

О математическом моделировании термогазодинамической картины пожара и использовании априорного расчета его опасных факторов в судебной пожарно-технической экспертизе

И.С. Таубкин

Федеральное бюджетное учреждение Российский федеральный центр судебной экспертизы имени профессора А.Р. Шляхова при Министерстве юстиции Российской Федерации, Москва 109028, Россия

Аннотация. В статье приведены недостатки методики «риск анализа» при оценке пожарной опасности зданий и ее недопустимости в судебно-экспертной практике. Проанализирована возможность применения численного моделирования опасных факторов пожара при производстве судебной пожарно-технической экспертизы.

Ключевые слова: пожар, модель, моделирование, полевая модель, расчет, опасные факторы пожара, погрешность, верификация, эксперимент, риск, судебная экспертиза

Для цитирования: Таубкин И.С. О математическом моделировании термогазодинамической картины пожара и использовании априорного расчета его опасных факторов в судебной пожарно-технической экспертизе // Теория и практика судебной экспертизы. 2024. Т. 19. № 3. С. 58–68. <https://doi.org/10.30764/1819-2785-2024-3-58-68>

On the Mathematical Modeling of a Fire Thermogasodynamic Pattern and Using a Priory Calculation of Fire Hazard Factors in Forensic Fire Examination

Igor' S. Taubkin

Abstract. The article presents the disadvantages of the “risk analysis” methodology for fire safety assessment of buildings and its inadmissibility in forensic practice. The option of numerical modeling application for fire hazards evaluation in forensic fire-examination is analyzed.

Keywords: fire, model, modeling, field model, calculation, fire hazards, error, verification, experiment, risk, forensic examination

For citation: Taubkin I.S. On the Mathematical Modeling of a Fire Thermogasodynamic Pattern and Using a Priory Calculation of Fire Hazard Factors in Forensic Fire Examination. *Theory and Practice of Forensic Science*. 2024. Vol. 19. No. 3. P. 58–68. (In Russ.). <https://doi.org/10.30764/1819-2785-2024-3-58-68>

Введение

Современные процессы горения, протекающие со значительными скоростями при высоких температурах в многофазных системах, отличаются большой сложностью, что проявляется в значительном числе и многообразии параметров, определяющих течение этих процессов, в большом числе внутренних связей между ними, в их взаимном влиянии, причем изменение одного параметра вызывает нелинейное изменение других [1].

Для того чтобы пропустить информацию по весьма «тесным каналам восприятия»,

ограничивают количество возможностей, между которыми делается выбор [там же]. Это достигается познанием процесса через модели – такие системы, которые отражают отдельные, ограниченные в нужном направлении стороны явлений рассматриваемого процесса.

Анализ возможности применения численного моделирования термогазодинамической картины пожара

Модель (*model*) – логическое или математическое описание компонентов и функций, отображающих существенные свой-

ства моделируемого объекта или процесса (обычно рассматриваемых как системы или элементы системы). Она используется как условный образ, сконструированный для упрощения их исследования. Природа моделей может быть различной (общепризнанной единой классификации моделей в настоящее время не существует): материальные или вещественные модели (например, модель технологического аппарата); знаковые модели двух типов – графические (чертеж, схема) и математические (формула, описывающая энергию емкостного ряда); материально-идеальные («деловая игра»); словесное описание объекта (явления, процесса) можно также рассматривать как его модель [2].

При моделировании какого-либо явления «...потоки информации разбиваются на два этапа: на первом модель сравнивается с явлением и считается удовлетворительной, если расхождения не велики; на втором мы сравниваем наше ожидание с показанием модели. Этот процесс называется моделированием...» [1].

В кибернетике различают два вида моделирования: физическое и математическое [1]. Первый вид в других литературных источниках называют, что на наш взгляд, лучше отражает его существо, предметным, вещественным, материально-реализованным, а второй – логико-математическим моделированием [3, 4].

При выборе модели особое внимание необходимо уделять ее верификации (*model verification*), то есть проверке ее истинности, адекватности.

Адекватность модели (*adequacy of a model*) – соответствие модели моделируемому объекту или процессу. Адекватность – в какой-то мере условное понятие, так как полного соответствия модели реальному объекту быть не может, иначе это была бы не модель, а сам объект. При моделировании имеется в виду адекватность не вообще, а по тем свойствам модели, которые для исследования считаются существенными [2].

Математическое моделирование пожаров все более широко используется при решении различных задач пожарной безопасности на стадии проектирования объектов. Международная ассоциация пожарной науки (IAFSS) с 1985 года каждые три года организует симпозиумы по моделированию пожаров, что свидетельствует о повышенном интересе к определению их характеристик математическими методами.

Современные научные методы прогнозирования опасных факторов пожара (ОФП) основаны на математическом моделировании пожара. Математические модели пожара в помещении описывают в самом общем виде изменение параметров состояния среды с течением времени, а также ограждающих конструкций и различных элементов оборудования. Уравнения, из которых состоят математические модели пожара, базируются, как и все уравнения математической физики, на фундаментальных законах природы и отражают всю совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных процессов, присущих пожару: тепловыделение в результате горения, дымовыделение и изменение оптических свойств газовой среды, выделение и распространение токсичных газов, газообмен помещения с окружающей средой и со смежными помещениями, теплообмен и нагревание ограждающих конструкций и др. [5].

Они *позволяют* приближенно описать совокупность процессов, сопровождающих пожар. С учетом принимаемых допущений методика по моделированию пожара должна быть верифицирована физическим экспериментом, который с определенной погрешностью воспроизводит условия возникновения и развития моделируемого пожара.

Целью расчетов по математическим моделям тепломассообмена при пожаре является прогнозирование динамики изменения параметров газовой среды помещения (в первую очередь, прогрева ограждающих конструкций и теплового или иного воздействия ОФП на людей и материальную обстановку).

Результаты таких расчетов используют в пожарном деле для определения:

- термогазодинамической картины пожара;
- времени блокирования опасными факторами пожара путей эвакуации, расчетного времени эвакуации людей при разработке планов эвакуации и пожаротушения, анализе объемно-планировочных и конструктивных решений проектируемых, реконструируемых существующих зданий и сооружений;
- критической продолжительности пожара;
- фактических пределов огнестойкости строительных конструкций;
- толщин огнезащитных покрытий строительных конструкций;

– расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности [6];

– времени срабатывания тепловых, дымовых, концентрационных, радиационных и комбинированных детекторов систем пожарной безопасности при проектировании автоматических систем пожарной сигнализации, дымоудаления и автоматического пожаротушения.

Для описания термогазодинамических параметров пожара и определения времени блокирования путей эвакуации применяют три основные группы детерминистических моделей – интегральные, зонные (зональные) и полевые [5, 6].

Рассмотрим кратко существо этих моделей [6].

При интегральном (однозонном) методе моделирования пожаров состояние газовой среды оценивается через термодинамические параметры, усредненные по всему объему помещения. В связи с этим область применения этого метода ограничивается пожарами, в которых из-за интенсивного перемешивания газовой среды локальные значения параметров в любой точке внутри помещения близки к среднеобъемным. При проведении практических расчетов динамики пожара в жилом секторе достаточной достоверностью и информативностью обладают интегральные математические модели, позволяющие определить среднеобъемные значения параметров ОФП [7, 8]. В настоящее время существует большое количество программных продуктов, реализующих метод моделирования пожара в здании, для расчета параметров динамики опасных факторов пожара [9].

По мнению Д.В. Тарханова с соавторами [10], благодаря трехмерной визуализации процессов развития и тушения пожаров пользователь может наблюдать за развитием их опасных факторов в помещениях, что позволяет рассмотреть отдельные аспекты данного процесса и использовать полученную информацию при принятии решений. Эта модель наиболее проста в математическом отношении и представлена системой обыкновенных дифференциальных уравнений. Искомые функции выступают среднеобъемные параметры состояния среды, а независимым аргументом является время.

Основу зонной модели пожара составляет совокупность нескольких систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

Среднезонные параметры состояния среды в каждой зоне являются искомыми функциями, а независимым аргументом является время. В общем случае искомыми функциями являются также координаты, определяющие положение границ характерных зон. Эта модель основана на предположении формирования при пожаре в помещении двух слоев: верхнего слоя продуктов горения (задымленная зона) и нижнего слоя невозмущенного воздуха (свободная зона). Таким образом, состояние газовой среды в зональных моделях оценивается через усредненные термодинамические параметры не одной, а нескольких зон, причем межзонные границы обычно считаются подвижными.

Полевые модели, обозначаемые в зарубежной литературе аббревиатурой CFD (*computational fluid dynamics*), являются наиболее сложными в математическом отношении и представляют более мощный и универсальный инструмент, чем зональные. Они основаны на совершенно ином принципе: вместо одной или нескольких больших зон в полевых моделях выделяется большое количество маленьких контрольных объемов, которые называют конечными элементами. Они образуют расчетную сетку. В настоящее время сетки, необходимые для CFD-анализа, включают в себя сотни тысяч, и даже миллионы, конечных элементов.

Искомые функциями в полевых моделях являются локальные плотность и температура среды, скорость движения газа, концентрации компонентов газовой среды, оптическая плотность дыма (натуральный показатель ослабления света в дисперсной среде). Независимые аргументы – координаты X , Y , Z и время. При этом реализация методов прогнозирования динамики ОФП возможна лишь путем численного решения дифференциальных уравнений, присущих выбранной математической модели пожара, с помощью современных компьютеров (ЭВМ).

Основа для полевых моделей пожаров – уравнения, выражающие законы сохранения массы, импульса, энергии и масс компонентов в рассматриваемом малом контрольном объеме. Естественно, что такие модели, по сравнению с интегральными и зональными, требуют значительно больших вычислительных ресурсов.

Полевые модели широко используются при проектировании и реконструкции раз-

личных объектов, в том числе и весьма ответственных, таких как атомные станции. Так, в работе Д.И. Пуцева с соавторами [11] представлена информация о применении комплекса программного обеспечения с использованием трехмерной полевой модели динамики пожара для определения его параметров в зданиях и помещениях атомных станций. Для реализации этой модели во Всероссийском научно-исследовательском институте противопожарной обороны МЧС России (ВНИИПО) разработан комплекс программ Fire Dynamics.

Программное средство (ПС) предназначено для моделирования пожара на АЭС с целью получения локальных значений ОФП и оценки уровня их воздействия на оборудование и конструкции станции. Указанное ПС предполагается использовать для проектных или эксплуатационных расчетов, в том числе для обоснования безопасности объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) в документах, представляемых в надзорные органы РФ в рамках процедуры лицензирования ОИАЭ. По погрешности расчетов ПС не относится к классу реперных, а используется в качестве средства научных и инженерных расчетов.

Для верификации математической модели и программного кода во ВНИИПО были выполнены расчеты динамики пожара кабелей и сравнение их результатов с параметрами пожара, проведенного экспериментально на восьми кабельных трассах. Максимальное расхождение расчетных и экспериментальных данных (относительная погрешность) составило 22 %. Специалистами ВНИИПО были также проведены натурные эксперименты по горению горючей жидкости в машинном зале. Эксперимент проводился на действующей ТЭС в период планового ремонта. Задачей эксперимента являлось определение режима нарастания слоя продуктов горения в объеме зала и оценка характеристик (температура, видимость) в области продуктов горения. Очаг пожара представлял собой противень с керосином размером 4,5 × 1,5 м.

Сравнение экспериментальных и расчетных данных показало возможность использования модели и программного кода для моделирования пожара в помещениях больших объемов. Максимальное расхождение расчетных и экспериментальных данных (относительная погрешность) составило 16 %. Отчет о верификации программного средства Fire Dynamics разработан

в соответствии с требованиями РД 03-33-2008 «Инструкция об организации проведения экспертизы программных средств, применяемых при обосновании и (или) обеспечении безопасности объектов использования атомной энергии» и РД 03-34-2000 «Требования к составу и содержанию отчета о верификации и обосновании программных средств, применяемых для обоснования безопасности объектов использования атомной энергии». Отчет является основным документом, обосновывающим способность программного средства Fire Dynamics моделировать и рассчитывать параметры ОФП в зданиях, сооружениях, помещениях и промплощадках АЭС.

Утверждается также, что расчеты с использованием предложенной полевой модели позволяют обосновать достаточность огнестойкости строительных конструкций зданий и помещений различного назначения с учетом нераспространения пожара за пределы пожарной зоны в течение времени свободного выгорания всей пожарной нагрузки с допустимой для инженерных расчетов погрешностью.

Полагается¹, что погрешность расчета полевой модели, использованной для прогнозирования динамики пожара в Российском университете дружбы народов и реализованной с помощью программы SOFIE при наличии достоверных исходных данных, определяющих вид горючей нагрузки, местоположения и площади очага пожара, степени открытия оконных и дверных проемов, составляет около 30 %. При отсутствии достоверной информации о начальной стадии пожара погрешность указанной программы, по мнению ее авторов, существенно возрастает.

В работе [12] отмечался ряд проблемных мест численного моделирования развития пожара. Среди них крайне важный вопрос, связанный с использованием базы данных горючей нагрузки для эмпирической модели распространения фронта пламени и выхода продуктов горения, описанной в «Методике» [5].

Необходимо особо отметить, что условием эффективного применения расчетных методов является необходимая квалификация специалиста, выполняющего расчеты. Он должен быть способен поставить задачу, создать расчетную область, выбрать

¹ Заключение судебной пожарно-технической экспертизы по факту пожара в РУДН. М.: ВНИИСЭ, ВНИИПО, ИПЛ г. Москвы, НИИЖБ. 2004.

параметры математической модели, задать граничные и начальные условия, интерпретировать полученные результаты моделирования. Замыкают цепочку представители проверяющих организаций (либо специалисты органов государственного пожарного надзора, сотрудники государственной и негосударственной экспертиз проектной документации, строительного надзора, судебные эксперты), которые должны оценить расчеты и выводы с правовой и содержательной сторон. Это предъявляет к ним определенные требования в понимании применения численного моделирования [12].

На основании вышеизложенного можно сделать следующий вывод.

При адекватности результатов численного моделирования параметрам пожара, воспроизводимого для верификации его принятой модели, она используется с учетом величины ее относительной погрешности. Значение последней определяет пользователь программы с учетом важности объекта, в котором моделируется пожар. Погрешность, как известно, это величина, характеризующая степень близости точных и приближенных значений рассматриваемых величин [13].

Следует еще раз особо отметить, что вышеуказанные программы будут полезными при исследовании динамики пожаров в процессе проектирования объекта только при наличии четких исходных данных для расчета. В противном случае, как любил повторять академик А.Н. Крылов фразу геолога Гексли: «Математика, подобно жернову, перемалывает то, что под него засыпают, и как, засыпав лебеду, вы не получите пшеничной муки, так, исписав целые страницы формулами, вы не получите истины из ложных предпосылок» [14].

По утверждению автора работы [7], современные методы прогнозирования ОФП не только позволяют «заглядывать в будущее», но и дают возможность снова «...увидеть то, что уже когда-то и где-то произошло». Другими словами, теория прогнозирования позволяет воспроизвести (восстановить) картину (ретроспективу) развития реально произошедшего пожара, то есть «увидеть» прошлое. Это необходимо, например, при пожарно-технической экспертизе пожара.

Однако использование существующих программных продуктов, реализующих различные методы моделирования пожара в

здании, пока имеет серьезное ограничение при производстве судебных пожарно-технических экспертиз (СПТЭ).

Целью расчетов в СПТЭ по математическим моделям теплообмена при пожаре в основном является прогнозирование динамики изменения его параметров теплового воздействия на материальную обстановку.

Существо алгоритма использования этих параметров для установления, к примеру наиболее вероятного места первоначального возникновения горения (очага пожара), состоит в последовательном моделировании сценариев пожара с расположением его предполагаемого очага в различных частях объекта. Далее результаты моделирования сравнивают со степенью термических повреждений материальной обстановки сгоревшего объекта, полученных в результате осмотра места происшествия и показаний свидетелей пожара, то есть производится экспертный анализ его возможных сценариев. Тот сценарий, в результате моделирования которого расчетные значения температур и длительности их существования в различных объемах здания приведут к термическим повреждениям его материальной обстановки, сопоставимым с реальными, и будет содержать информацию о вероятном расположении очага.

Так, в работе Т.П. Сысоева с соавторами [15] показано применение компьютерного моделирования динамики распространения пожара для установления расположения его очага по вышеуказанному сценарию, которое было реализовано с использованием специализированного компьютерного кода FDS ver.5 в оболочке PyroSim. Данная программа была разработана Национальным институтом стандартов и технологий США (NIST). Основываясь на показаниях очевидцев пожара, в частности на данных о последовательном разрушении остекления, эксперты пришли к выводу, что результаты моделирования распространения пожара в сценарии № X наиболее приближены к описанию хронологии событий произошедшего пожара, имеющемуся в материалах дела. Необходимо отметить, что время разрушения остекления дома при пожаре зависит от ряда факторов – от толщины и размера стекла, способа его заделки, длительности эксплуатации. В указанной работе эти данные и погрешность оценки месторасположения очага пожара не сообщаются.

Для решения задач, представляющих интерес для СПТЭ, используют и другие подходы к использованию численного моделирования пожара в здании.

В работе «Время обнаружения очага пожара» [16] проведена оценка времени обнаружения пожара, как промежутка времени от начала пожара до его обнаружения средствами пожарной автоматики (до достижения пороговых значений пожарных извещателей) с применением современных программных комплексов, используемых для моделирования динамики пожара. Однако погрешность вышеуказанных расчетов в работе также не указана.

Следует отметить, что проектировщики при моделировании пожара в проектируемом здании сами задают его сценарий, владея всеми исходными для этого данными. В то же время перед судебными экспертами, проводящими исследование причин пожара, его распространения и последствий, стоит задача восстановления его сценария. При этом они не располагают многими данными, которые осмотром места пожара и свидетельскими показаниями восстановить не всегда удастся. К их числу следует отнести: месторасположение очага пожара; природу, характер и место расположения горючей нагрузки; возможности и условия ее самовозгорания; природу и характеристики источника зажигания; работоспособность и эффективность общеобменной вентиляции, системы газодымоудаления, пожарной автоматики и системы автоматического пожаротушения; внутреннего пожарного водопровода; положение окон, дверей и многое другое.

В связи с этим результаты численного моделирования параметров пожаров по верифицированным методикам могут использоваться в СПТЭ лишь как ориентир в выдвижении и обсуждении (в предварительном, приблизительном варианте) версий о месторасположении очага пожара, его технической причине и последствиях. Однако, не могут рассматриваться как доказательство того или иного факта или как вероятный вывод в СПТЭ, так как с учетом многообразия сценариев пожара и весьма приближенного описания его динамики при моделировании, их относительную погрешность точно вычислить не представляется возможным.

Как известно, вероятный вывод эксперта в судебной экспертизе представляет собой обоснованное предположение (гипотезу)

об установленном факте. Обычно вероятные выводы отражают неполную внутреннюю психологическую убежденность в достоверности аргументов, среднестатистическую доказанность факта, невозможность достижения полного знания; они допускают возможность существования факта, но и не исключают абсолютно другого (противоположного) [17].

Об использовании априорного расчета опасных факторов пожара

Как известно, для определения необходимого времени эвакуации людей из помещения необходимо знать динамику ОФП в зоне их пребывания и предельно допустимые для человека значения каждого из них [5].

В России оценка пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков проводится с применением численного моделирования согласно «Методике определения расчетных величин пожарного риска» (далее – Методика) [5].

Определение расчетных величин пожарного риска осуществляется на основании: а) анализа пожарной опасности зданий; б) определения частоты возникновения пожара (частоты реализации пожароопасных ситуаций); в) построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития; г) оценки последствий воздействия ОФП на людей для различных сценариев его развития; д) учета состава системы обеспечения пожарной безопасности зданий. Определение расчетной величины пожарного риска заключается в расчете индивидуального пожарного риска для людей, находящихся в здании. Численным выражением индивидуального пожарного риска является частота ОФП на человека, находящегося в здании.

Основные расчетные действия, предписанные Методикой [5] и связанные с применением численного моделирования, это – определение времени блокирования путей эвакуации ОФП (достигается за счет моделирования развития пожара) и времени эвакуации людей из отдельных частей здания и здания в целом (достигается путем моделирования эвакуации) [12].

Согласно Методике, критические времена по каждому из ОФП должны быть определены для различных сценариев его развития.

Формулировка сценария развития пожара в соответствии с Методикой включает в

себя следующие этапы: выбор места нахождения первоначального очага пожара и закономерностей его развития; задание расчетной области (выбор рассматриваемой при расчете системы помещений, определение учитываемых при расчете элементов внутренней структуры помещений, задание состояния проемов); задание параметров окружающей среды и начальных значений параметров внутри помещений. Он определяется на основе данных об объемно-планировочных решениях здания, о размещении и характере горючей нагрузки, а также месте нахождения людей в здании.

Выбор места нахождения очага пожара производится экспертным путем. При этом учитывается количество горючей нагрузки, ее свойства и расположение, вероятность возникновения пожара, возможная динамика его развития, расположение эвакуационных путей и выходов.

Наиболее часто при расчетах рассматриваются два основных вида развития пожара: круговое и линейное распространение пожара по твердой горючей нагрузке.

В Методике отмечается, что для получения исходных данных, необходимых для проведения расчетов, предусмотренных этим документом, следует использовать нормативные документы, проектную и иную документацию здания, а также научные статьи, монографии, справочники, методические рекомендации, учебники, пособия, материалы конференций, диссертации, авторефераты диссертаций, отчеты о научно-исследовательских работах, отчеты об опытно-конструкторских работах (далее – справочные источники информации).

Свойства горючей нагрузки в помещении очага пожара следует принимать по данным, указанным в приложении № 9 к Методике.

Так, согласно этому приложению, значения показателей пожарной опасности типовой горючей нагрузки в жилых помещениях гостиниц и общежитиях (п. 9.1 таблицы) составляют:

- низшая теплота сгорания, МДж/кг – 13,800;
- дымообразующая способность, Нп м²/кг – 270;
- удельная массовая скорость выгорания, кг/(м²·с) – 0,0145;
- линейная скорость распространения пламени, м/с – 0,0045;
- удельный расход кислорода, кг/кг – 1,0300.

В свою очередь выделение продуктов горения составляет:

- CO₂, кг/кг – 0,20300;
- CO, кг/кг – 0,0022;
- HCl, кг/кг – 0,01400.

Допускается использование данных экспериментальных исследований, а также данных из справочных источников, при этом данные о свойствах горючей нагрузки (за исключением потребления кислорода) должны быть не менее приведенных в п. 9.1 приложения № 9 к Методике [5].

В связи с этим целесообразно отметить следующее.

При использовании показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов из справочников и других литературных источников следует помнить, что многие из этих показателей (минимальная энергия зажигания, пределы воспламенения, температура самовоспламенения, флегматизирующие концентрации) не являются физическими константами и существенно зависят от методики их определения [18–20].

В существующих в настоящее время отечественных справочниках по пожаровзрывоопасным свойствам веществ и материалов, применяемых и получаемых в химических технологиях, приведены также значения их показателей, определенных по иностранным методикам.

Так, в справочнике [21] из 599 литературных ссылок имеется 227 ссылок на работы зарубежных авторов (из США, Германии, Франции, Японии и других стран), то есть ~38 % представленных данных получены по методикам, которые отличаются от отечественных. При этом пользователи справочников не всегда имеют возможность ознакомиться с указанными работами, чтобы представить себе эти отличия, а справочник такие сведения не предоставляет. Известны также характеристики надежности получения показателей, указанных в этих работах. Кроме того, при указании показателей одного и того же вещества в справочниках приведены ссылки на работы как отечественных, так и зарубежных авторов. Например, в справочнике [22] показатели серы приведены по данным четырех отечественных и шести зарубежных источников. Какие показатели взяты из того или иного источника, неизвестно.

Эксперты, используя справочные данные о пожаровзрывоопасных свойствах веществ и материалов должны четко представлять условия (химический состав, при-

роду и энергетические характеристики использованного источника зажигания, положение образца по отношению к пламени, создаваемого искусственно в условиях испытаний и др.) их получения. В том случае, когда эти условия существенно отличаются от предполагаемых условий на месте пожара, эксперты должны четко представлять правомерность такого использования.

Необходимо отметить, что справочные данные имеют ряд особенностей. Так, известно, что для определения одной только температуры самовоспламенения в литературе описано свыше 25 методов, а для пределов воспламенения – свыше 50 [18]. Значения показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов, получаемых различными методами, иногда настолько сильно расходятся между собой, что их использование, в том числе и для сравнения их пожарной опасности, на практике становится невозможным.

Если предполагаемые экспертом условия инициирования (природа источника зажигания, его энергетических характеристик и др.) веществ и материалов на объекте, где произошел пожар, существенно отличаются от стандартных условий изучения их пожаровзрывоопасных свойств, то для их определения необходим специальный эксперимент. Следует еще раз подчеркнуть, что восприятие экспертами приведенных в литературе показателей пожаровзрывоопасных свойств веществ и материалов как констант, независимых от условий их получения, приводит к принятию ошибочных решений [18–20]. В связи с этим грамотное использование этих показателей при анализе причин пожаров возможно только при условии четкого представления о методике (объеме, форме и материале сосуда, в котором производится определение показателей; природе и мощности использованного источника зажигания; способе создания взрывоопасной смеси оптимальной концентрации и др.) их исследования.

Вместе с тем, в работе [22] были приведены объективные и весомые доказательства принципиальной невозможности априорного расчета опасных факторов внутреннего пожара и их достоверной количественной оценки во времени и в пространстве с учетом динамики его развития в рамках современных методов термодинамики и внутренней газодинамики продуктов сгорания в помещении пожара и тем более за его пределами. Рассмотрим некоторые

доводы, который автор приводит в качестве доказательства этого утверждения:

1. При расчетах параметров пожара предполагают круговую форму распространения пожара и принимают еще ряд не всегда оправданных, не всегда очевидных и адекватных реальным условиям на объекте пожара упрощений и допущений:

- горючая нагрузка (ее вид, материал, состав, геометрические размеры и пр.) однородна;
- размещена она преимущественно по полу, и притом равномерно;
- скорость распространения пожара одинакова во всех направлениях и т. д.

После всех этих допущений и упрощений площадь пожара весьма условно рассчитывается по формуле площади круга:

$$Fn = \pi R^2;$$

$$Fn = kv^2 t^2.$$

Кроме всего прочего, значения скорости линейного распространения пожара для неопределенно ранжированных объектов пожара, как правило, даются с разбросом в 1,5–2 и даже в 3 раза!

Поскольку в формулу площади пожара эта величина входит в квадрате, то произвольный разброс значений главного параметра пожара – его площади Fn будет уже в 2, 3, 4 и даже в 9–10 раз!!!

Таким образом, главный расчетный параметр – площадь пожара, от которого зависит температура, интенсивность излучения зоны горения, и, главное, интенсивность и плотность дымообразования в помещении и путях эвакуации для одного и того же объекта в сходственные моменты времени, может различаться в 3–5 и даже в 10 раз [22]. И если такой уровень точности (достоверности) расчета площади пожара, хотя и очень условно, может использоваться при решении пожарно-тактических задач, в которых ошибка $\pm (50–100) \%$ считается допустимой, приемлемой, то при расчете пожарного риска через значения ОФП она совершенно недопустима [22].

2. Одной из причин, 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 твердых горючих материалов (далее – 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 горящей поверхности ТГМ, особенно концентрации кислорода, CO_2 , H_2O и других газовых составляющих в зоне горения; интенсивность теплового потока (лучистого и конвективного) к поверхности горящего ТГМ (кВт/м^2); текущее значение температуры (не «температуры пожара», потому что это совершенно безграмотный показатель как «средняя температура больных» в палате на десять человек, а истинной температуры в зоне протекания пиролиза и химических реакций горения данного ТГМ в данный момент времени).

3. Горение представляет собой сугубо объемный процесс (особенно диффузионное горение на пожаре). Поэтому интерпретация его или подмена площадью пожара является грубым искажением его сложной физической картины, 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.

Заключение

С учетом замечаний к Методике [5], изложенных в работах [15, 22], результаты расчета степени риска (риск-анализа), погрешность которых достаточно велика даже в верифицированных методиках, недопустимо использовать в СПТЭ как доказательство соответствия или не соответствия здания и его оборудования требованиям Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ и, как следствие, привлечение их проектировщиков, строителей и эксплуатантов в качестве обвиняемых по ст. 219 и 238 УК РФ [23].

Анализ негативного влияния «риск-ориентированного подхода» на системные основы организации работы Госпожнадзора и, как следствие, обеспечение пожарной безопасности объектов страны, обстоятельно изложен в работе [24].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. М.: Химия, 1968. 379 с.
2. Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь. Словарь современной экономической науки / Под ред. Г.Б. Клейнера. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Дело, 2003. 519 с.
3. Лузгин И.М. Моделирование при расследовании преступлений. М.: Юридическая литература, 1981. 152 с.
4. Чавчанидзе В.В., Гельман О.Я. Моделирование в науке и технике. М.: Знание, 1966. 32 с.
5. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности. Утв. приказом МЧС России от 14 ноября 2022 г. № 1140.
6. Пузач С.В., Андреев В.В., Лебедченко О.С. и др. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учеб.-метод. пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. 72 с.
7. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учеб. пособие. М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 118 с.
8. Астапенко В.М., Кошмаров Ю.А., Молчадский И.С., Шевляков А.Н. Термогазодинамика пожаров в помещениях / Под ред. Ю.А. Кошмарова. М.: Стройиздат, 1988. 448 с.

REFERENCES

1. Kafarov V.V. *Cybernetic Methods in Chemistry and Chemical Engineering*. Moscow: Khimiya, 1968. 379 p. (In Russ.).
2. Lopatnikov L.I. *Economic and Mathematics Dictionary. Dictionary of Modern Economics*. 5th ed. Moscow: Delo, 2003. 520 p. (In Russ.).
3. Luzgin I.M. *Modeling in Crime Investigation*. Moscow: Yuridicheskaya literatura, 1981. 152 p. (In Russ.).
4. Chavchanidze V.V., Gel'man O.Ya. *Modeling in Science and Engineering*. Moscow: Znanie, 1966. 32 p. (In Russ.).
5. *Methods of Assessment of Fire Safety Calculated Values in Buildings, Structures and Fire Compartments of Various Classes of Functional Fire Hazard. Approved by the Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia Dated November 14, 2022. No. 1140.* (In Russ.).
6. Puzach S.V., Andreev V.V., Lebedchenko O.S. et al. *Forecasting of Indoor Fire Hazard Factors: Study Guide*. Moscow: Akademiya GPS MChS Rossii, 2016. 72 p. (In Russ.).
7. Koshmarov Yu.A. *Forecasting of Indoor Fire Hazard Factors: Study Guide*. Moscow: Akademiya GPS MVD Rossii, 2000. 118 p. (In Russ.).
8. Astapenko V.M., Koshmarov Yu.A., Molchadskii I.S., Shevlyakov A.N. *Indoor Fire Thermogasodynamics / Yu.A. Koshmarov (ed.)*. Moscow: Stroizdat, 1988. 448 p. (In Russ.).

9. Федосов С.В., Ибрагимов А.М., Соловьев Р.А., Мурзин Н.В., Тараканов Д.В., Лапшин С.С. Математическая модель развития пожара в системе помещений // Вестник МГСУ. 2013. № 4. С. 121–128.
10. Тараканов Д.В., Варламов Е.С., Ильменов М.В. Компьютерное моделирование процессов развития и тушения пожаров в зданиях // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». 2014. № 5 (57).
11. Пуцев Д.И., Кривцов Ю.В., Грошев Ю.М., Лобанова Н.А. Оценка возможности применения полевого моделирования пожара для проведения расчетов пожаров в зданиях и помещениях // Вестник НИЦ «Строительство». 2023. Т. 37. № 2. С. 37–70. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-2\(37\)-37-70](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-2(37)-37-70)
12. Литвинцев К.Ю., Кирик Е.С., Ягодка Е.А. Проблемы применения численного моделирования при определении расчетных величин пожарного риска // Вычислительные технологии. 2019. Т. 24. № 4. С. 56–69. <https://doi.org/10.25743/ICT.2019.24.4.005>
13. Зотов В.В., Маслов Ю.Н., Пядочкин и др. Терминологический словарь по автоматике, информатике и вычислительной технике. М.: Высш. шк. 1989. 191 с.
14. Крылов А.Н. Мои воспоминания. СПб.: Политехника, 2003. 510 с.
15. Сысоева Т.П., Лобова С.Ф., Кухарев А.А. Применение компьютерного моделирования динамики распространения пожара для установления месторасположения очага пожара // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2019. № 3. С. 121–131.
16. Калмыков С.П., Есин В.М. Время обнаружения очага пожара // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 11. С. 53–62. <https://doi.org/10.18322/PVB.2017.26.11.52-63>
17. Корухов Ю.Г. Словарь основных терминов судебных экспертиз. М.: ИПК РФЦСЭ, 2007. 114 с.
18. Монахов В.Т. Методы исследования пожарной опасности веществ. М.: Химия, 1972. 414 с.
19. Таубкин И.С. Судебная экспертиза техногенных взрывов. Монография. М.: Юрлитинформ, 2009. 592 с.
20. Таубкин И.С. Поджог. Мотивы, признаки, способы и средства: методические рекомендации для экспертов и следователей. М.: ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России, 2017. 324 с.
21. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник: в 2 кн. / Под ред. А.Н. Баратова, А.Я. Корольченко. М.: Химия, 1990.
22. Абдурагимов И.М. Еще раз о принципиальной невозможности выполнения расчетов пожарных рисков детерминированными методами // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22. № 6. С. 13–23.
23. Таубкин И.С. О пожарной опасности зданий повышенной этажности и высотных зданий // Fedosov S.V., Ibragimov A.M., Solov'ev R.A., Murzin N.V., Tarakanov D.V., Lapshin S.S. Mathematical Model of Fire Escalation in Adjacent Rooms. *Vestnik MGSU*. 2013. No. 4. P. 121–128. (In Russ.).
10. Tarakanov D.V., Varlamov E.S., Ilemenov M.V. Computer Simulation of Development and Fighting Fires in Buildings. *The Online Magazine "Technosphere Safety Technologies"*. 2014. No. 5 (57). (In Russ.).
11. Putsev D.I., Krivtsov Yu.V., Groshev Yu.M., Lobanova N.A. Evaluating Feasibility of Field Modeling of Fire to Calculate Fire Characteristics in Buildings and Premises. *Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2023. Vol. 37. No. 2. P. 37–70. (In Russ.). [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-2\(37\)-37-70](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-2(37)-37-70)
12. Litvintsev K.Yu., Kirik E.S., Yagodka E.S. Problems of Application of Numerical Simulations for Fire Risks Assessment. *Computational Technologies*. 2019. Vol. 24. No. 4. P. 56–69. (In Russ.). <https://doi.org/10.25743/ICT.2019.24.4.005>
13. Zotov V.V., Maslov Yu.N., Pyadochkin et al. *Terminological Dictionary on Automation, Computer Science and Engineering*. Moscow: Vyssh. shk. 1989. 191 p. (In Russ.).
14. Krylov A.N. *My Memoirs*. Saint Petersburg: Politekhnik, 2003. 510 p. (In Russ.).
15. Sysoeva T.P., Lobova S.F., Kukharev A.A. Application of Computer Modeling of the Dynamics of Fire Spread to Establish the Location of the Initial Point of Combustion. *Bulletin of St. Petersburg University of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia*. 2019. No. 3. P. 121–131 (In Russ.).
16. Kalmykov S.P., Esin V.M. Fire Detection Time. *Fire and Explosion Safety*. 2017. Vol. 26. No. 11. P. 53–62. (In Russ.). <https://doi.org/10.18322/PVB.2017.26.11.52-63>
17. Korukhov Yu.G. *Dictionary of Basic Terms of Forensic Examinations*. Moscow: IPK RFTsSE, 2007. 114 p. (In Russ.).
18. Monakhov V.T. *Methods of Fire Hazards Examination of Substances*. Moscow: Khimiya, 1972. 414 p. (In Russ.).
19. Taubkin I.S. *Forensic Examination of Man-Made Explosions. Monograph*. Moscow: Yurilitinform, 2009. 592 p. (In Russ.).
20. Taubkin I.S. *Arson. Motives, Indications, Ways and Means: Methodological Recommendations for Experts and Investigators*. Moscow: RFCFS, 2017. 324 p. (In Russ.).
21. *Risks of Fire and Explosion of Substances and Materials and Means of Extinguishing Them: in 2 Books / A.N. Baratov, A.Ya. Korol'chenko (eds.)*. Moscow: Khimiya, 1990. (In Russ.).
22. Abduragimov I.M. Once Again about Impossibility to Perform Calculations of Fire Risks by Deterministic Methods. *Fire and Explosion Safety*. 2013. Vol. 22. No. 6. P. 13–23. (In Russ.).
23. Taubkin I.S. On the Fire Hazard of High-Rise Buildings and Skyscrapers. *Theory and Practice*

- Теория и практика судебной экспертизы. 2024. Т. 19. № 2. С. 64–75.
<https://doi.org/10.30764/1819-2785-2024-2-64-75>
24. Князев П.Ю., Савельев Л.Н. Презумпция виновности или «Горящая Россия-2» // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 6. С. 70–78.
- of Forensic Science*. 2024. Vol. 19. No. 2. P. 64–75. (In Russ.).
<https://doi.org/10.30764/1819-2785-2024-2-64-75>
24. Knyazev P.Yu., Savelyev L.N. Presumption of Innocence or “Russia in Fire-2”. *Fire and Explosion Safety*. 2017. Vol. 26. No. 6. P. 70–78. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Тaubкин Игорь Соломонович – к. т. н., почетный сотрудник Министерства юстиции Российской Федерации, почетный член совета ветеранов Следственного комитета Российской Федерации, академик Национальной академии наук пожарной безопасности; e-mail: igor-tau@mail.ru

ABOUT THE AUTHOR

Taubkin Igor’ Solomonovich – Candidate of Engineering, Honorary Employee of the Ministry of Justice of the Russian Federation, Honorary Member of the Council of Veterans of the Investigative Committee of the Russian Federation; Academician of the National Academy of Fire Safety Sciences; e-mail: igor-tau@mail.ru

Статья поступила: 02.06.2024

После доработки: 20.07.2024

Принята к печати: 27.08.2024

Received: June 02, 2024

Revised: July 20, 2024

Accepted: August 27, 2024