

УДК 614.841.13.002.2.

## К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ ДОПОЛНЕНИЯ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ДЫМООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Ипатьев А.В., к.т.н., Сербин В.А.

*Анализируются нормативные документы, содержащие требования к дымообразующей способности веществ и материалов, методы контроля дымообразования и тенденции развития науки в данном направлении. Обосновывается необходимость научных исследований, позволяющих контролировать показатель дымообразования веществ и материалов с учетом такого опасного фактора дымообразования, как поражение системы дыхания человека частицами дыма (ингаляционное поражение).*

Дым является одним из основных опасных факторов пожара, воздействующих на жизнь и здоровье людей, материальные ценности. Поэтому контроль за дымообразующей способностью веществ и материалов, используемых в строительстве и в быту, считается одной из основных задач области обеспечения пожарной безопасности и предусмотрен национальными стандартами различных стран.

В настоящее время по действующему на территории Республики Беларусь СНБ 2.02.01-98\* «Пожарно-техническая классификация зданий, строительных конструкций и материалов» [1] одной из основных характеристик пожарной опасности веществ и материалов, применяемых в строительстве, является дымообразующая способность, определяемая по п.4.18. ГОСТ 12.1.044-89 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность веществ определения и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» [2].

В действующем в Российской Федерации СНиП 21-01-97 "Пожарная безопасность зданий и сооружений" [3] дымообразующая способность, определяемая по пункту 4.18. ГОСТ 12.1.044-89, также является одним из основных параметров пожарной опасности материалов, применяемых в строительстве.

В строительных нормах различных стран дымообразующей способности материалов, применяемых при строительстве зданий и сооружений с массовым пребыванием людей, также уделяется достаточно много внимания. Так, согласно действующему в Канаде «Национальному кодексу строительства», к числу мер безопасности в случае пожара в высотных зданиях относится ограничение показателя дымообразования материалов, используемых «для внутренней отделки в некоторых зонах» [4]. То есть в

этом кодексе одним из основных опасных факторов пожара считается дымообразующая способность материалов. В таблице 3.2.6.А Национального кодекса строительства Канады приведены конкретные допустимые значения дымообразующей способности материалов, применяемых для «внутренних отделочных работ покрытий стен, перегородок», подвесных потолков, полов в комнатах или других пространствах, включая в себя «технические пространства и кабины лифта», а в таблицах 3.1.А и 3.1.В приведены значения «показателей выделения дыма для материалов для внутренней отделки стен и потолков, как покрытых огнезащитным слоем, так и без него» и значения «показателей выделения дыма для покрытий для пола, как покрытых огнезащитным слоем, так и без него» [4]. Из приведенных данных видно, что в Национальном строительном кодексе Канады указаны конкретные значения показателя дымообразования для каждого типа строительных отделочных материалов в зависимости от их применения при отделке различных элементов помещений. Это значит, что в Канаде - одной из наиболее благополучных и развитых стран мира - контроль за дымообразующей способностью не только предусмотрен, но является одним из приоритетных направлений в области пожарной безопасности.

В последнее время в странах Европейского союза разработана новая система классификации «Европейская классификация» параметров пожарной опасности строительных материалов, которая должна вступить в силу к 2005г [5]. Новая европейская система классификации предусматривает использование 4-х огневых испытаний в соответствии с ISO 9705 «Испытание в углу помещения», по результатам которых материал относят к одному из семи классов: А1, А2, В, С, D, Е, F. Так, класс А1 включает негорючие вещества, а класс Е - горючие материалы. Данная классификация, принята в Великобритании и рекомендована Европейским комитетом по стандартизации ISO для стран Европейского сообщества. Огневые испытания по ISO 9705 моделируют ситуацию возникновения явления общей вспышки, вызывающего быстрое неконтролируемое распространение огня. Возникновение общей вспышки относится к классам С, D и Е новой Европейской классификации. Кроме того, новая классификация включает в качестве дополнительных параметров пожарной опасности измерение дыма (определение дымообразующей способности) и частиц сгорания (склонности материалов к образованию определенного количества частиц дыма).

Включение дополнительного параметра пожарной опасности строительных материалов в Европейскую классификацию связано с тем, что целым рядом научных исследований причин гибели и ухудшения здоровья людей на пожарах, проводимых в 1997-2002гг. [6-11], было установлено негативное воздействие раскаленных частиц дыма на систему дыхания че-

ловека, а также сформулирован новый опасный фактор дыма – «ингаляционное поражение» [6].

Требования нормативных документов вырабатываются на основе данных экспериментальных исследований, поэтому эффективная оценка параметров пожарной опасности веществ и материалов невозможна без соответствующих экспериментальных методик их определения. Остановимся на них подробнее.

Над созданием экспериментальных методов определения показателя дымообразования в разное время работал большой круг специалистов из разных стран, таких как: Д. Разбаш (Великобритания), Д. Драздейл (США), В.И. Дутов, В.А. Воробьев, Р.А. Андрианов, В.А. Ушков (СССР), П. Эдгерли (Канада), К. Петтет (ФРГ) и пр. В результате многолетней работы были выработаны общемировые подходы к решению данной проблемы. За основу показателя дымообразования был выбран оптический параметр. Это продиктовано тем, что при исследовании видимости на пожаре большую роль играет выявление предельно допустимого значения видимости в дыму, такой величины, до достижения которой еще возможна эвакуация людей при пожаре в здании. Установив пределы видимости в дыму, можно установить требования к конструктивному решению зданий, а также составу и количеству применяемых для отделки помещений материалов. Именно с этой позиции исходили разработчики стандартов в 70-80 годы прошлого столетия [12]. Поэтому для измерения количественного показателя дымообразующей способности веществ и материалов  $D_m$  был выработан стандартный показатель, «коэффициент дымообразования»  $K_d$  [13], характеризующий оптическую плотность дыма, образующегося при пламенном горении или термоокислительной деструкции (тлении) определенной массы твердого вещества в условиях специальных испытаний. Саму оптическую плотность дыма  $Q$  рассчитывали в соответствии с законом Ламберта–Бера по формуле:

$$Q = \lg I_0 / I = \delta_u L / 2,303 \quad (1)$$

где:

$I_0$  - интенсивность светового потока, падающего на фотоприемник в чистой среде, принимаемая за 100%;

$I$  - интенсивность светового потока, прошедшего через дым, %;

$L$  - база фотометра, м;

$\delta_u$  - интегральный коэффициент ослабления светового потока,  $m^{-1}$ ;

$$\delta_u = (1/L) \ln I_0 / I \quad (2)$$

Данные положения легли в основу национальных стандартов различных стран, предусматривающих контроль за дымообразующей способностью веществ и материалов.

Так, в США действует стандарт NFPA 263 "Метод определения скорости выделения тепла и дыма при горении твердых материалов и изделий", по которому дымообразующую способность принято оценивать оптическими методами, используя дымовые камеры XP-2 (ASTM D-2813). Данный стандарт описывает метод экспериментального определения скорости выделения тепла и дымообразующих веществ твердых материалов в лабораторных условиях. Испытания по NFPA 263 проводят в проточном воздушном калориметре, снабженном вытяжной трубой и радиационной панелью в виде четырех стержней карбида кремния, обеспечивающем интенсивность облучения испытуемого образца от 0 до 100 кВт/м<sup>2</sup>, системой измерения оптической плотности продуктов горения, системой измерения разности температур входящего воздуха и отходящих газов, пилотной горелкой для зажигания образца и двумя держателями образца: вертикальным и горизонтальным. В стандарте NFPA 263 также описана калибровка прибора, процесс подготовки образцов, процедура обработки экспериментальных данных и оформления документов по испытаниям [14].

В Австралии действует стандарт AS 1530, согласно которому вертикальный образец размерами 300х300 мм подвергается воздействию «тепловой радиации» (теплого потока) и открытого пламени в зависимости от режима испытаний. При проведении испытаний регистрируется время от начала опыта до возгорания и изменение пропускания света через продукты горения, отводимые от горящего образца в вытяжную трубу. Показателем дымообразования считается оптическая плотность дыма, определяемая с помощью монохроматического лазера [15].

В странах Европейского союза действует стандарт ISO/TR 5924 «Испытания огневые. Реакция на огонь. Дымообразование при горении строительных изделий. Метод двухкамерной установки». Испытательная установка по ISO/TR 5924 состоит из двух камер (измерительной и огневой), источника и приемника света, электронагревательной панели и горелки. Сущность метода состоит в определении плотности дыма (задымляемости) – отношению светового потока, падающего на дым к световому потоку, прошедшему через дым в контрольных условиях [16].

Некоторые европейские страны, признавая первенство ISO/TR 5924 пользуются для определения дымообразования национальными стандартами в целом соответствующими ISO. Так, в Австрии действует стандарт ONORM 3800 «Поведение строительных материалов и деталей при пожаре», п. 3.2. которого «Образование дыма при сгорании» регламентирует метод испытаний строительных материалов на дымообразование [17]. Ис-

пытания по ONORM 3800 проводятся на однокамерной испытательной установке, в рабочей камере которой располагается фотоэлектрическое измерительное устройство, горелка с держателем, на котором крепится испытуемый образец. Показателем, по которому происходит измерение дымообразования, является величина «максимального помутнения» (интенсивности светового потока), измеряемая в процентах (от 0 до 100%). По величине помутнения строительные материалы, согласно ONORM 3800, классифицируются на:

- слабочадящие Q1 (максимальное помутнение <50 %);
- среднечадящие Q2 (максимальное помутнение 50-90 %);
- сильночадящие Q3 (максимальное помутнение >90 %).

В Беларуси выбор методики определения дымообразования проводился с учетом мировых тенденций и возможности аккредитации испытательных лабораторий республики в системе ISO, поэтому за основу метода определения дымообразования веществ и материалов был взят метод измерений с помощью двухкамерной установки по ISO/TR 5924. В настоящее время на территории Республики Беларусь (как и в Российской Федерации) действует ГОСТ 12.1.044-89 “Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность веществ определения и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения” [1], пункт 4.18. которого содержит метод экспериментального определения коэффициента дымообразования веществ и материалов. Коэффициент дымообразования (согласно п.2.14. ГОСТ 12.1.044-89) - это показатель, характеризующий оптическую плотность дыма, образующегося при пламенном горении либо термоокислительной деструкции (тлении) определенного количества твердого вещества (материала) в условиях специальных испытаний. Сущность этого метода заключается в определении оптической плотности распределенного в заданном объеме дыма, образующегося при горении или тлении материала.

В целом для методик исследований дымообразующей способности принятых в развитых странах с 70-х годов прошлого столетия характерны:

- а) использование в качестве критерия для измерения дымообразующей способности показателя оптической плотности дыма;
- б) испытание в режимах горения и тления;
- в) применение в качестве источника излучения лазера.

С середины 90-х годов прошлого века специалисты, занимающиеся вопросами оценки дымообразующей способности веществ и материалов неоднократно ставили вопрос об унификации экспериментальных методик. Так, с целью упорядочения этих методик, Национальным бюро стандартов США был использован специальный фотометр и согласованы основные требования и рекомендации, которые необходимо учитывать при разра-

ботке оптических систем для оценки дымообразования [18]. Этими рекомендациями было определено, что при разработке новых и коррекции действующих методов оценки дымообразования, оценку свойств дыма для различных материалов следует проводить в зависимости от их состояния (нагрев и пиролиз), исходного материала, беспламенного и пламенного горения. Следует учитывать состояние компонентов, принимать во внимание возможность горения сочетаний материалов, применять лазер, а не обычный источник света.

В 1995 году в Великобритании проводился анализ методов измерения дымообразующей способности веществ и материалов [19]. Результаты анализа показали, что известные методы измерения дымообразования имеют плохую корреляцию, и, учитывая важность такого опасного фактора пожара, как дым, работы в области совершенствования методов исследования дымообразующей способности признаны одной из наиболее перспективных задач в области пожарной безопасности.

В конце 90-х годов XX века - начале XXI века научными трудами целого ряда исследователей: Т.Ли-Чанг (США), С. Янг и Д. Мосс (Великобритания), Махиновой А.Ф., Добрых В.А., Захарычевой Т.А. (Россия) и др. было установлено негативное влияние раскаленных частиц дыма различных веществ и материалов на систему дыхания человека [6, 20]. Выявлено, что частицы дыма вызывают ожог и повреждение легких, бронхов, альвеол, других органов, ведут к росту пульмонологических заболеваний, опосредованно приводят к гибели. По статистическим данным [21] до одной трети людей, получивших в результате пожара сильные ожоги, страдает также от поражения дыхательных путей, а риск одновременного повреждения легких напрямую связан с площадью поверхности ожогов. Отмечено, что «ингаляционное поражение» может значительно усиливать частоту дыхательной недостаточности и острого дыхательного дистресс-синдрома. Установлено также, что связанная с ожогами смертность на пожаре может возрастать еще на 20 % при сочетании ингаляционного повреждения и кожных ожогов [22]. Причем вдыхание дыма следует подозревать у каждого, кто находился в ограниченном пространстве или потерял сознание во время пожара, особенно при сильном задымлении. Исследованиями [23] было установлено, что «ингаляционное поражение» может быть ограничено как верхними дыхательными путями, так и распространяться глубже, при этом отмечены повреждения тканей трахеи, бронхов и альвеол. Установлена [8,9] тесная взаимосвязь между вспышками лесных пожаров и ростом пульмонологических заболеваний у населения, подвергшегося «ингаляционному поражению». Вспышки природных пожаров, охватившие последние несколько лет Европейский континент, выдвинули проблему

ухудшения здоровья людей от «ингаляционного поражения» дымом на преобладающее место.

Успешное решение данной проблемы возможно только путем глубокого комплексного изучения процессов, приводящих к образованию дыма веществами и материалами. Знание механизмов образования дыма позволит выработать эффективные меры противодействия природным и техногенным опасным явлениям, приводящим к образованию большого количества дыма. Поэтому одной из основных тенденцией научных исследований в этом направлении за последние годы является стремление дополнить основной критерий дымообразования – оптическую плотность дыма за счет учета двух других факторов дымообразования: токсического и ингаляционного. В работе [24] отмечено, что оптическая плотность дыма не отражает истинную дымообразующую способность материала, так как этот показатель не учитывает размеров испытуемого образца и некоторых свойств самого материала, а именно его токсической и ингаляционной составляющей. Более конкретными показателями дымообразующей способности материалов являются удельная  $D_{yd}$  и массовая  $D_m$  оптические плотности дыма. Преимущество  $D_m$  по сравнению с  $D_{yd}$  состоит в том, что массовая оптическая плотность дыма в меньшей степени зависит от толщины и плотности материала, чем удельная оптическая плотность дыма. Д. Шеппардом (США) и Р. Ганти (США) при испытании дымообразующей способности материалов по «методу Штайнера» [24] было предложено дополнительно определять новый комплексный показатель – индекс непрозрачности дыма  $SOI$ . За последние годы в США данный метод получил широкое применение для получения данных о способности материалов, используемых для отделки помещений с массовым пребыванием людей, распространять пламя и выделять дым [24]. Так, в основу методов контроля дымообразующей способности материалов для отделки салонов воздушных судов принятого в США авиационного стандарта FAR-25 [25] лег именно метод Штайнера. Результаты испытаний дымообразующей способности веществ и материалов «по Штайнеру» представлены в виде комплексного показателя – «индекса Штайнера», отражающего не только оптические параметры дымообразования, но и скорость распространения пламени, а также скорость дымовыделения, «скорость выделения микрочастиц, образованных при сгорании единицы массы горючего материала» [24]. Результаты межлабораторных сличений, проводимых в 1996 году, показали хорошую корреляцию между «индексом Штайнера» и оптической плотностью дыма, определяемой по стандартной методике.

В.С. Иличкиным (Санкт-Петербургский филиал ФГУ ВНИИПО МЧС РФ) [26] предложено на одной установке экспериментально определять дымообразующую способность материалов и токсичность продуктов

их горения. Это, по мнению автора, позволило бы наряду с определением токсичности продуктов горения учитывать и токсический фактор дымообразования (поражение токсичными продуктами горения является причиной 80% гибели людей на пожаре [27]). Такие параметры пожарной опасности веществ и материалов, как токсичность и дымообразование, неразрывно связаны между собой, поскольку при образовании дыма в газовую фазу переходит целый ряд веществ 2-4 класса опасности [28]. Например, в медицине катастроф существует понятие «токсико-дымовое поражение» людей на пожарах [29].

В целом же, оптический, ингаляционный и токсический параметры должны комплексно характеризовать способность материалов образовывать дым.

## ЛИТЕРАТУРА

1. СНБ 2.02.01-98\* «Пожарно-техническая классификация зданий, строительных конструкций и материалов».
2. ГОСТ 12.1.044-89 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность веществ определения и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».
3. СНиП 21-01-97 "Пожарная безопасность зданий и сооружений".
4. Национальный строительный кодекс Канады /Всесоюзный центр переводов СССР/ - М.: 1980. с-88-91.
5. Новая европейская система классификации строительных материалов. Reaction to fire - new European classification system / Cherry Anna // Fire Safety Eng. - 1999. - 6, 5. - С. 17-18. - Англ. -Деп. ВНИИТИ № 11Б4// Пожарная охрана. 2000. №1, С.9.
6. Ли-Чанг Т.Л. Ожоги и отравления при вдыхании дыма. Когда подозревать и как лечить // Международный медицинский журнал. 2000. №2.-С.172-173.
7. Young C.J., Moss J. Smoke inhalation: Diagnosis and treatment. //J. Clin Anesth.1989. № 1(5).-Р.377-386.
8. Махинова А.Ф., Добрых В.А., Захарычева Т.А. и др. Оценка экотоксикологического риска в г. Хабаровске, обусловленного лесными пожарами и высокой степенью задымленности//Амур на рубеже веков. Ресурсы, проблемы, перспективы: Материалы международной конф.-Хабаровск, 1999. Ч.2.-С.20-22.
9. Добрых В.А., Гонохова Л.Г., Тарасевич В.Ю., Пичугина С.В., Махинова А.Ф., Рябкова В.А. Влияние дыма лесных пожаров на течение болезней органов дыхания // Пульмонология. 2000. Вып.3.-С.25-29.
10. Усеня В.В. Лесные пожары, последствия и борьба с ними :-Речица: КУПП "Титул", 2003. 205с.
11. Ипатьев А.В., Яглов В.Н. Дымообразующая способность веществ и материалов (физико-химические процессы, методы исследований, способы управления). Минск: РУП "Минсктиппроект", 2002, 81с.
12. Провести поисковые исследования изменения опасных факторов начальной стадии пожара в помещении: Отчет о НИР (промежуточный)/Всесоюзный научно-



- исследовательский институт противопожарной обороны МВД СССР; Рук. темы Дутов В.И. -№ гр.П.28.Н.005.80.-М., 1980. -С.14-28.
13. Воробьев В.А., Андрианов Р.А., Ушков В.А. Горючесть полимерных материалов. -М.: -Стройиздат, -1978. -210с.
  14. NFPA263 Heat and visible smoke. Release notes for materials and product. USA. ANSI/NFPA263-85.-1986 "Метод определения скорости выделения тепла и дыма при горении твердых материалов и изделий". -Деп. ВНИИТИ № 10Б37С// Пожарная охрана.1988. №10, С.5.
  15. Martin K.G., Burn L.S. Studies on the measurement of smoke propensity of UPVC.// Fire and Mater.-1983, №3. P.101-110.
  16. ISO/TR 5924:1984. «Испытания огневые. Реакция на огонь. Дымообразование при горении строительных изделий. Метод двухкамерной установки».
  17. ONORM B 3800 Часть 1 "Поведение строительных материалов и деталей при пожаре. Стройматериалы: определение понятий, требования, испытания. П.5.2.
  18. Bukowski R.W., Smoke measurements in Large- and Small-Scale Fire Testing - Part I.// Fire technol.1994. № 3. P.173-179.
  19. Sharma S.K. Measurements of smoke from fires. The present friends// J. Sai. and Ind. Res.-1995.-№2.-P.98-107. -Деп. ВНИИТИ № 5Б15// Пожарная охрана.-1996.- №6.- С.8.
  20. Orzel R.A. Toxicological aspects of fire smoke: polymer pyrolysis and combustion.// Occup Med. 1993. № 8(3). P.414-429.
  21. Shusterman D.J. Clinical smoke inhalation injury: systemic effects. // Occup Med.- 1993.- № 8(3).-P.469-503.
  22. Heimbach D.M. Waeskerle J.F. Inhalation injuries. //Ann Emerge Med. 1998. № 17(12).-P.1316-1320.
  23. Shirani K.Z., Pruitt B.A., Mason A.D. The influence of inhalation injury and hum normality.// Ann Surg. 1997. №205(1).-P.82-87.
  24. Estimating smoke hazard from Steinertunne. Smoke data.// Fire Techol.-1996. №1. P. 65-75.-Деп. ВНИИТИ № 5Б15// Пожарная охрана. 1997. №5. С.23.
  25. Federal aviation reglament FAR 25. part IV. p.220.
  26. Иличкин В.С. Токсичность продуктов горения полимерных материалов. Принципы и методы определения. Санкт-Петербург: Химия, 1993.-136 с.
  27. Седов А.А., Суровцев Н.А. Методические подходы к разработке средств индивидуальной защиты для спасения и массовой эвакуации людей из очагов пожаров//Медицина катастроф. - М.: 1992. №1. С. 78-81.
  28. Ипатьев А.В. Исследования газов, образующихся при выделении дыма отделочными и строительными материалами// Материалы. Технологии. Инструменты - Гомель: 2000. №1. С.98-101.
  29. О.В. Бабенко, М.М. Авхименко, С.В. Трифонов Токсико-дымовые поражения людей на пожарах// Медицинская помощь. - М.: 2003. №4., - С.32-36.