

вать, что прямой ущерб не является единственным последствием пожара (рис. 5).

Профилактика пожаров является эффективным инструментом, способствующим повышению пожарной безопасности, причем затраты на ее обеспечение большей частью представляют собой сравнительно небольшую часть от общего ущерба, нанесенного пожаром.

Нужно понимать, что нулевого риска возникновения пожара не существует, и именно профилактика

является тем инструментом, который способствует снижению пожарной опасности и в значительной мере помогает пожарным оперативно действовать при тушении пожара для уменьшения ущерба как от него, так и от последствий его тушения.

Статья подготовлена в рамках проекта VEGA № 1/0107/12 "Исследование процессов управления рисками механизмов и технических систем".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kucera P., Kaiser R., Pavlik T., Pokorny J. *Požární inženýrství — dynamika požáru*. — Praha, Edice SPBI Spektrum, 2009. — 152 p. [Пожарная техника — динамика пожара. — Прага : Изд. SPBI спектр, 2009. — 152 с.].
2. Malicek M. *Prevencia požiarov ako nástroj na zlepšovanie požiarnej ochrany: Diplomová práca*. — Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, katedra bezpečnosti a kvality produkcie, 2008 [Профилактика пожаров для улучшения противопожарной защиты : тезисы диплома. — Технический университет в г. Кошице, машиностроительный факультет, кафедра безопасности и качества продукции, 2008].

Материал поступил в редакцию 30 января 2013 г.

English

FIRE AS IMPORTANT FACTOR WITH IMPACT ON FIREMAN ACTIVITY

TOMASHKOVA M., Doctor of Technical Science, Associated Professor of Department of Safety and Production Quality, Faculty of Mechanical Engineering, Technical University in Kosice (Letna 9, SK-042 00 Kosice, Slovakia; e-mail address: marianna.tomaskova@tuke.sk)

ABSTRACT

The main purpose of this article is to demonstrate the possible extensive consequences in the area of safety, as well as material damages caused due to a fire, which has arisen as a result of insufficient preventive measures. The second task is to emphasise an economical efficiency of the fire prevention in comparison to the direct or indirect damages that are caused due to the fire and in this way to point out an importance of the fire prevention. The first part of this paper describes four basic phases of the fire; together with the selected risk factors occurring during the fire, as well as it presents a classification of fires. The second part of this article describes a real example of the concrete fire of a multi-functional public hall. This fire incident became in a Slovak city recently. The hall was specified for organising of various cultural and sporting events in an aquapark-relaxation-land and due to the fire it was fully destroyed. The building damages were enormous. The final part of this article explains causes of this fire.

Keywords: fire; fireman; risk factor; cause and consequence; damage.

REFERENCES

1. Kucera P., Kaiser R., Pavlik T., Pokorny J. *Fire engineering — dynamics of fires*. Prague, Edition SPBI Spektrum Publ., 2009. 152 p. (in Slovak).
2. Malicek M. *Prevention of fires as a tool for improvement of the fire protection: diploma theses*. Technical University of Kosice, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Safety and Production Quality, 2008 (in Slovak).

И. М. АБДУРАГИМОВ, д-р техн. наук, профессор, академик НАНПБ, полковник внутренней службы, профессор МГТУ им. Н. Э. Баумана (Россия, 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., 5/1; e-mail: niirpx@yandex.ru)

УДК 614.841.2

ЕЩЕ РАЗ О ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ НЕВОЗМОЖНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫМИ МЕТОДАМИ

Представлены доказательства принципиальной невозможности расчета пожарных рисков методами математического описания параметров внутренних пожаров твердых горючих материалов (ТГМ) по численным значениям опасных факторов пожара. Доказано, что основные параметры динамики внутренних пожаров ТГМ (линейная скорость распространения пожара, площадь пожара, массовая скорость выгорания горючей нагрузки, количество и состав продуктов сгорания при внутренних пожарах ТГМ и др.) известны современной науке о горении с погрешностью не менее $\pm(150-300)$ %. Поэтому принципиально невозможен расчет значений ОФП и пожарного риска с ошибкой менее $\pm(500-1000)$ %. Тем самым доказана полная непригодность Методики расчета пожарного риска для оценки уровня пожарной безопасности объектов, утвержденной приказом МЧС России № 283, и необходимость немедленной отмены этого приказа о введении данной методики в практику расчета пожарных рисков.

Ключевые слова: пожар; пожарный риск; опасные факторы пожара; динамика развития внутреннего пожара; математические методы описания.

Введение

Почти из 250 публикаций по пожарной безопасности (из них более 18 вышло в 2012 г. — столько накопилось не опубликованных за последние 5–6 лет работ) эта статья оказалась самой трудной (и по написанию, и по проблемам, связанным с ее опубликованием).

За долгие (и довольно трудные!) годы Советской власти мы привыкли к празднованию Дня пожарной охраны 17 апреля! Дата абсолютно сомнительная, как даты почти всех советских праздников, но привычная и “традиционная”. В последние годы меня (видимо, скорее из уважения к возрасту, чем по заслугам) поздравляют с Днем пожарной охраны 3–4 раза в год! Меня лично, пожалуй, так часто — не за что, а вот тех “невидимых в дыму” пожара бойцов и офицеров, которые непосредственно тушат десятки тысяч пожаров в год, можно и чаще!!!

По крайней мере, в Америке пожарным ежегодно (!) выдают 12 высших государственных наград страны, и вручает их лично Президент (а в период его отсутствия — 1-е лицо, его замещающее, и, как ни странно, этим лицом оказывается... министр торговли!). А у нас в России пожарным высшие награды Родины вручаются один раз в 5–10 лет, да и то по одной (и, как правило, ПОСМЕРТНО!). Так что пусть они хоть празднуют свой “сомнительный”, но светлый праздник и 3, и 4 раза в год! А вот про “чер-

ный день” пожарной охраны, видимо, не знает (или, по крайней мере, не говорит) почти никто! А такой день есть. И это, пожалуй, 22 июля 2008 г. — день принятия Федерального закона № 123 [1]. И дело не в том, что его принимали в “пожарном порядке” (8 июля он был принят Госдумой, 11 июля — Советом Федерации, а уже 22 июля подписан Президентом!!!), а в том, сколько и каких новых проблем возникло с принятием этого “скороспелого” и, как обычно, непроверенного, необсужденного, “необкатанного” закона [2] (помните В. С. Черномырдина: “Хотели как лучше, а получилось как всегда”? А он понимал толк в этих делах и имел большой опыт по этой части!).

Однако оставим пока все нелепости и курьезы, порожденные этим законом и его последствиями. Остановимся только на одном, но чреватом самыми длительными и самыми тяжелыми последствиями — приказе МЧС России от 30.06.2009 г. № 283, подписанном Министром Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий С. К. Шойгу [3]. Оставляя опять же (для краткости) на будущее анализ всех курьезов, ошибок и нелепостей этой методики, отметим главное: она принципиально невыполнима и непригодна для практического применения. Вот этому и посвящена данная статья.

1. Отклики и реакция специалистов на Методику расчета индивидуального пожарного риска

По содержанию и смыслу этого приказа [3] и утвержденной им Методики вся тяжесть проблемы оценки достаточности мер обеспечения уровня пожарной безопасности при “внутренних” пожарах в зданиях и сооружениях (на которые, по данным российской и мировой статистики, приходится более 90 % всех жертв пожаров ежегодно [4–6]) сводится к расчету величины индивидуального пожарного риска на данном объекте. А он, в свою очередь, сводится, главным образом, к сопоставлению двух главных величин — расчетного времени эвакуации из оцениваемого помещения или объекта при пожаре и времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара (ОФП) на данном объекте при пожаре. И если расчетное время эвакуации условно, с той или иной степенью точности, можно заранее определить расчетным путем, то время блокирования эвакуационных путей ОФП по их предельно допустимым значениям и по описанию динамики пожара в зданиях и сооружениях определить расчетным путем в принципе невозможно!

Негативные отклики на эту методику стали поступать уже в первый год после ее введения. А после того как “независимый пожарный аудит” стал массовым (и довольно доходным), но чрезвычайно опасным по своим последствиям явлением, публикации по обсуждению и осуждению такого подхода к обеспечению пожаровзрывобезопасности объектов стали более острыми и более негативными.

Наиболее убедительными и доказательными мне представлялись работы [2, 4–6] и др. Наглядность и убедительность аргументации этих статей сделали неактуальной публикацию моих замечаний по этой методике. Цитирую: “Авторы настоящей статьи провели тщательный анализ только некоторых статей Технического регламента, выявили их полную несостоятельность и ошибочность и предлагают способы устранения ошибок” [6]. Ну, что еще после этого можно сказать? И далее: “Так, в ст. 6 п. 1 говорится: “Пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной, если: 1) в полном объеме выполнены обязательные требования пожарной безопасности, установленные федеральными законами о технических регламентах (само по себе это утверждение весьма спорно, поскольку не принят предложенный мной ранее “принцип разумной достаточности” в обеспечении требуемого уровня ПВБ. — Прим. авт.); 2) если пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных настоящим федеральным законом! Эта вполне разумная концепция пожарной безопасности предполагает, во-первых, наличие достаточно обоснованного до-

пустимого значения пожарного риска (а его в российских нормативных документах нет! Оно совершенно бессмысленно занижено в 100–150 раз!!!) по сравнению с данными даже официальной статистики гибели людей на пожарах в России, которая, в свою очередь, на 25–30 % занижена по сравнению с реальными, фактическими потерями! — Прим. авт.) и, во-вторых, существование надежных методов вычисления значений реальных пожарных рисков для различных объектов защиты.

К сожалению, с выполнением этих двух условий дела пока обстоят неблагоприятно” [6]. Это сказано авторами “очень деликатно”, если не сказать “просто неправильно”. Но об этом чуть ниже. И далее: “К этому нужно добавить, что в 2010 г. 72 % всех погибших на пожарах в России стали жертвами воздействия продуктов горения, 9 % — воздействия высокой температуры...” [7] (по моим предположениям, погибших от асфиксии и токсического воздействия продуктов горения даже больше, но об этом тоже чуть позже). Еще в нескольких абзацах содержатся весьма убедительные подтверждения целесообразности принятия “принципа разумной достаточности” затрат на обеспечение требуемого уровня обеспечения ПВБ. Более подробное цитирование — за пределами правил приличия, но еще одна цитата совершенно необходима: “Однако теперь... разработаны методы прогнозирования опасных факторов пожара... Наиболее опасными факторами пожара являются продукты горения, их токсичные компоненты. Их появление наступает в первые минуты пожара (до 3–4-й минуты свободного горения)” [6]. А несколькими абзацами ранее было сказано: “разработаны методы прогнозирования опасных факторов пожара” со ссылкой на работу [8]. Именно это утверждение заставило меня вернуться к своей несостоявшейся пока (в основном по техническим и редакционным причинам) публикации.

2. Анализ причин невозможности расчета численного значения пожарного риска детерминированными методами термодинамики

В этой работе впервые были приведены объективные доказательства принципиальной невозможности априорного расчета опасных факторов внутреннего пожара и их сколько-нибудь достоверная количественная оценка во времени и в пространстве по ходу динамики развития внутреннего пожара. Невозможности, обусловленной отсутствием необходимых исходных данных о закономерностях развития внутренних пожаров, особенно связанных с горением твердых горючих материалов (ТГМ).

Эта принципиальная невозможность решить задачу расчета пожарных рисков объясняется, по край-

той мере, четырьмя непреложными постулатами, совершенно очевидными специалистам по проблеме ПВБ, если они при этом еще являются и специалистами в области физики и химии процессов горения. Именно поэтому Т. Танака (будучи известным в мире и в России специалистом по процессам горения) даже после публикации [8] отказался от дальнейших попыток решения задачи описания динамики внутреннего пожара детерминированными методами в рамках современных методов термодинамики и внутренней газодинамики продуктов сгорания в помещении пожара и тем более за его пределами. И по этим же причинам Д. Драйздейл (автор первой в мире монографии по динамике внутренних пожаров и тоже изначально специалист по процессам горения, привлеченный к решению проблем пожарной безопасности) скромно назвал 426-страничную монографию “Введением в динамику пожаров” [9] (проработав над ее подготовкой порядка 10 лет!). Книга вызвала большой интерес у пожарных специалистов во всем мире (в том числе и в России). Но почти через 20 лет работы в этой области Д. Драйздейл издал книгу по этой же проблеме и опять под тем же названием.

Потому что, как специалист, кроме всего прочего, и по физике и химии горения, он отчетливо осознает, что это, увы, пока только введение... Введение в эту чрезвычайно сложную проблему описания параметров неорганизованного, диффузионного горения при внутреннем пожаре веществ и материалов, для горения совсем не предназначенных и “горящих вне специального очага”, методами и средствами таких строгих законов, как законы термодинамики и внутренней аэродинамики зданий и сооружений в нерасчетном режиме пожара! Потому что предмет динамики пожара, и особенно внутреннего, — это, по существу, и есть описание опасных факторов пожара и характера изменения их значений во времени развития пожара и в пространстве помещения, охваченного пожаром, и в смежных с ним помещениях.

Каковы же эти *четыре постулата*?

1. Процесс горения есть главный и основной процесс на пожаре.

2. Горение — сугубо объемный процесс (особенно диффузионное горение на пожаре). Поэтому интерпретация его или подмена площадью пожара — грубое искажение сложной физической картины пожара, включающей в себя важнейшую часть пространства, где выделяется вся теплота пожара и происходят те химические реакции горения, в результате которых и образуются продукты полного и неполного сгорания, являющиеся главной причиной гибели людей на пожаре (подробнее об этом несколько позже).

3. Только от безвыходности, от неумения пространственно описать зону горения на внутреннем пожаре ТГМ мы для удовлетворения нужд пожарной тактики и описания технологии процессов тушения внутренних пожаров вынуждены прибегать к его условному плоскостному выражению и грубо ориентировочному описанию через площадь пожара. За такую грубую подмену нередко приходится дорого расплачиваться, но это отдельный вопрос из области пожаротушения и пожарной тактики. А для расчета значений пожарного риска по законам и уравнениям термодинамики такая подмена совершенно недопустима (что будет доказано чуть ниже).

4. Тем более такая подмена недопустима, если в качестве исходных параметров для расчета пожарного риска принимаются значения ОФП. Потому что сами эти значения ОФП вычисляются через 3–4 такие совершенно не поддающиеся априорному расчету величины, как: (1) площадь пожара $F_{\text{п}}$ (м^2), рассчитываемая только через такую совершенно неопределенную величину, как (2) линейная скорость распространения пожара $v_{\text{р}}$ ($\text{м}/\text{мин}$); (3) массовая скорость выгорания горючей нагрузки M ($\text{кг}/\text{с}$), которая в свою очередь определяется через удельную массовую скорость выгорания $m_{\text{уд}}$ ($\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$). Среднее значение этого параметра процесса горения для большинства ТГМ лежит в пределах 5–7 $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Минимально возможное численное значение этой величины на внутреннем пожаре при свободном диффузионном горении ТГМ составляет 3–4 $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ при внешнем тепловом потоке $q_{\text{внеш}} = 8 \div 10 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Впервые определенное в работах [10, 11] максимальное значение на пожаре редко превышает 8–9 $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ (т. е. разница возможна уже в 2–3 раза).

Однако, как известно из физики горения ТГМ, с единичной площади горизонтальной поверхности без воздействия мощного внешнего теплового потока (более 15–20 $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$) ТГМ, как правило, гореть неспособны. Поэтому на реальных пожарах для более полного описания процесса диффузионного горения ТГМ приходится вводить еще одно условное понятие — приведенную массовую скорость выгорания $m_{\text{уд.пр}}$ ($\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$):

$$m_{\text{уд.пр}} = m_{\text{уд}} k_{\text{п}},$$

где $k_{\text{п}} = F_{\text{пг}}/F_{\text{п}}$;

$F_{\text{пг}}$ — суммарная площадь всех поверхностей горения ТГМ на данный момент времени, м^2 ;

$F_{\text{п}}$ — условная площадь пожара на тот же момент времени, м^2 .

Обычно на внутренних пожарах $k_{\text{п}} = 2,5 \div 3,5$ и условно принимается равным 3. Однако на некоторых объектах или на некоторых участках пола горя-

шего помещения этот коэффициент может быть равен и 5–6, а на складах или сценах театров — 10, 20 и более! Но никаких более точных данных или рекомендаций по выбору его численного значения в пожарно-технической, а тем более в научной, литературе, как правило, нет. А ведь от его величины почти однозначно зависят все указанные выше параметры пожара. После всего этого опять же через площадь пожара вычисляют фактическую массовую скорость выгорания ТГМ на внутреннем пожаре:

$$M = m_{\text{пр.уд}} F_{\text{п}}.$$

Наконец, 4-м, совсем не определенным для горения на реальных внутренних пожарах ТГМ параметром, через который вычисляются ОФП, является дымообразующая способность ТГМ.

Особенно бессмысленно выглядит попытка расчетным путем определить оптические и токсические параметры дыма на внутреннем пожаре при горении ТГМ через еще более неопределенные параметры в понятиях физики и химии горения, такие как удельная дымообразующая способность ТГМ и массовая скорость выгорания, удельная дымообразующую способность горючего материала и площадь пожара. Но именно так построен расчет всех исходных параметров пожара, необходимых для расчета численных значений ОФП на внутреннем пожаре ТГМ в работе [8], ставшей исходной для десятка кандидатских и даже докторских диссертаций, нескольких десятков статей и докладов, положенных в основу методики расчета пожарных рисков при пожарах в зданиях и сооружениях [12–14], и др. [8].

В предисловии к работе [8] сказано, что в ней “рассмотрено физическое содержание опасных факторов пожара (ОФП), даны их предельно допустимые значения, изложены основы современных методов прогнозирования их динамики в помещении (выделено мной. — Прим. авт.) с использованием различных уравнений математического описания пожара” [8]. Но именно этого-то в данной работе не сделано, и по состоянию науки о внутренних пожарах на сегодня (т. е. даже более 10 лет спустя!) сделано быть не может!

И далее: “описаны процедура численного решения дифференциальных уравнений интегральной математической модели пожара и компьютерная программа... Изложена сущность зонного и полевого (дифференциального) методов математического моделирования пожара” [8]. Но, к сожалению, в работе [8] не сказано, что все исходные уравнения, которыми можно на сегодня описать самые главные параметры пожара, использованные в этой работе, могут быть написаны только с погрешностью не менее 500–600 % (и более).

Во введении к этой основополагающей работе, на фундаменте которой построены все расчеты пожарных рисков, в разделе “Общие сведения о методах прогнозирования ОФП в помещении” сказано: “В современных условиях разработка экономически оптимальных и эффективных противопожарных мер немыслима без научно обоснованного прогноза динамики ОФП”. Совершенно справедливо сказано. Так его и нет! И именно потому, что нет достоверных, грамотно составленных, а тем более научно обоснованных методов прогнозирования ОФП внутренних пожаров ТГМ! А “спрогнозированные” и “рассчитанные” численные значения ОФП с минимальной погрешностью 500–600 % в [8] и всех последующих работах не только не решают этой проблемы, а вольно или невольно десятикратно усиливают опасные последствия этого коллективного заблуждения! “Интегральная модель пожара как в своей основе, так и в деталях была разработана в 70-х гг. и опубликована в 1976 г. Спустя год после этой публикации была напечатана статья на эту же тему японским исследователем Т. Танака... [15].

Статья Т. Танака повторяла опубликованное проф. Ю. А. Кошмаровым (пишет “скромно” сам проф. Кошмаров. — Прим. авт.), содержала ряд погрешностей и носила незавершенный характер” [8]. Ну, во-первых, исходная работа Ю. А. Кошмарова, как он сам пишет [8], тоже в течение 25–30 лет (с 1970–1976 гг. по 2001 г.) не была завершена. (И, возможно, если бы она вообще не была закончена, то не породила бы такого количества еще более ошибочных и опасных по своим нынешним и отдаленным тяжелым последствиям работ по “математическому описанию динамики внутреннего пожара”.)

Во-вторых, Т. Танака в отличие от автора [8] и авторов многих других работ, написанных в развитие этой работы, является известным в мире и в России специалистом по физике и химии процессов горения. И поэтому он не мог себе позволить тех грубых и ничем не обоснованных упрощений и допущений по физике распространения неорганизованного процесса горения ТГМ на внутреннем пожаре, которые, ничтоже сумняшеся, принимали (и принимают!!!) все эти авторы!

К сожалению, среди множества российских исследователей и разработчиков расчетных методик определения пожарного риска при внутренних пожарах ТГМ не нашлось специалистов (типа Т. Танаки, Д. Драйздейла и др.), которые бы разглядели полную научную необоснованность и практическую непригодность этой методики расчета пожарного риска. Такой заманчивой внешне, такой убедительной и вполне наукообразной, но совершенно несостоятельной по существу.

3. Доказательство недопустимости совмещения строгих термодинамических методов описания параметров среды в зоне пожара с данными по физике и химии горения ТГМ на внутреннем пожаре

Научная необоснованность и полная практическая непригодность методики расчета опасных факторов пожара обусловлена прежде всего тем, что у нас (как и во все мире) отсутствуют достоверные, пригодные для количественных расчетов данные об одном из основных параметров динамики пожара — линейной скорости его распространения v_p (м/с или м/мин). Этот параметр пожара входит обязательной составляющей в расчет другого важнейшего параметра пожара — площади пожара F_n .

Чаще всего предполагают круговую форму распространения пожара и принимают еще 3–4 других, не всегда оправданных упрощения и допущения: что горючая нагрузка (ее вид, материал, состав, геометрические размеры и пр.) однородна (?), при прочих упрощающих допущениях, не всегда очевидных и адекватных реальным условиям на объекте пожара; что размещена она преимущественно по полу, и притом равномерно (?); что скорость распространения пожара одинакова во всех направлениях (что совершенно неочевидно даже при принятых допущениях) и т. д. После всех этих допущений и упрощений площадь пожара весьма условно рассчитывается по формуле площади круга:

$$F_n = \pi R^2,$$

или

$$F_n = k \pi v_p^2 t^2,$$

где k — коэффициент, учитывающий форму площади пожара (обычно его принимают равным 1 для пожара, возникшего в центре помещения, 0,5 — у стенки, 0,25 — в углу помещения);
 $\pi = 3,14$;

v_p — линейная скорость распространения пожара по площади горящего помещения, м/мин;
 t — время свободного развития пожара, мин.

При этом на наиболее интересующей нас, начальной стадии развития пожара, по продолжительности соизмеримой с критическим временем эвакуации людей на пожаре, в первые 10 мин скорость распространения пожара условно (но столь же бездоказательно) принимается равной половине ее табличного значения. Хотя очевидно, что по законам физики горения ТГМ в замкнутом пространстве она будет возрастать скорее всего по S-образной кривой. А при расчете площади пожара по указанной выше формуле это очень существенно.

Из физики горения ТГМ известно, что скорость распространения процесса горения по поверхности ТГМ зависит более чем от 8–10 очевидных факто-

ров и параметров процесса горения (и, видимо, еще от нескольких неочевидных и пока не изученных параметров и условий).

В самом общем виде можно записать, что линейная скорость распространения процесса горения по поверхности ТГМ выглядит так:

$$v_p = f(x, d, w, t_{\text{пов}}, f_{O_2}, v_B, \alpha, q_{\text{внеш}}, \dots),$$

где x — вид горючего материала (даже если это только древесина, то бук, береза, ель или сосна и т. п., что очень существенно);

d — характеристический размер горящего образца, мм (см и пр.);

w — влажность горящего материала, %;

$t_{\text{пов}}$ — температура поверхности горючего материала, °С;

f_{O_2} — объемная концентрация кислорода в зоне горения, %;

v_B — скорость в зависимости от направления воздушных потоков в зоне горения, м/с;

α — угол наклона горячей поверхности к вертикали (или к горизонтали), град;

$q_{\text{внеш}}$ — интенсивность внешнего теплового потока, кДж/(м²·с).

Причем каждый из этих факторов влияет на скорость распространения процесса горения весьма существенно, увеличивая или уменьшая ее в 4–5 раз, а порой и в 8–10 (даже “по отдельности”!). А на пожаре они почти все действуют одновременно, но как именно — практически неизвестно, причем никому в мире!

В связи с этим специалисты всего мира о скорости линейного распространения пожара знают весьма приблизительно. Ее значения приводятся в некоторых (очень немногочисленных) справочниках очень ориентировочно и дифференцированно: для больниц (?); административных зданий (?); жилых помещений (?); цехов деревообработки (?) и т. д. И почти всегда они даются без уточнения конкретного вида и количества горючего материала, характера и условий его распределения по объему и площади помещения, без указания формы и объема помещения и других, весьма существенных параметров помещения и обстоятельств возникновения и развития пожара.

Кроме всего прочего, значения скорости линейного распространения пожара для неопределенно ранжированных объектов пожара, как правило, даются с разбросом в 2–3 раза! Например, в работах [9, 16] этот важнейший, исходный и основополагающий параметр динамики развития внутреннего пожара ТГМ представлен в виде таблиц, где даны такие численные значения v_p (м/мин): административные здания (?) — 1,0–1,5; больницы (?) — 0,6–1,0 (для зданий II степени огнестойкости) и 2,0–3,0

(для зданий III и IV степеней огнестойкости); лесопильные цехи — 1,0–3,0 (для зданий III степени огнестойкости) и 2,0–5,0 (для зданий V степени огнестойкости); театры (сцены) — 1,0–3,0; цехи текстильного производства (?) — 0,3–0,6; цехи деревообрабатывающего комбината (машинная обработка (?), заготовка (?), обрезка (?), сборка (?), фанеровка, производство фанеры) — 1,0–1,6 и т. д.

Таким образом, наблюдается разброс данных в пределах одного вида объекта в 1,5–2 и даже в 3 раза!!! А так как в формулу площади пожара эта величина входит в квадрате, то произвольный разброс значений главного параметра пожара — его площади $F_{п}$ будет уже в 2,25–4 и даже в 9–10 раз!!! Вот уж совершенно произвольная ошибка — 500–1000 % (или разброс результатов в пределах желаемого соответственно в 5–10 раз!).

Надо ли рассматривать погрешности этой порочной методики [8] дальше? При этом, как правило, в этих таблицах и справочниках отсутствуют какие-либо рекомендации или указания, в каком конкретном случае следует брать меньшее, в каком — среднее, а в каком — большее значение v_p . Да этих рекомендаций и не может быть! Потому что они отсутствуют в природе! Потому что в реальных условиях, на реальном пожаре на одном и том же объекте, в зависимости от множества условий и обстоятельств, которые мы чаще всего априори не можем учесть, реальная скорость распространения пожара может иметь любые значения, различающиеся в 2–3 и более раз (как это приводится в справочниках).

Следовательно, величина рассчитанной нами площади пожара может оказаться для одного и того же объекта в сходственные моменты времени любой, различающейся в 3–5 и даже 10 раз! А если учесть при этом право расчетчика на начальной стадии пожара (т. е. в первые 10 мин) брать $v_p = 0,5v_{табл}$ (где $v_{табл}$ — табличное значение v_p), то главный расчетный параметр, от величины которого зависит и температура пожара на объекте, и интенсивность излучения зоны горения, и, главное, интенсивность и плотность дымообразования в помещении и на путях эвакуации, может различаться и в 5, и в 10, и в 20, и даже более раз!

Вот только такая точность расчета главного параметра внутреннего пожара — его площади доступна при современном уровне науки о динамике внутренних пожаров [9, 16]. И если такой уровень точности (достоверности) расчета площади пожара, хотя и очень условно, может использоваться при решении пожарно-тактических задач, в которых, как и в любых других видах тактики, ошибка $\pm(50–100)\%$ считается допустимой, приемлемой, то при расчете пожарного риска через значения ОФП

она совершенно недопустима. Более того, принципиально неприемлема.

Однако это только начало проблем (и погрешностей) принципиально возможной точности расчета пожарного риска по детерминированным физическим законам развития внутренних пожаров. А дальше еще хуже и сложнее (хотя и сейчас вполне очевидна невозможность расчета значений ОФП внутреннего пожара ТГМ по методикам и рекомендациям работы [8] и всех последующих работ, написанных на ее основе).

Вторая причина, по которой невозможна и даже недопустима строгая термодинамическая методика расчета ОФП, состоит в совершенно недостаточном уровне и объеме наших знаний о массовой скорости выгорания m (кг/(м²·с)) даже отдельно для каждого вида ТГМ. Поскольку этот важнейший параметр процесса горения ТГМ зависит самым тесным образом от 3–4 других параметров пожара, которые мы не можем задать на рассчитываемый момент времени его развития. Например, таких, как состав газовой среды в зоне горения, непосредственно вокруг горячей поверхности ТГМ, особенно концентрации кислорода, CO₂, H₂O и других газовых составляющих в зоне горения; интенсивность теплового потока (лучистого и конвективного) к поверхности горящего ТГМ (кВт/м²); текущее значение температуры (не “температуры пожара”, потому что это совершенно безграмотный показатель, как “средняя температура больных” в палате на 10 чел., а истинной температуры в зоне протекания пиролиза и химических реакций горения данного ТГМ в данный момент времени).

Параметр m самым существенным образом зависит от степени (стадии) выгорания материала и толщины переугленного слоя на его поверхности. А этот переугленный слой на поверхности многих видов ТГМ, например древесины, кожи и некоторых других, возрастает при горении на пожаре со средней скоростью порядка 0,5–1,0 мм/мин, т. е. уже в первые 5–10 мин развития пожара (наиболее важная стадия его с позиций расчета ОФП и допустимого времени эвакуации) толщина переугленного слоя достигает своего предельного (критического) значения.

При толщине переугленного слоя порядка 1–2 см может смениться на некоторое время и сам режим горения — перейти из пламенного “гомогенного” режима в смешанный гомогенно-гетерогенный или вообще (временно) — в режим тления, т. е. беспламенного, чисто гетерогенного горения.

Это, в свою очередь, может самым радикальным образом повлиять на все основные закономерности процесса горения — на скорость его распространения, массовую скорость выгорания и еще больше на

концентрацию и состав продуктов сгорания (и дымообразования!). Иными словами, это самым существенным образом влияет на важнейшие для нас в этом исследовании параметры горения, которые меняются с течением времени по неизвестной нам зависимости. И еще они зависят от нескольких других, не исследованных на сегодня параметров и условий горения ТГМ!

И это мы рассмотрели неполную совокупность факторов, определяющих значение массовой скорости выгорания отдельного вида горючего материала (древесины или кожи, шерсти или синтетического полимера). Однако на реальном внутреннем пожаре эти вещества нередко горят совместно и одновременно, и тогда сложность определения массовой скорости выгорания горючей нагрузки удваивается или утраивается! А проблема расчета химического состава продуктов неполного сгорания (а на пожаре, в режиме неорганизованного диффузионного горения в атмосфере неопределенного состава газозвоздушной смеси, всегда образуются преимущественно продукты неполного сгорания) удесетеряется! (Именно это и называется *дымом*. Дым — это термодинамически неустойчивая, полидисперсная смесь воздуха с газообразными, жидкими и твердыми продуктами полного и неполного сгорания веществ и материалов на пожаре.)

Именно это наглядно иллюстрируют данные работы [17] по проблемам экологии пожаров, опубликованной в те же годы, что и работа [8]. По выходу токсичных продуктов сгорания при горении на внутреннем пожаре одних и тех же горючих веществ и материалов (в % или в г/кг) разнятся в 2–5; 10; 20 и даже более раз. Однако достаточно даже разброса вводимых параметров по дымообразованию всего в 5–10 раз, чтобы расчет ОФП утратил всякий практический смысл, всякое практическое значение, потому что тогда асфиксия или смерть от токсического отравления наступит в 3–5 раз быстрее! Тогда и сравнивать с критическим временем эвакуации будет нечего! И это также написано в работе [17].

По составу и выделению на пожаре важнейших токсических составляющих дымовых газов, таких как CO, аммиак, HCl, HF, HCN и даже диоксинов, разброс чрезвычайно велик (см. табл. 29, 31, 37, 38, 40, 41 и 45 [17]). Эти данные собраны по многим отечественным и зарубежным исследованиям. Данные по плотности дыма ($г/м^3$) для различных видов горючих материалов, встречающихся на реальных внутренних пожарах, разнятся в 5–10 раз (см. табл. 48 [17]), а при различных сочетаниях этих материалов на реальных пожарах эта разница будет еще больше. Но какая именно, никому сегодня достоверно не известно. Но это речь идет только об удельной массовой скорости выгорания или удель-

ной дымообразующей способности. А для расчета значений ОФП на пожаре в определенной точке и в определенное время надо умножить эти “удельные” значения на площадь пожара, которая в свою очередь поддается расчету только с ошибкой 500–1000 %.

Именно поэтому в монографии Драйздейла [9], посвященной динамике внутренних пожаров, сказано: “Поскольку длительность начального этапа пожара до полного охвата помещения пламенем имеет непосредственное отношение к обеспечению безопасности людей, существенное внимание уделяется знанию параметров горючих (веществ) и условий вентиляции, которые влияют на скорость нарастания пожара (с учетом поправок на издержки и неточность перевода здесь речь идет именно о скорости изменения ОФП! — *Прим. авт.*).

При реализации главной научно-исследовательской программы (названной “Программа домашних пожаров”), проведенной Гарвардским университетом и компанией “Фэктори мьючел Ресерч Корпорейшн”, ...были получены обширные данные по нарастанию полномасштабного пожара в полностью мебелированной спальне. Эта программа послужила импульсом для проведения дальнейшего изучения многих факторов, которые, по мнению исследователей, вносят вклад в нарастание пожара (читай — в динамику развития пожара. — *Прим. авт.*), и позволила приступить к разработке сложных математических моделей различных режимов пожара. И тем не менее существует такое многообразие различных параметров, которые могут влиять на процесс развития пожара, что трудно определить наиболее существенные из них” [9] (см. все изложенное в данной статье выше. — *Прим. авт.*). И далее: “...систематическое изучение всех переменных требует проведения весьма значительного числа экспериментов.

Пожарная комиссия Международного Совета по делам строительства предприняла такого рода программу в конце 60-х годов, в которой приняли участие девять научно-исследовательских лабораторий, расположенных по всему миру (в Японии, Нидерландах, Австралии, США, (FMRC и Национальное бюро стандартов), Великобритании, Германии, Канаде и Швеции)” [9].

Далее в работе [9] сообщается, что каждый эксперимент повторялся дважды. Всего было исследовано влияние восьми основных факторов на динамику внутренних пожаров ТГМ. Всего по этой обширнейшей международной программе было проведено 256 (!) натурных и модельных огневых испытаний. “Кроме того, FMRC и Национальным бюро стандартов были проведены дополнительные испытания” [9].

Далее дается подробный анализ результатов этой по-настоящему грандиозной по объему пожарных исследований работы. Но, относясь с самым большим уважением и даже с почтением к автору, о результатах этой огромной работы иначе как русским выражением “без слез не взглянешь” точнее сказать невозможно. Да и сам автор признает, что “отмечалось несколько важных факторов взаимного влияния, очевидность некоторых следует из интуитивных соображений” [9].

К сожалению, несколько огрубляя и (в порядке вполне доброжелательной иронии о результатах этой огромной работы) оценивая то, что осталось “в сухом остатке”, можно свести итог к шутливой формулировке трех основных теорем пожарной тактики (о которых с юмором рассказывают сами “тушилы”, как почтительно называют у нас подлинных огнеборцев!): 1 — сухие дрова горят лучше мокрых; 2 — контрабас горит дольше, чем скрипка; 3 (из области тушения) — лей воду — вода пожар найдет!

А если говорить серьезно о результатах этой международной научно-исследовательской программы, учитывая все, что было изложено выше о проблемах аналитического описания динамики внутреннего пожара ТГМ детерминированными методами, можно с уверенностью сказать только одно: это слишком сложное физическое явление, чтобы пытаться имеющимися на сегодня данными о пожаре описать его в рамках и методами современной термодинамики и газодинамики. А попытка сделать это вводит десятки (если не сотни и тысячи “неосведомленных”) в опасное заблуждение с неизбежными трагическими последствиями в будущем.

В итоге спрашивается, кому нужен и чего стоит такой расчет с погрешностью 500 и даже 1000 %? Правда, говорят, у современных “независимых аудиторов” (в зависимости от желаемого заказчиком результата) такой расчет стоит довольно дорого! Но это уже совсем другая история.

4. Причины широкого применения (и внутреннее содержание) метода оценки пожарных рисков во многих технически развитых странах мира

В то же время следует признать, что во многих технически развитых странах мира методы оценки уровня пожарной безопасности большинства объектов основаны именно на определении величины пожарного риска, и вполне достоверные методики его расчета существуют и широко применяются. Вот только построены эти методики расчета риска совсем по другому принципу и совершенно на другой основе, о чем неоднократно писали и проф. Н. Н. Брушлинский, и проф. С. В. Соколов, и некоторые другие авторы.

В основу этих расчетов чаще всего в качестве главных исходных данных заложены не термодинамические уравнения развития параметров пожара и не газодинамические уравнения потоков продуктов сгорания, концентрационный состав которых расчетным путем может быть определен с ошибкой не менее 500–1000 %, а статистические данные о фактической гибели людей от пожара на тех или иных объектах пожара при тех или иных обстоятельствах. Однако для таких расчетов необходима огромная, многопараметрическая и многофакторная база достоверных статистических данных. Такие данные накапливаются огромным количеством специалистов по статистике многих тысяч пожаров в течение многих десятков лет. Это не та статистика пожаров и ущербов (и гибели людей!), которая более 70–80 лет публикуется (или, наоборот, скрывается) в России с опасливой оглядкой “на начальство”, с постоянной оглядкой “на последствия”, на опасные “оргвыводы”, на перспективы карьерного роста и прочие привходящие обстоятельства.

Последние 40–50 лет у нас по статистике почти ежегодно (или, по крайней мере, через каждые 3–4 года) число жертв пожара “неуклонно снижается” [7, 18]. А между тем оно с 3,5–4,0 тыс. чел. в год на 250 млн. населения возросло (даже по официальной статистике) до 15–20 тыс. чел. в год на 140 млн. чел. населения страны!!! А по “неофициальным” данным — более 25–30 тыс. чел. в год!

Для разработки достоверной и практически применимой методики расчета пожарного риска необходима достоверная статистика с тесной “обратной экономической связью”, статистика с финансовой ответственностью за недостоверно определенное значение пожарного риска, если в результате этой ошибки погибли люди (или нанесен материальный ущерб), и за это приходится выплачивать соответствующие многомиллионные страховые компенсации. Это очень дорогая (и в прямом, и в переносном смысле слова) статистика. Статистика с большой буквы! Достоверная статистика! И ее нельзя ни перенять, ни позаимствовать, ни купить... (и не потому, что дорого или не продается, а потому что это их статистика, и она нам не подходит!...). Нам надо нарабатывать свою (нашу) статистику и на ее основе строить достоверные методы расчета пожарного риска! И нести всю полноту ответственности за результаты и последствия этого расчета. А без достоверных методов его расчета это так и останется профанацией и шельмовством (где по “неведению”, а где и по безграмотности и невыполнимости наших законов).

Вот один из аргументов недостоверности нашей статистики. Для установления истинной причины гибели на пожаре, когда из здания выносят сильно обгоревший или почти полностью обугленный труп

жертвы либо (что еще хуже) находят полностью обутенный труп на следующий день, необходимо выполнить много трудоемких и сложных анализов: взять мазки слизистых покровов носа, гортани, бронхов; сделать вскрытие грудной клетки и произвести анализ содержимого субстрата легочной ткани; сделать анализ крови на содержание СО и карбоксигемоглобина (который образуется после 4–5 глубоких вдохов от нехватки кислорода, и тут же кровь человека утрачивает способность переносить кислород, которого и так недостает в помещении. Плюс синергетическое воздействие других токсиантов, и в результате — потеря сознания и смерть до получения ожогов).

Но всегда ли такие обстоятельные исследования истинных причин смерти делаются в случае, если труп сильно обгорел? Очевидны же явные следы воздействия огня! Но при этом весьма вероятно, что сгорел не человек, а труп человека! Человек же погиб от асфиксии (удушья, недостатка кислорода) или удушья в результате воздействия СО, либо погиб от воздействия других отравляющих веществ, либо потерял ориентацию в плотном дыме и при падении получил смертельную травму, а уже потом обгорел в пламени пожара или под воздействием мощного теплового излучения из зоны горения пожара. И в очень редких случаях при подобных обстоятельствах будет выявлена подлинная причина смерти погибшего на пожаре.

В связи с этим вполне вероятно, что на внутренних пожарах ТГМ от дыма гибнет не 70–80 и даже не 90 %, а еще больше. От достоверности этих дан-

ных напрямую зависят требуемые затраты на внутреннюю вентиляцию помещений, на реализацию мер и способов по обеспечению незадымляемости переходов и эвакуационных выходов, на установку автоматической системы водяного или газового пожаротушения и на многие другие конкретные решения по обеспечению мер пожарной безопасности. И это только один (и не самый главный!!!) пример недостоверности нашей статистики по пожарам и причинам гибели на пожарах (и последствий этой недостоверности).

Однако нигде в мире не существует методики расчета или хотя бы приблизительной количественной оценки численных значений ОФП при внутреннем пожаре ТГМ по строгим (или хотя бы приблизительным) уравнениям термодинамики! Даже в том “пожарном” мире, который может объединить общей программой пожарных исследований лучшие университеты и научно-исследовательские центры десятка самых передовых и наиболее технически развитых стран мира! Видимо, они хорошо помнят слова великого Пушкина, что “в одну телегу впрячь не можно коня и трепетную лань!” (а тем более “вола и трепетную лань”!) К нашей пожарной проблеме эта совокупность более подходит...).

Таким образом, неточные и недостоверные расчеты пожарного риска приносят гораздо больше вреда, чем полное их отсутствие. Поэтому методику расчета пожарных рисков [3], которая позволяет выполнять их с ошибкой 500–1000 %, следовало бы немедленно отменить и запретить ее применение!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008 г.; одобрен Сов. Федерацией 11.07.2008 г. // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. 1), ст. 3579.
2. Тимошин В. С. Пожарная безопасность — по закону или “по понятиям”? // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 6. — С. 13–17.
3. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : приказ МЧС России от 30.06.2009 г. № 382; введ. 30.06.2009 г.; зарег. в Минюсте РФ 06.08.2009 г., рег. № 14486 // Российская газета. — 2009. — № 161.
4. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. Об усовершенствовании “Технического регламента о требованиях пожарной безопасности” // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 3. — С. 9–17.
5. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. Еще раз о пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 6. — С. 9–12.
6. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. О статистике пожаров и о пожарных рисках // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 4. — С. 40–48.
7. Пожары и пожарная безопасность в 2008 г. : стат. сб. / Под общ. ред. Н. П. Копылова. — М. : ФГУ ВНИИПО, 2008. — 137 с.
8. Кошмаров Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. — М. : Академия ГПС МВД России, 2000. — 118 с.
9. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров / Пер. с англ. К. Г. Бомштейна. — М. : Стройиздат, 1990. — 423 с.

10. Абдурагимов И. М. Предельные явления в горении как научно-теоретическая основа пожаро-взрывобезопасности // Ж. Всесоюз. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева. — 1976. — № 21. — С. 363–371.
11. Абдурагимов И. М. Предельные явления в горении как научно-теоретическая основа пожаро-взрывобезопасности // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 11. — С. 18–26.
12. Кошмаров Ю. А., Зотов Ю. С., Андреев В. В., Пузач С. В. Прогнозирование опасных факторов пожара: лабораторный практикум. — М. : МИПБ МВД России, 1997. — 75 с.
13. Кошмаров Ю. А., Рубцов В. В. Процессы нарастания ОФП в производственных помещениях и расчет критической продолжительности пожаров. — М. : МИПБ МВД России, 1998. — 90 с.
14. Кошмаров Ю. А. Газообмен помещения при пожаре // Пожарная профилактика : сб. науч. тр. — Вып. 15. — М. : ВНИИПО МВД СССР, 1979. — С. 3–129.
15. Takeyoshi Tanaka. A mathematical model of a compartment fire un modele mathematique de l'incendie d'une piece. — Токио : Институт кинетики и горения, 1977.
16. Абдурагимов И. М., Говоров В. Ю., Макаров В. Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. — М. : ВИПТШ МВД СССР, 1980. — 255 с.
17. Исаева Л. К. Пожары и окружающая среда. — М. : Изд. дом “Калан”, 2001. — 222 с.
18. Пожары и пожарная безопасность в 2010 г. : стат. сб. / Под общ. ред. В. И. Климкина. — М. : ФГУ ВНИИПО, 2011. — 140 с.

Материал поступил в редакцию 12 марта 2013 г.

English

ONCE AGAIN ABOUT IMPOSSIBILITY TO PERFORM CALCULATIONS OF FIRE RISKS BY DETERMINISTIC METHODS

ABDURAGIMOV I. M., Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NSAFS, Colonel of Internal Service, Professor of Bauman Moscow State Technical University (Baumanskaya St., 5/1, Moscow, 105005, Russian Federation; e-mail address: niipx@yandex.ru)

ABSTRACT

Quantitative proofs of impossibility of calculation of fire risks by methods of mathematical description of parameters of inside fires of SCM (solid combustible materials) by FHF (fire hazard factors) numerical values are given. It is proved that basic parameters of dynamics of SCM inside fires (linear speed of spread, fire area, combustion rate of fire load, quantity and structure of combustion products of SCM inside fires, and other) are known to modern combustion science with the error not less than $\pm(150-300)\%$. Therefore calculation of numerical values of FHF and fire risk with error less than $\pm(500-1000)\%$ isn't possible in principle. Thereby full uselessness of Method of calculation of fire risk for assessment of adequacy of the level of fire safety of objects and necessity of immediate cancellation of the order on introduction of this method into practice of fire risks calculation is proved.

Keywords: fire; fire risk; fire hazard factors; dynamics of development of inside fires; mathematical methods of description.

REFERENCES

1. Technical Regulations on Fire Safety : Law of Russian Federation on 22.07.2008 No. 123. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).
2. Timoshin V. S. Pozharnaya bezopasnost — po zakonu ili “po ponyatiyam” [Fire safety — under the law or “by concepts”?]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 6, p. 13–17.
3. Technique of determination of settlement sizes of fire risk in buildings, constructions and structures of various classes of functional fire danger. Order of Emercom of Russia on 30.06.2009 No. 382. *Rossiyskaya gazeta — Russian Newspaper*, 2009, no. 161 (in Russian).

4. Brushlinskiy N. N., Sokolov S. V. Ob usovershenstvovanii "Tekhnicheskogo reglamenta o trebovaniyakh pozharoy bezopasnosti" [Improvement of "Technical Regulation on the Requirements of Fire Safety"]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 3, pp. 9–17.
5. Brushlinskiy N. N., Sokolov S. V. Yeshche raz o pozharoy bezopasnosti [Once again about fire safety]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 6, pp. 9–12.
6. Brushlinskiy N. N., Sokolov S. V. O statistike pozharov i o pozharnykh riskakh [About fire statistics and fire risks]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 4, pp. 40–48.
7. Kopylov N. P. (ed.) *Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2008 g. Statisticheskii sbornik* [Fires and fire safety in 2008. Statistical collection]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2008. 137 p.
8. Koshmarov Yu. A. *Prognozirovaniye opasnykh faktorov pozhara v pomeshchenii* [Forecasting of fire hazards in the case of indoor fire]. Moscow, State Fire Academy of Ministry of Interior of Russia Publ., 2000. 118 p.
9. Drayzdeyl D. *Vvedeniye v dinamiku pozharov* [Introduction to dynamics of fires]. Moscow, Stroyizdat, 1990. 423 p.
10. Abduragimov I. M. Predelnyye yavleniya v gorenii kak nauchno-teoreticheskaya osnova pozharovzryvbezopasnosti [The limiting phenomena in burning as scientific-theoretical basis of the fire-and-explosion safety]. *Zhurnal vsesoyuznogo khimicheskogo obshchestva im. D. I. Mendeleyeva — Journal of the All-Union Chemical Society named after D. I. Mendeleev*, 1976, no. 21, pp. 363–371.
11. Abduragimov I. M. Predelnyye yavleniya v gorenii kak nauchno-teoreticheskaya osnova pozharovzryvbezopasnosti [The limiting phenomena in burning as scientific-theoretical basis of the fire-and-explosion safety]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 11, pp. 18–26.
12. Koshmarov Yu. A., Zotov Yu. S., Andreyev V. V., Puzach S. V. *Prognozirovaniye opasnykh faktorov pozhara: laboratornyy praktikum* [Prognosing of Hazardous Factors of fire. Laboratory course]. Moscow, Moscow Institute of Fire Safety of Ministry of Interior of Russia Publ., 1997. 75 p.
13. Koshmarov Yu. A., Rubtsov V. V. *Protsessy narastaniya OFP v proizvodstvennykh pomeshcheniyakh i raschet kriticheskoy prodolzhitelnosti pozharov* [Processes of increase of FHF in industrial premises and calculation of critical duration of fires]. Moscow, Moscow Institute of Fire Safety of Ministry of Interior of Russia Publ., 1998. 90 p.
14. Koshmarov Yu. A. *Gazoobmen pomeshcheniya pri pozhare* [Gas exchange in premises in case of fire]. *Pozharnaya profilaktika: Sbornik nauchnykh trudov* [Fire prevention. Collection of scientific works]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Interior of USSR Publ., 1979, pp. 3–129.
15. Takeyoshi Tanaka. *A mathematical model of a compartment fire un modele mathematique de l'incendie d'une piece*. Tokyo, Institute of Kinetics and Combustion Publ., 1977.
16. Abduragimov I. M., Govorov V. Yu., Makarov V. Ye. *Fiziko-khimicheskiye osnovy razvitiya i tushe-niya pozharov* [Physical-chemical bases of development and suppression of fires]. Moscow, Higher Fire and Technical School of Ministry of the Interior of USSR Publ., 1980. 255 p.
17. Isayeva L. K. *Pozhary i okruzhayushchaya sreda* [Fires and the environment]. Moscow, Kalan Publ., 2001. 222 p.
18. Klimkin V. I. (ed.) *Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2010 g. Statisticheskii sbornik* [Fires and fire safety in 2010. Statistical collection]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2011. 140 p.