфененко А. П. Общая закономерность изменения параметров движения людских потоков различного функционального контингента в зданиях и сооружениях, № 12, 32
Холщевников В. В., Самошин Д. А., Белосохов И. Р., Истратов Р. Н., Кудрин И. С., Парфененко А. П. Парадоксы нормирования обеспечения безопасности людей при эвакуации из зданий и пути их устранения, № 3, 41
Холщевников В. В., Самошин Д. А., Белосохов И. Р., Истратов Р. Н., Кудрин И. С., Парфененко А. П. Парадоксы нормирования обеспечения безопасности людей при эвакуации из зданий и пути их устранения (окончание), № 4, 31
Худякова С. А. см. Порхачев М. Ю.
Хуснутдинов Д. З. см. Мишуев А. В.

Ч

Черепахин А. М. см. Рудаков О. Б.
Черкасский Г. А. см. Стахеев М. В.
Черник В. Б., Зверев А. В. Воздействие газетно-публицистических текстов на общественное сознание в области противопожарной пропаганды, № 1, 15
Черных Д. С. см. Зайцев А. М.
Чуйков А. М. см. Калач А. В.

Ш

Шиков А. А. см. Агафонов И. А.
Шуркова Е. Н. см. Барбелько С. Л.

Щ

Щербина В. С. см. Литвиненко И. В.

Ю

Юдина Т. А. Обзор международных интернет-ресурсов для решения научно-прикладных задач пожарной безопасности, № 2, 13

ТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ В 2011 г.

Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
-----------------------------------	---------------	------

Новости, конференции, выставки

Информационное сообщение № 1 о IV Всероссийской научно-технической конференции с участием зарубежных стран и XIV Школе молодых ученых “Безопасность критичных инфраструктур и территорий”, симпозиуме “Технологии безопасности критичных инфраструктур” 2 4

Общие вопросы пожарной безопасности

Жуков В. В. Новый смысл пожарной безопасности	12	4
Клюй В. В., Манин П. А., Таранцев А. А. Диспетчер как двухфазная система массового обслуживания.....	2	8
Коробко В. Б. Ориентиры развития негосударственной экспертизы.....	11	2
Макаркин С. В. Государственный пожарный надзор в Республике Беларусь: правовая основа, принципы организации и осуществления.....	12	11
Макаркин С. В., Иванов В. Е. Государственный пожарный надзор в период изменения социально-политической и экономической системы России	6	2
Макаркин С. В., Иванов В. Е. Организация пожарно-профилактической работы и государственный пожарный надзор в СССР: становление и развитие (советский период)	1	2
Стахеев М. В., Черкасский Г. А., Максимова М. З., Кононенко Е. В., Воробьева Е. П. Оценка чувствительности утвержденных методик расчета пожарных рисков к неопределенности (погрешности) расчетных характеристик	1	9
Черник В. Б., Зверев А. В. Воздействие газетно-публицистических текстов на общественное сознание в области противопожарной пропаганды	1	15
Юдина Т. А. Обзор международных интернет-ресурсов для решения научно-прикладных задач пожарной безопасности.....	2	13

Процессы горения

Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б., Барботько С. Л., Круглов Е. Ю. Характеристики тепловыделения при горении древесины различных пород и видов.....	7	2
Барановский Н. В., Кузнецов Г. В. Влияние М-компонентов наземного грозового разряда на процесс зажигания лиственного дерева	2	15
Глушков Д. О., Стрижак П. А. Зажигание полимерного материала нагретой до высоких температур металлической частицей в условиях конвективного тепломассопереноса	12	15
Глушков Д. О., Стрижак П. А. Зажигание полимерного материала одиночной, нагретой до высоких температур частицей.....	9	3
Кузнецов Г. В., Барановский Н. В. Математическое моделирование газофазного зажигания лиственного дерева наземным грозовым разрядом в приближении крупных сосудов с учетом испарения влаги	3	2
Кузнецов Г. В., Захаревич А. В., Максимов В. И., Пашин А. А. Экспериментальное исследование процессов зажигания пленок жидкых топлив одиночной, нагретой до высоких температур керамической частицей	10	4
Стрижак П. А. Зажигание жидких горючих и легковоспламеняющихся веществ типичными источниками ограниченной энергоемкости	11	11

Пожаровзрывоопасность веществ и материалов

Агафонов И. А., Гаркушин И. К., Шиков А. А., Баканов А. В. Анализ и прогнозирование некоторых физико-химических свойств α -олефинов нормального строения	1	28
Алексеев С. Г., Авдеев А. С., Барбин Н. М., Тимашев С. А., Гурьев Е. С. Методы оценки взрывопожароопасности топливовоздушных смесей на примере керосина марки РТ. II. РД 03-409-01	1	21
Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. II. Кетоны (часть 1)	6	8

Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. III. Кетоны (часть 2)	7	8
Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. IV. Простые эфиры	9	9
Алексеев С. Г., Левковец И. А., Рыжков О. В., Артемьев Г. А., Барбин Н. М., Пищальников А. В., Котовская С. К. Показатели пожаровзрывобезопасности антибактериального препарата левофлоксацина и его основных полупродуктов	1	18
Барботько С. Л., Изотова Т. Ф. Влияние структуры стеклопластика на тепловыделение при горении	9	17
Барботько С. Л., Шуркова Е. Н. О пожарной безопасности материалов, используемых для изготовления внешнего контура самолетов	10	19
Горев В. А. О концентрационных пределах распространения пламени в системе <i>водород – воздух</i>	12	23
Гюмджян П. П., Коканин С. В., Пискунов А. А. О пожароопасности полистирольных пенопластов строительного назначения	8	4
Загоруйко Т. В. Структурные изменения композиционных материалов в условиях термических воздействий	10	8
Лебедев А. Ю., Собкалов А. В., Ивахнюк Г. К. Склонность горючих материалов к самовозгоранию. Эколо-криминалистический аспект	10	11
Литвиненко И. В., Щербина В. С., Елагин Г. И. Оценка пожароопасности растительного масла и лака косвенными методами	2	20
Пузач С. В., Пузач В. Г., Доан В. М. К определению показателя токсичности продуктов горения горючих веществ и материалов в помещении	4	4
Рудаков О. Б., Калач А. В., Бердникова Н. В. Пожарная опасность водорастворимых растворителей и их водных растворов	1	31
Рудаков О. Б., Калач А. В., Черепахин А. М., Исаев А. А. Пожарная опасность бинарных органических растворителей для жидкостной хроматографии	8	9
Старовойтова Е. В., Галеев А. Д., Поникаров С. И. Численный анализ процесса парообразования при кипении аварийного пролива сжиженного газа	2	24
Таубкин И. С., Саклантий А. Р., Рудакова Т. А., Сухов А. В. О горючести пивоваренного ячменя и ячменного солода	3	8
Огнезащита		
Анцупов Е. В., Родивилов С. М. Антипириены для пористых материалов	10	25
Балакин В. М., Гарифуллин Д. Ш., Ислентьев С. В. Азотфосфорсодержащие огнезащитные составы на основе продуктов аминолиза полиуретанов	8	13
Балакин В. М., Стародубцев А. В., Красильникова М. А., Киселева А. П. Огнезащитные составы для древесины на основе продуктов аминолиза полиэтилентерефталатаmonoэтаноламином	9	26
Ненахов С. А., Пименова В. П. Динамика вспенивания огнезащитных покрытий на основе органических составов	8	17
Ненахов С. А., Пименова В. П. Экспериментальное изучение влияния толщины вспенивающихся покрытий на огнезащитную эффективность	5	2
Тимофеева С. В., Малясова А. С., Хелевина О. Г. Деструкция отверженных силоксановых покрытий и капроновых тканей с отверженным силоксановым покрытием под действием пламени	5	10
Тимофеева С. В., Малясова А. С., Хелевина О. Г. Материалы пониженной пожарной опасности с покрытием на основе жидких силоксановых каучуков, отверженным методом полиприсоединения	9	22
Тимофеева С. В., Хелевина О. Г. Влияние тканевой основы на пожарную опасность материалов с силоксановым покрытием	4	14
Усманов М. Х., Исмаилов Р. И., Махматкулова З. Х., Брушлинский Н. Н., Атабаев Ш. Огнезащитные полимерные и олигомерные антипириены для модификации поликарбонитрильных волокон	6	16
Халтуринский Н. А., Крупкин В. Г. О механизме образования огнезащитных вспучивающихся покрытий	10	33

Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
Огнестойкость строительных конструкций		
Еналеев Р. Ш., Барбин Н. М., Теляков Э. Ш., Тучкова О. А., Качалкин В. А. Критерии огнестойкости элементов строительных конструкций на пожаровзрывобезопасных объектах	1	33
Зайцев А. М., Черных Д. С. О системной погрешности аппроксимации температурного режима стандартного пожара математическими формулами	7	14
Ройтман В. М. Физический смысл и оценка коэффициента условий работы и критической температуры прогрева материалов конструкций в условиях пожара	5	14
Моделирование пожаров		
Абдулалиев Ф. А., Моторыгин Ю. Д. Описание развития пожара с помощью перколяционной модели	8	25
Барановский Н. В. Математическое моделирование зажигания слоя лесного горючего материала сфокусированным потоком солнечного излучения	8	34
Барановский Н. В., Кузнецов Г. В. Конкретизация неустановленных причин в детерминированно-вероятностной модели прогноза лесной пожарной опасности	6	24
Виноградов А. Г. Учет вторичных воздушных потоков при математическом моделировании распыленных водяных струй	2	29
Катцын Д. В., Малыгин И. Г., Таранцев А. А. Математические закономерности пожаров на железнодорожном транспорте	3	15
Костерин И. В. Применение методов моделирования людских потоков в процессе эвакуации	6	20
Кузнецов Г. В., Барановский Н. В. Детерминированная компонента методики прогноза лесной пожарной опасности по неустановленным причинам	11	29
Лопанов А. Н. Молекулярное моделирование детонационных и взрывных процессов на основе теории активированного комплекса	11	34
Некрасов А. В., Калач А. В., Исаев А. А. Идеальное моделирование — основа совершенствования системы противопожарной защиты предприятий	9	31
Таранцев А. А. Об особенностях нахождения парето-оптимальных вариантов в задачах много-параметрического выбора	10	37
Таранцев А. А., Холостов А. Л. О задаче слияния случайных потоков сигналов	4	17
Пожаровзрывобезопасность технологических процессов		
Котов Г. В., Булва А. Д. Формирование паровоздушного облака при проливе низкокипящих жидкостей	6	28
Некрасов А. В., Калач А. В., Исаев А. А. Повышение пожарной безопасности зерноперерабатывающих предприятий за счет использования гравитационных сепараторов	7	18
Трифонов К. И., Ларионов А. С. Оценка вероятности возникновения пожара в резервуаре с мазутом на второй промплощадке ОАО “Завод им. Дегтярева”	1	42
Пожарная безопасность зданий, сооружений, объектов		
Бакиров И. К. Разработка метода оценки пожарных рисков твердых горючих веществ и материалов на производственных и складских объектах	9	35
Волокитина А. В., Софонова Т. М. Защита населенных пунктов от природных пожаров	3	22
Голинько В. И., Котляров А. К. Контроль пылевзрывобезопасности горных выработок угольных шахт	11	39
Есин В. М., Нгуен С. Х. Исследование горения мотоциклов	8	42
Калмыков С. П. Влияние площади и количества дымоприемных отверстий в зависимости от расхода удаляемых продуктов горения на эффективность работы импульсной противодымной вентиляции закрытых автостоянок	2	34
Колесников П. П. Техническое регулирование проектирования систем и средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений	6	33
Костерин И. В. Современные подходы к оценке пожарной опасности многофункциональных общественных зданий с атриумами	4	21

Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
Костерин И. В. . Создание 3D-моделей многофункциональных общественных зданий с помощью пакета “Autodesk 3DS Max” с целью прогнозирования возникновения чрезвычайных ситуаций	5	22
Мишуев А. В., Казеннов В. В., Хуснутдинов Д. З. Взрывная опасность для АЭС, запроектированных и построенных в России без учета взрывной опасности	7	21
Ощаповский В. В., Коваль М. С., Мирус А. Л. Фосфорный пожар (Ожидов, Украина): уроки и новый подход к управлению рисками возникновения пожаров и возгораний	8	38
Ракшасов Ф. МЕТАЛАНГ: несколько лет непрерывного развития	6	51
Салымова Е. Ю., Корякина А. М. Определение коэффициента теплопотерь на начальной стадии пожара в зданиях из трехслойных сэндвич-панелей	12	27
Безопасность людей при пожарах		
Бушманов С. А. Обеспечение безопасности людей при пожарах в зданиях посредством применения самоспасателей. Часть 1. Современные самоспасатели для защиты органов дыхания и зрения	2	41
Заикин С. В., Бушманов С. А., Парфененко А. П., Белосохов И. Р. Обеспечение безопасности людей при пожарах в зданиях посредством применения самоспасателей. Часть 2. Объекты испытаний. Методика эксперимента	3	32
Заикин С. В., Бушманов С. А., Парфененко А. П., Белосохов И. Р. Обеспечение безопасности людей при пожарах в зданиях посредством применения самоспасателей. Часть 3. Результаты испытаний и их обсуждение	4	25
Пронин Д. Г., Спиридовон Д. А. Проблемы эвакуации из технических помещений, расположенных на кровле зданий	7	26
Самошин Д. А., Истратов Р. Н. Оценка мобильных качеств пациентов различных отделений городских клинических больниц	12	42
Седов Д. В. Вероятность спасения людей как фактор снижения индивидуального пожарного риска в общественных зданиях	7	28
Холщевников В. В., Гилетич А. Н., Ушаков Д. В., Парфененко А. П. Общая закономерность изменения параметров движения людских потоков различного функционального контингента в зданиях и сооружениях	12	32
Холщевников В. В., Самошин Д. А., Белосохов И. Р., Истратов Р. Н., Кудрин И. С., Парфененко А. П. Парадоксы нормирования обеспечения безопасности людей при эвакуации из зданий и пути их устранения	3	41
Холщевников В. В., Самошин Д. А., Белосохов И. Р., Истратов Р. Н., Кудрин И. С., Парфененко А. П. Парадоксы нормирования обеспечения безопасности людей при эвакуации из зданий и пути их устранения (окончание)	4	31
Статистика и анализ пожаров		
Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. О нормировании времени прибытия пожарных подразделений к месту пожара	9	42
Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. О статистике пожаров и о пожарных рисках	4	40
Кайбичев И. А. Анализ выбросов числа пожаров	7	32
Кайбичев И. А. Рекурсивное прогнозирование сплайнами в среднесрочном прогнозе	9	49
Кайбичев И. А., Орлов С. А. Долгосрочный прогноз на год вперед с разбивкой по месяцам	1	45
Пожарная автоматика		
Любимов М. М. К 85-летию отечественной противопожарной автоматики и охраны объектов	10	41
Русских Д. В., Туев В. Е., Калач А. В. Газовая чувствительность датчиков газов на основе диоксида олова при облучении светодиодом	7	41
Пожарная техника		
Захматов В. Д. Перспективные современные разработки техники для тушения лесных пожаров	2	47
Калач А. В., Перегудов А. Н., Чуйков А. М. Разработка мультисенсорного газоанализатора для анализа горючих газов	1	54
Порхачев М. Ю., Худякова С. А. Повышение эффективности учета пожарного оборудования	1	57

Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
Теребнев В. В., Атаманов Т. Н. Расчет параметров насосно-рукавных систем	10	48
Теребнев В. В., Казанцев С. Г., Богомолов М. В. Анализ пожарных стволов “нового поколения”	3	52
Тушение пожаров		
Абдурагимов И. М. Несостоятельность идеи применения тонкораспыленной и “термоактивированной” (перегретой) воды для пожаротушения	6	54
Абдурагимов И. М. Новая стратегия и тактика тушения лесных пожаров	11	44
Абдурагимов И. М. Новый эффективный способ тушения лесных пожаров	5	41
Безродный И. Ф. Забытые имена — забытые знания... или “Почему не тушит пена?..”	12	49
Воевода С. С., Макаров С. А., Молчанов В. П., Бастииков Д. Л., Крутов М. А. Закономерности смачивания горючих материалов водой и водными растворами смачивателей	5	36
Воевода С. С., Макаров С. А., Молчанов В. П., Бастииков Д. Л., Крутов М. А. Тушение пожаров моторного топлива европейского стандарта низкократной пеной	4	49
Денисов А. Н., Лукьянченко А. А., Соколов А. В., Григорьев А. Н. Исследование факторов, влияющих на управление пожарными подразделениями при тушении пожаров в помещениях	8	48
Душкин А. Л., Карпышев А. В., Ловчинский С. Е. Особенности распространения жидкостной струи в атмосфере	12	45
Душкин А. Л., Ловчинский С. Е. Взаимодействие пламени горючей жидкости с тонкораспыленной водой	11	53
Корольченко Д. А., Громовой В. Ю., Ворогушин О. О. Применение тонкораспыленной воды для тушения пожаров в высотных зданиях	9	54
Котов С. Г., Навроцкий О. Д., Котов Д. С. Исследование пенообразующей способности растворов фторированных поверхностно-активных веществ	7	45
Котов С. Г., Навроцкий О. Д., Котов Д. С. Исследование пленкообразующей и изолирующей способности растворов фторированных поверхностно-активных веществ	5	25
Лебедева Н. Ш., Малькова Е. А., Потемкина О. В., Малый И. А. Термоокислительная деструкция пенообразователей на основе солей алкилсульфатов	4	54
Мешман Л. М., Былинкин В. А., Губин Р. Ю., Романова Е. Ю. Показательные уравнения удельного сопротивления и удельной гидравлической характеристики труб для гидравлического расчета водяных АУП	5	52
Дискуссии		
Таранцев А. А. О некоторых положениях статьи “Описание развития пожара с помощью переключационных моделей”	11	56

New Sense of Fire Safety

Zhukov V. V., the Independent Expert

The quantity of the bodies supervising behind a condition of fire safety, increases. These bodies on the basis of the experience and a fire science in a greater degree investigate a problem how to supervise fire safety, and don't study a question how with the least expenses and effectively to provide it. Professionals of fire business could formulate difficult and long concept "state fire supervision", but haven't explained the main concept that such "fire safety".

Keywords: concept; definition; fire safety; requirements of fire safety; probability; security; activity; fire threat; threat of life or to health of people; the Ministry of Emergency Measures; court; administrative barriers; works; services; the building complex; self-regulated organization; self-regulation; NOSTROY; the law; department; branch.

State Fire Control in Belarus: Legal Base, Principles of Management

*Makarkin S. V., Dr. Law, Associate Professor,
Head of Department of Ural State Fire Service
Institute of Emercom RF, Ekaterinburg, Russia*

The article describes the principles of the state fire control management; analysis of normative certificates that define the system, authority officials and the state fire control agencies in the Republic of Belarus.

Keywords: state fire control; state fire authorities; officials of state fire control.

Ignition of a Polymer Material by a Particle Heated Till High Temperature under the Condition of Convection Heat and Mass Transfer

Glushkov D. O., Postgraduate Student of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

*Strizhak P. A., Cand. of Physics-Mathematics,
Associated Professor of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia*

Gas-phase ignition of a polymer material by heat metallic particle was numerically investigated. Physicochemical processes with transition were taken into account (heat conductivity, thermal decomposition, diffusion, convection, mixing, oxidation). Diffusion and convection mass transfer were analyzed. Ignition delay time was determined from initial temperature and sizes of a local energy source. Minimal initial temperature and sizes of "hot" metallic particle that can be ignition reason in a system *polymer material – metallic particle – oxidizer* were determined.

Keywords: ignition; convection; polymer material; gas mixture; metallic particle; fire dangerous.

Flammability Limits of Premixed for Hydrogen-Air Mixtures

*Gorev V. A., Dr. of Physics-Mathematics,
Professor of Fire Safety Department of Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia*

The method of definition of concentration limits of distribution of a flame for systems with the branched out chain reactions is offered. It is shown that critical conditions come in the end of a heating zone, before development of exothermal reactions. For mixes of limiting structure the adiabatic temperature of products of burning is so low that in the end of a zone of warming up speed of reaction of breakage of chains exceeds speed of reaction of their branching. On an example of hydrogen-air mixtures good conformity of design data of experiment is shown.

Keywords: propagation of flame; the concentration limits; chain-branching; chain-terminating; critical conditions.

Definition of Heat Loss Factor at the Initial Stage of the Fire in Buildings from Three-Layer Sandwich-Panels

Salymova E. Ju., Postgraduate Student of Fire Safety Department of Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

Koryakina A. M., Teacher of Analytical and Physical Chemistry of Technical-Vocational Metro-Building College № 53, Moscow, Russia

The analysis and calculation of heat loss factor for buildings and constructions from the three-layer sandwich-pans used as the protecting designs and for buildings with internal furnish from gypsum cardboard is given.

Keywords: sandwich-panel; dangerous factors of a fire; heat transfer; heat loss; heat sink.

The General Pattern Between Parameters of the Movement of a Human Flow for Different Contingent in the Buildings and Constructions

Kholshcheynikov V. V., Dr. of Technics, Professor of the Department "Fire Safety in Construction" of State Fire Academy of Emercom RF and the Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

Gileitch A. N., Cand. of Technics, Deputy Director of the Department of the Supervisory Activity, Moscow, Russia

Ushakov D. V., the Head of Department FGBU VNIPO Emercom RF, Balashikha, Russia

Parfenenko A. P., the Senior Programming Engineer of Department of "Fire Safety in Building Construction" of State Fire Academy of Emercom RF, Moscow, Russia

Results of observations of many years and studies of the human flow movement for different contingent and mo-

ABSTRACTS

bility in the buildings of different usage are presented in this paper. Theoretical studies have led to establishing a pattern between parameters of human flows. This pattern enables accurately establishes calculation relationship in designing the evacuation routes and exits and to calculate of evacuation process when determining fire risk value in the buildings of different usage.

Keywords: evacuation; human flow; travel speed; density; flow rate; timeliness; the unimpeded movement; human safety.

An Evaluation of Patient's Mobile Characteristics in the Different Departments of the City Hospitals

Samoshin D. A., Cand. of Technics, Senior Lecturer of State Fire Academy of Emercom RF, Moscow, Russia

Istratov R. N., Postgraduate Student of State Fire Academy of Emercom RF, Moscow, Russia

Available medical classification of hospital patients is not suitable for fire safety engineering. An analysis of 3.5 thousands of clinical records permitted to classify hospital patients for mobile groups in accordance with building code SNI 35-01-2001 "Accessibility of buildings and structures for physically handicapped persons". These norms contain precise regularities, describing movement of various mobile groups along different route types. This makes possible to predict evacuation process in a hospital.

Keywords: evacuation; hospital; patients, mobile group.

Liquid Propagation Features in Atmosphere

Dushkin A. L., Cand. of Technics, Leading Research Fellow, Senior Research Worker of Moscow Aviation

Institute (MAI) Scientific-and-Research Centre of New Technologies, Moscow, Russia

Karpyshev A. V., Cand. of Technics, Director of MAI Scientific-and-Research Centre of New Technologies, Moscow, Russia

Lovchinskiy S. Ye., Engineer of MAI Scientific-and-Research Centre of New Technologies, Moscow, Russia

Analytical laws of liquid jet propagation in atmosphere were examined. Long range liquid jet gain terms were determined for fire protection requirements. The calculated jet range values by a developed analytical model agree with those found by experiment.

Keywords: liquid jets; boundary layer; stability; fire fighting.

Forgotten Names — the Forgotten Knowledge... or "Why Do Not Extinguish the Foam?.."

Bezrodnyi I. F., Cand. of Technics, Academician WAN CS, Senior Research Assistant of "Zavod Spetskhimprodukt" Ltd, Moscow, Russia

The results of research into the processes of extinguishing oil and petroleum with air-mechanical foam, foam generators are obtained by the ejection of solutions of the type of hydrocarbon foam concentrate agents. Explained by the effects of low-extinguishing foam effectiveness due to malfunctioning of the foam generator. Used the results of research 40 years ago and own the results of the author.

Keywords: air-mechanical foam; foam generator; foam expansion; size of bubble; ejection; the critical intensity; the required intensity; the time of extinguishing; thermal zones of fire; forgotten knowledge.

Председатель Редакционного совета:

д.т.н., профессор, академик МАНЭБ
А. Я. Корольченко

Зам. председателя Редакционного совета:

д.т.н., профессор, член-корреспондент НАНПБ
Ю. М. Глуховенко

д.т.н., профессор, академик Нью-Йоркской академии наук
В. В. Мольков

д.т.н., профессор В. П. Назаров

Редакционный совет:

д.т.н., профессор, действительный член НАНПБ,
заслуженный деятель науки РФ А. Н. Баратов

д.т.н., профессор Н. М. Барбин

д.т.н., профессор, академик РАЕН,
заслуженный деятель науки РФ Н. Н. Брушинский

к.т.н., профессор Е. Е. Кирюхантцев

к.т.н. Д. А. Корольченко

к.т.н. В. А. Меркулов

д.т.н., профессор, академик РАЕН
А. В. Мишуев

д.т.н., профессор, действительный член НАНПБ
В. М. Ройтман

д.т.н., профессор,
действительный член НАНПБ Б. Б. Серков

д.т.н., профессор, член-корреспондент НАНПБ
С. В. Пузач

д.т.н., профессор, академик РАЕН, НАНПБ
Н. Г. Топольский

д.т.н., член-корреспондент МАНЭБ
Н. А. Тычино

д.т.н., профессор, действительный член НАНПБ
Ю. Н. Шебеко

профессор Т. Дж. Шилдс

д.т.н., профессор, академик и почетный член РАЕН
В. В. Холщевников

Редакция:

Главный редактор журнала

д.т.н., профессор, академик МАНЭБ
А. Я. Корольченко

Шеф-редактор
Н. Н. Соколова

Редактор
Л. В. Крылова

Chairman of Editorial Council:

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of International Academy of Ecology and Life Safety A. Ya. Korolchenko

Deputy of Chairman of Editorial Council:

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Fire Science Yu. M. Gluhovenko

Dr.Sc.(Eng.), Professor, an Active Member of the New-York Academy of Sciences V. V. Molkov

Dr.Sc.(Eng.), Professor V. P. Nazarov

Editorial Council:

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy of Fire Science, the Honoured Scientist of the Russian Federation A. N. Baratov

Dr.Sc.(Eng.), Professor N. M. Barbin

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, the Honoured Scientist of the Russian Federation N. N. Brushlinsky

Cand.Sc.(Eng.), Professor E. E. Kiryuhantsev

Cand.Sc.(Eng.) D. A. Korolchenko

Cand.Sc.(Eng.) V. A. Merkulov

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences A. V. Mishuev

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy V. M. Roitman

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy of Fire Science B. B. Serkov

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Fire Science S. V. Puzach

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, National Academy of Fire Science N. G. Topolskiy

Dr.Sc.(Eng.), Corresponding Member of International Academy of Ecology and Life Safety N. A. Tyichino

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy of Fire Science Yu. N. Shebeko

Professor Thomas Jim Shields

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician and the Honoured Member of the Russian Academy of Natural Sciences V. V. Kholshchevnikov

Editorial Office:

Deputy Editor-in-Chief

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of International Academy of Ecology and Life Safety A. Ya. Korolchenko

Editor-in-Chief
N. N. Sokolova

Editor
L. V. Krylova

Учредитель – ООО “Издательство “Пожнauка”

Тел./факс: (495) 228-09-03, (495) 737-65-74, 8-909-940-63-94

121352, г. Москва, а/я 43

E-mail: mail@firepress.ru, izdat_pozhnauka@mail.ru
www.firepress.ru, www.fire-smi.ru

ISSN 0869-7493



9 770869 749006

Подписано в печать 07.12.11.

Формат 60×84 1/8. Тираж 5000 экз.

Бумага офсетная №1. Печать офсетная.

Отпечатано в типографии “ГранПри”, г. Рыбинск

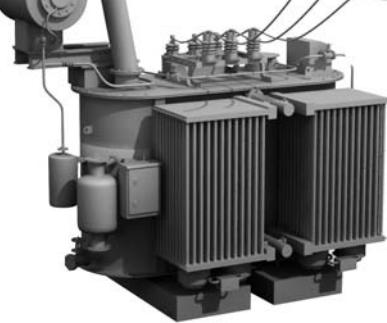
ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПОЖНАУКА»

ПРЕДЛАГАЕТ ВАШЕМУ ВНИМАНИЮ

Учебное пособие

В. Н. Черкасов, В. И. Зыков

Обеспечение пожарной безопасности электроустановок



Рецензенты: Федеральное государственное учреждение Всероссийский ордена «Знак почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, кафедры физики и пожарной безопасности технологических процессов Академии ГПС МЧС России.

В учебном пособии рассмотрены общая схема электроснабжения потребителей, классификация электроустановок и причины пожаров от них, а также вероятностная оценка пожароопасных отказов в электротехнических изделиях и пожарная безопасность комплектующих элементов. Приведены нормативные обоснования и инженерные решения по обеспечению пожарной безопасности электроустановок и защите зданий и сооружений от молний и статического электричества.

Учебное пособие предназначено для практических работников в области систем безопасности и может быть использовано для подготовки и повышения квалификации специалистов соответствующего профиля.



Web-сайт: firepress.ru

Эл. почта: mail@firepress.ru, izdat_pozhnauka@mail.ru

Тел.: (495) 228-09-03, тел./факс: (495) 445-42-34

Издательство “Пожнаука” предлагает Вам оформить подписку на журнал “Пожаровзрывобезопасность” на 1-е (2-е) полугодие 2012 г.

**Подписка на полугодие включает в себя шесть номеров журнала “Пожаровзрывобезопасность”.
Стоимость полугодовой подписки составляет 4950 руб. (НДС – 0 %).**



ПЕРСОНАЛЬНАЯ ПОДПИСКА на журнал *пожаровзрыво- БЕЗОПАСНОСТЬ*

КУПОН '2012

Издание	Цена подписки, руб.	Количество экземпляров	Стоимость подписки, руб.
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” (1-е полугодие 2012 г.)	4950		
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” (2-е полугодие 2012 г.)	4950		

- Укажите в таблице количество экземпляров, которое Вам необходимо. В связи с введением обязательного составления счетов-фактур при совершении операций по реализации просим заполнить карточку на обороте купона. Эти сведения необходимы для подготовки и высылки Вам счета-фактуры.
- Заполненный купон и копию платежного поручения вышлите по тел./факсу (495) 737 65 74 или по e-mail: mail@firepress.ru в отдел распространения. Проследите, пожалуйста, чтобы были высланы **обе стороны** купона.
- Оплату за подписку Вы можете произвести по следующим реквизитам:
ООО “Издательство “ПОЖНАУКА”
Почтовый адрес: 121357, г. Москва, а/я 43
ИНН / КПП 7731652572 / 773101001
Р/с 40702810930130056301 в ОАО “Промсвязьбанк” г. Москва
К/с 30101810400000000555
БИК 044525555
Главный редактор — Корольченко Александр Яковлевич

**По вопросам подписки прошу обращаться по телефонам
(495) 228-09-03, 737-65-74**

ПОДПИСКА ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ:

через ООО “Издательство “Пожнаука”;
через агентство “РОСПЕЧАТЬ”, индекс 83340;
через агентство “АПР”, индекс 83647
(в любом почтовом отделении в каталоге
“Газеты и журналы”);

через подписные агентства:
ООО “Интер-почтa”, ООО “Урал-Пресс XXI”,
ООО “Артос-ГАЛ”, ООО “Информнаука”, ЗАО “МК-ПЕРИОДИКА”

**Приглашаем Вам принять участие в формировании облика
обновленного журнала. Ждем Ваших предложений
по тематике номеров и публикаций на волнующие Вас темы.
Надеемся на длительное и плодотворное сотрудничество!**



Карточка учета сведений о подписчике

Полное наименование фирмы (в соответствии с учредительными документами)	
Идентификационный номер (ИНН)	
Код отрасли по ОКОНХ	
Код отрасли по ОКПО	
Полное наименование банка	
Местонахождение банка	
БИК	
Расчетный счет	
Корсчет	
Юридический адрес (в соответствии с учредительными документами)	
Фактический адрес	
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС	
Индекс	
Область, край	
Город	
Улица	
Дом	
Телефон	
Факс	
Контактное лицо	
Телефон контактного лица	



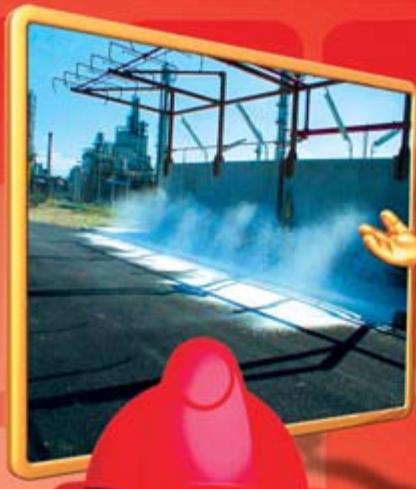
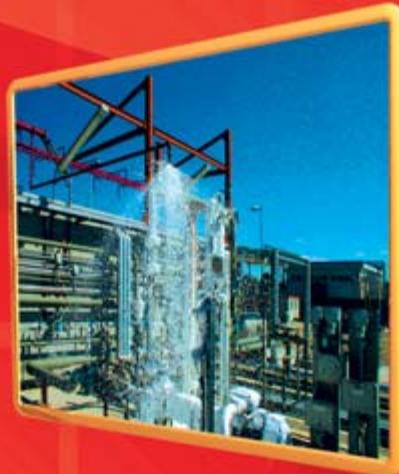
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ

121352, г. Москва,
ул. Давыдковская, д. 12, стр. 3
Тел./факс: (495) 735-28-13
E-mail: gefest-fire@mail.ru
www.gefestnpk.ru

ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Шторм-М 3/6

**высокоэффективный
пленкообразующий
синтетический
фторсодержащий
пенообразователь**
типа AFFF специального назначения
для получения пены низкой, средней
и высокой кратности.



Низкая кратность способствует быстрому образованию водяной пленки, которая самопроизвольно растекается по поверхности. Пенообразователь может подаваться на большие расстояния и использоваться со стандартной российской техникой для получения пены средней кратности. С помощью пенообразователя можно получать пену высокой кратности на генераторах без принудительного наддува, это придает ему универсальность использования.

ISSN 0869-7493



9 770 869 749 006