

Литература

1. Генералов А.С., Мурашов В.В., Далин М.А., Бойчук А.С. Диагностика полимерных композитов ультразвуковым реверберационно-сквозным методом // *Авиационные материалы и технологии*. 2012. № 1. С. 42–47.
2. Троицкий В.А. Ультразвуковой контроль. Дефектоскопы, нормативные документы, стандарты по УЗК. Киев: Феникс, 2006. 224 с.
3. Ланге Ю.В. Акустические низкочастотные методы и средства неразрушающего контроля многослойных конструкций. М.: Машиностроение, 1991. 272 с.
4. Тищук Л.И., Соломонов К.Н. Применение неразрушающего контроля в процессах производства и эксплуатации транспортных систем // *Труды XIV Всерос. науч.-техн. конф. АКТ-2013*. Воронеж: Элист, 2013. С. 287–291.
5. Тензометрия в машиностроении: справ. пособие. М.: Машиностроение, 1975. 288 с.
6. Виноградов А.В., Москвин В.Н. Системный подход к проектированию многофункциональных преобразователей для неразрушающего контроля // *Тез. регион. науч.-практ. конф. «Транссиб-99»*. Новосибирск, 1999. С. 240–241.
7. Щербинский В.Г. Технология ультразвукового контроля сварных соединений. СПб.: Издательство «СВЕН», 2014.
8. Ложкова Д.С., Далин М.А. Оценка достоверности автоматизированного ультразвукового контроля типовых сплавов с использованием математического моделирования // *В мире неразрушающего контроля*. 2014. № 4 (66). С. 15–19.

О МЕТОДАХ ОЦЕНКИ ДЫМОООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЖАРНОЙ НАГРУЗКИ

А.А. Кузьмин, кандидат педагогических наук, доцент;

Н.Н. Романов, кандидат технических наук, доцент;

А.А. Пермяков, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Исследованы факторы, влияющие на интенсивность дымообразования пожарной нагрузки. Установлена связь между оптической плотностью и дымообразующей способностью дыма. Проанализированы результаты экспериментального исследования при горении различных видов пожарной нагрузки в зависимости от максимального значения оптической плотности дыма. Произведен анализ возможности использования кинетического подхода при измерении коэффициента дымообразования на основе измерений скорости потери массы в процессе горения образца. Предложено применение метода наименьших квадратов при графической интерпретации результатов измерений.

Ключевые слова: дымообразующая способность, горение пожарной нагрузки, дальность видимости на пожаре, низкотемпературный пиролиз, оптическая плотность дыма, пламенное горение, поглощающая способность, пожарная нагрузка

ON METHODS OF FIRE LOAD SMOKE GENERATION ABILITY ESTIMATION

A.A. Kuzmin; N.N. Romanov; A.A. Permyakov.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Researched factors that affect intensity of the fire load smoke generation. We established relationship between the smoke optical density and the smoke generation ability. The results of an experimental research of the maximum value of the smoke optical density of various types

of fire load dependence are analyzed. We have made an analysis of the smoke production rate measuring kinetic approach using possibility on the basis of velocity measurements of mass loss during sample combustion. We proposed the least squares method application for measurement results graphical interpretation.

Keywords: smoke generation ability, fire load burning, range of visibility in a fire, low-temperature pyrolysis, optical density of smoke, flaming burning, absorbing capacity, fire load

Особенность и химический состав горючего материала способствует повышению концентрации выделения дыма. При тепловом воздействии на материалы, составляющие пожарную нагрузку (прежде всего древесина, натуральные и синтетические ткани, полимеры, электроизолирующие материалы, лакокрасочные покрытия), может происходить интенсивное дымовыделение, приводящее к пожарной опасности, тем самым ограничивающее область применения этих материалов.

Оптические свойства дыма, характеризующиеся способностью поглощать и рассеивать свет, являются причиной снижения видимости при эвакуации людей из задымляемой зоны.

В сравнении с другими пожароопасными факторами при пожаре, потеря видимости способна значительно опережать возможные риски для людей, такие как:

- повышение температуры продуктов горения;
- недостаток кислорода в окружающем очаг горения пространстве;
- токсичность продуктов горения и другие.

Поэтому проблема ограничения в применении материалов с высокой дымообразующей способностью актуально как при проектировании зданий и сооружений, так и транспортных средств.

При сгорании строительных отделочных материалов, а также древесины и полимеров, которые составляют существенную часть пожарной нагрузки жилых и офисных помещений, дым составляют преимущественно твердые частицы, часть которых образуется в результате разложения материалов под воздействием мощного нагрева. Условия протекания пожара оказывают непосредственное влияние на качественный и количественный состав дыма.

Процессы пиролиза приводят к образованию высокомолекулярных соединений, в частности циклических ароматических углеводородов, которые и являются источниками сажи.

Несомненно, наличие токсичных веществ в составе дыма находится в прямой зависимости от качественного состава пожарной нагрузки. Однако нет прямой корреляции между количеством и разнообразием выделяющихся токсинов и интенсивностью дымообразования.

При горении пожарной нагрузки образуются дымовые газы, которые помимо сажи содержат значительное количество различных отравляющих веществ. При возникновении пожара большую угрозу для жизни и здоровья людей создает задымленность и токсичность, что затрудняет работы по спасению и тушению. Предсказать, какие типы и количество токсичных продуктов будет выделяться при горении пожарной нагрузки, пока очень сложно. Поэтому токсичность дымовых газов определяют опытным путем.

В дымовых газах, образующихся при горении пожарной нагрузки, характерной для помещений в жилых зданиях и офисах, обнаружено более 200 соединений – продуктов неполного сгорания. На частицах сажи в результате испарения и дальнейшей конденсации или частично в ходе повышения температуры выявлены соединения, которые выделяются из компонентов пожарной нагрузки.

Некоторые продукты горения пожарной нагрузки используются в качестве маркеров (меток) для определения по дыму принадлежности исходной горящей пожарной нагрузки к тому или иному ее компоненту. В частности, такими маркерами служат некоторые компоненты экстрагируемых из древесины веществ, продукты разложения лигнинов и лигнанов. Анализ дымовых газов в атмосфере, с одной стороны, подтверждает концепцию,

что экстрактивы из разных видов и пород древесины различаются по своему химическому составу и содержанию отдельных составляющих, а с другой стороны показывает их разный вклад в процесс горения древесины, часто составляющую существенную часть пожарной нагрузки.

Дымообразующая способность пожарной нагрузки оценивается через оптическую плотность дыма, образующегося при термоокислительной деструкции (тлении) или пламенном горении определенного количества материала пожарной нагрузки в условиях специальных испытаний и характеризуется коэффициентом дымообразования.

В соответствии с ISO 565932 способность материалов к дымообразованию оценивают по максимальной величине оптической плотности дыма в расчете на единицу площади образца [1] (поверхностный коэффициент дымообразования D_s). В противном случае ориентируются на единицу начальной массы образца D_{m0} или потерю массы образца за период испытания D_m .

Если $D_m < 50 \text{ м}^2/\text{кг}$, то такие материалы относятся к группе материалов с малой дымообразующей способностью; если $50 < D_m < 500 \text{ м}^2/\text{кг}$, то эта группа материалов имеет умеренную дымообразующую способность; если $D_m > 500 \text{ м}^2/\text{кг}$, то материалы обладают высокой дымообразующей способностью.

Исходя из уменьшения светопропускания в дыму, определяется оптическая плотность дыма D_m :

$$D_m = \frac{V}{L \cdot S} \lg \left(\frac{I_o}{I_{\min}} \right),$$

где L – длина прохождения светового луча через слой дыма, м; I_o, I_{\min} – величина интенсивности светового потока в начале испытания и во время испытания; V – объем испытательной камеры, м^3 ; S – эскалируемая поверхность образца, м^2 .

Результаты экспериментального исследования зависимости максимального значения оптической плотности дыма при горении различных разновидностей древесины, используемой при создании офисной мебели, от плотности внешнего теплового потока представлены на рис. 1 [2].

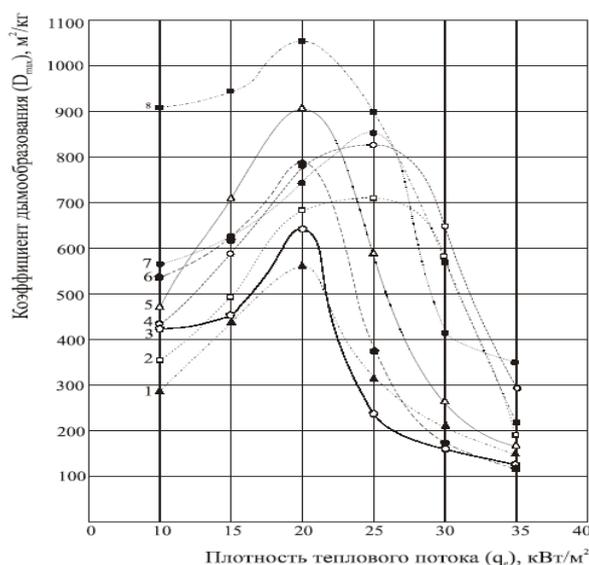


Рис. 1. Зависимость коэффициента дымообразования при тлеющем горении древесины от плотности теплового потока: 1 – ель; 2 – сосна; 4 – карагач; 5 – акация кео лай; 6 – каштан; 7 – акация кео тай; 8 – эвкалипт

При исследовании процесса дымообразования при горении пожарной нагрузки, состоящей в значительной степени из древесины и синтетических материалов, в статье [3] предлагается использовать в качестве инструмента методы математического моделирования.

Согласно исследованиям, когда происходит самовоспламенение продуктов термодеструкции, коэффициент дымообразования принимает высокие значения (результаты опубликованы в труде [2]). Типичные кривые скорости тепловыделения при горении древесины в зависимости от плотности внешнего теплового потока представлены в статье [4] и показаны на рис. 2.

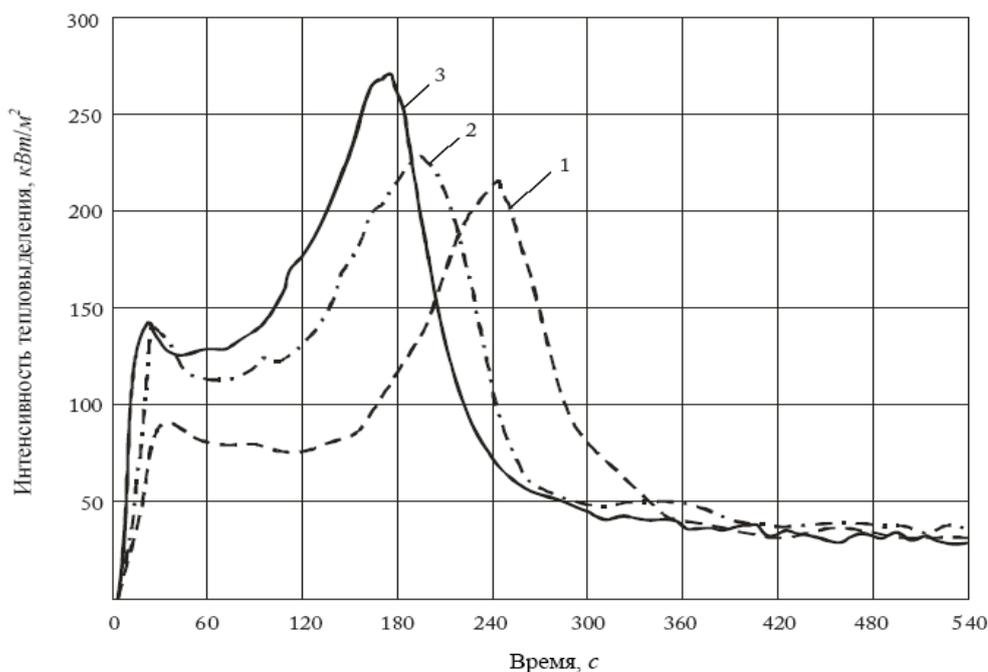


Рис 2. Влияние плотности внешнего теплового потока на интенсивность тепловыделения при горении древесины (1 – 20 кВт/м²; 2 – 35 кВт/м²; 3 – 52 кВт/м²)

Величина скорости потери массы образца $dn/d\tau$ определяется также по временной зависимости коэффициента дымообразования при заданных скоростях нагрева $dT/d\tau$, используя стандартные возможности электронные таблицы MS Excel.

Для описания процесса дымообразования при термодеструкции в атмосфере воздуха целесообразно применить кинетический подход [4], представив скорость дымообразования в виде:

$$\frac{d\eta}{d\tau} = \frac{\rho \cdot D_m}{s/v} (1 - \eta) K_0 \eta \cdot \exp\left(\frac{-E_d}{R \cdot T}\right), \quad (1)$$

где ρ – плотность дыма, кг/м³; D_m – коэффициент дымообразования, м²/кг; s/v – удельная поверхность образца, 1/м; E_d – энергия активации, Дж/(моль·К); K_0 – предэкспоненциальный множитель в законе Аррениуса; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К).

Отсюда степень превращения твердого вещества пожарной нагрузки в дымовую консистенцию определяется при помощи уравнения:

$$\eta = \frac{m_d - m_{kd}}{m_{hd} - m_{kd}},$$

где $m_{нд}$ – начальная масса исследуемого образца пожарной нагрузки; m_d – текущая масса исследуемого образца пожарной нагрузки; m_{kd} – конечная масса исследуемого образца пожарной нагрузки.

Если скорость нагрева материала $dT/d\tau = \beta$, то левую часть уравнения (1) можно представить в виде:

$$\frac{d\eta}{d\tau} = \frac{d\eta}{dT} \cdot \frac{dT}{d\tau} = \beta \frac{d\eta}{dT}$$

Тогда температурная зависимость коэффициента дымообразования позволяет определить значение предэкспоненциального множителя в законе Аррениуса:

$$\frac{d\eta}{dT} = \frac{\rho \cdot D_m}{\beta \cdot s/v} (1 - \eta) K_o \eta \cdot \exp\left(\frac{-E_d}{R \cdot T}\right) \quad (2)$$

Для этого используется графическая интерпретация выражения (2) с применением логарифмического масштабирования:

$$\ln\left(\frac{d\eta}{dT}\right) = f\left(\frac{1}{T_{нд}}\right),$$

где $T_{нд}$ – начальная температура процесса дымообразования.

По тангенсу угла наклона прямой на рис. 3 можно определить значение энергии активации E_d в размерности Дж/моль.

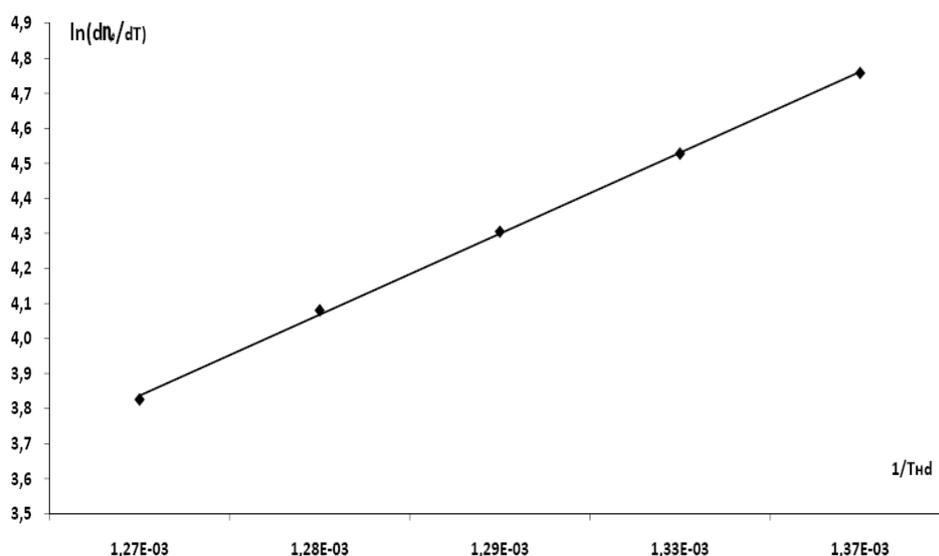


Рис. 3. Графическое выражение зависимости $\ln(d\eta/dT)=f(1/T_{нд})$ для образца напольного покрытия

Тогда значение предэкспоненциального множителя K_o определяется при помощи уравнения:

$$K_o = \frac{\frac{d\eta}{dT} \cdot \frac{s}{v} \cdot \beta}{D_m \cdot \rho \cdot (1 - \eta_d) \cdot \exp\left(\frac{-E_d}{R \cdot T_{nd}}\right)}. \quad (3)$$

Уравнение (3) еще больше упрощается для начальной стадии дымообразования, когда $1 - \eta_d \rightarrow 1$.

Таким образом, для пожарной нагрузки, состоящей из древесины и синтетических материалов, использование кинетического подхода позволяет оценить значение коэффициента дымообразования пожарной нагрузки на основе измерений скорости потери массы в процессе горения образца. Кроме того, имплементация метода наименьших квадратов при обработке результатов измерений позволит увеличить точность измерения коэффициента дымообразования пожарной нагрузки.

Литература

1. ISO 565932:1994 Plastics – Smoke generation – Part 2: Determination of optical density by a single-chamber test.
2. Романенков И.Г., Левитес Ф.А. Огнезащита строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1991. 320 с.
3. Исаков Г.Н., Манаева А.Р. Исследования процесса стеклования напольных покрытий на основе поливинилхлорида // Технологии техносферной безопасности. 2014. № 6 (58). С.1–6. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb> (дата обращения: 03.04.2015).
4. Б.Б. Серков, Р.М. Асеева, А.Б. Сивенков. Физико-химические основы горения и пожарная опасность древесины // Технологии техносферной безопасности. 2012. № 1 (41). URL: <http://ipb.mos.ru/ttb> (дата обращения: 03.04.2015).

О ВЛИЯНИИ ВОЛНОВЫХ ЯВЛЕНИЙ В МАГИСТРАЛЯХ НА РАБОТУ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

А.А. Кузьмин, кандидат педагогических наук, доцент;

Н.Н. Романов, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Проанализированы закономерности между термодинамическими и газодинамическими процессами, которые обусловлены резонансными колебаниями давления газа в магистралях поршневого компрессора. Предложены критерии оптимизации процесса наполнения цилиндров газом. Выявлена связь между оптимальной длиной всасывающего трубопровода и производительностью компрессора. Предложены средства устранения резонанса.

Ключевые слова: поршневой компрессор, колебание давления, потери энергии, скачок давления, всасывающие магистрали, процесс наполнения, коэффициент наполнения