

МЕХАНИКА ДЕЙСТВИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОГNETУШАЩИХ СОСТАВОВ В УСТАНОВКАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ СТВОЛОВОГО ТИПА КОНТЕЙНЕРНОЙ ДОСТАВКИ МЕТОДОМ МЕТАНИЯ

© 2007 А.М. Царев, Д.А. Жуйков

Тольяттинский государственный университет

Проведены теоретические и экспериментальные исследования механики действия перспективных огнетушащих составов и их доставки в контейнерах на удаленное расстояние методом метания с применением установки пожаротушения стволового типа для ликвидации сложных пожаров/

Введение

В результате анализа состояния применяемой существующей пожарной техники выявлена настоятельная необходимость в создании и применении новых технических средств доставки наиболее перспективных огнетушащих составов на удаленное расстояние для высокоэффективного использования борьбы с пожарами. Проведены исследования по созданию установки пожаротушения стволового типа для доставки огнетушащих составов в контейнерах на удаленное расстояние 100 и более 100 метров методом метания для решения задач ликвидации сложных пожаров [1]. Огнетушащий однокомпонентный или многокомпонентный состав является огнетушащим веществом, который размещается в контейнере, выполненном в виде капсулы. При попадании контейнера в очаг пожара капсула разрушается, выбрасывая огнетушащий состав. Основными способами механического выброса огнетушащего вещества из капсулы и обработки зон горения являются:

- рассыпание или разлив огнетушащего вещества по поверхности горящего объекта в очаге пожара;
- выброс массы огнетушащего вещества капсулы с разделением на компоненты и разлет разделенных частей с покрытием и обработкой зоны очага пожара;
- распыление в результате разрыва капсулы от избыточного внутреннего давления, возникшего вследствие химической реакции находящихся внутри веществ;
- взрывной выброс огнетушащего вещества, в том числе и со струей огня, что позволяет сбить пламя с поверхности горящего объекта;

- обработка контейнерами с выбросом огнетушащего вещества, как локальных мест загорания, так и обширной зоны пожара с последовательной их обработкой;
- комбинированные способы обработки и выброса огнетушащего вещества.

Механика действия огнетушащих порошковых составов (ОПС) в качестве наполнителей капсул контейнерной доставки

Проведение исследования порошковых составов в качестве наполнителей контейнеров требует решения прежде всего следующих задач:

- исследование механики действия ОПС в капсулах;
- определение расчетной массы порошковых составов, содержащихся в контейнерах, применяемых для тушения пожаров с доставкой в очаг пожара с помощью установок пожаротушения стволового типа;
- определение критической массы порошковых составов для прекращения горения.

Применение порошковых составов (ПС) в контейнерах является одним из перспективных направлений в пожаротушении. Порошковые огнетушащие составы различных классов выпускаются в достаточно широком ассортименте. Огнетушащий порошок обладает высокой эффективностью тушения практически на всем интервале реальных температур эксплуатации и применяется для тушения газов, жидкостей, твердых горючих веществ и материалов, пылей, порошков щелочных и щелочноземельных металлов. Основной проблемой оставалась доставка

порошка на удаленное расстояние в очаг горения. С применением установки пожаротушения стволового типа успешно решается данная проблема.

Предлагаются два основных механизма огнетушащего действия порошковых составов, основанные на тушении пламени путем отбора энергии, выделяющейся при горении, и ингибировании процесса горения посредством обрыва цепных реакций, ответственных за его развитие. В свою очередь возможны два механизма ингибирования пламени порошками: гетерогенный, заключающийся в рекомбинации активных центров на поверхности твердых частиц, и гомогенный, основанный на взаимодействии активных центров с газообразными продуктами испарения или разложения порошков.

Основные методы тушения с применением порошковых составов в контейнерах:

- разбавление горючей среды газообразными продуктами разложения порошка;
- охлаждение зоны горения в результате затрат тепла на нагрев частиц порошка, их частичное испарение и разложение в пламени;
- обеспечение эффекта огнепреграждения, достигаемого при прохождении пламени через узкие каналы между частицами порошкового облака;
- ингибирование химических реакций, обуславливающих развитие процесса горения и осуществляемых газообразными продуктами испарения и разложения порошков;
- гетерогенный обрыв цепей на поверхности частиц или твердых продуктов разложения;
- гомогенное ингибирование, заключающееся во взаимодействии с активными центрами газообразных частиц, образующихся при испарении и разложении порошков;
- экранирование горячей поверхности от теплового потока исходящего от зоны горения;
- изоляция горячей поверхности от зоны горения слоем неразложившихся вследствие теплового воздействия частицами порошкового огнетушащего состава.

Доминирующий метод тушения и огнетушащая эффективность ОПС зависят от характеристик горючего вещества, режима горения, вида ОПС и даже от способа его подачи в зону горения. Так, например, при горении металлов основным принципом тушения яв-

ляется изолирование горячей поверхности от зоны горения слоем порошкового огнетушащего состава. При горении остальных перечисленных веществ и материалов, основным является механизм гетерогенного ингибирования (торможения) процесса горения посредством обрыва цепных реакций, ответственных за его развитие [2]. При этом учитывается влияние остальных перечисленных факторов.

Ингибирование протекает на поверхности частиц ОПС, где, в отличие от огнетушащих характеристик хладонов, гибнут не только водородные атомы H_2 , но и другие активные частицы, в частности, атомы кислорода O_2 . Именно данное свойство ингибирования позволит получить более высокую эффективность ОПС, чем других огнетушащих веществ. При этом в зависимости от соотношения кинетических факторов выражение для определения огнетушащей концентрации порошковых составов будет различным [2]:

- в кинетической области (в зону горения поступает заранее приготовленная и перемешанная горючая смесь)

$$C_{PV} = \frac{2 \cdot K_G^{KR} \cdot \rho_{PS} \cdot d}{3 \cdot u_a \cdot \gamma}, \quad (1)$$

где u_a – средняя скорость движения частицы порошка в слое газа, $m \cdot c^{-1}$; ρ_{PS} – плотность частицы ПС, $kg \cdot m^{-3}$; K_G^{KR} – минимальное значение константы гетерогенной рекомбинации, при котором наблюдается тушение пламени, c^{-1} ; d – средний диаметр частицы порошкового состава, m ; γ – коэффициент, учитывающий температуру в зоне подготовки к горению;

- в диффузионной области (горючая смесь образуется в зоне горения)

$$C_{PV} = \frac{K_G^{KR} \cdot d^2}{12 \cdot D \cdot \rho_{PS}}, \quad (2)$$

где D – коэффициент диффузии частиц порошкового состава в газовой среде зоны подготовки к горению, $m^2 \cdot c^{-1}$

Так как на пожаре в основном присутствует диффузионное горение [3], наибольший интерес для исследования огнетушащей эффективности контейнеров, начиненных порошковыми составами представляет формула (2), описывающая зависимость огнетушащей

концентрации порошковых составов от различных факторов при диффузионном горении.

При попадании в очаг пожара контейнер разрушается вследствие избыточного давления, создаваемого продуктами детонации взрывчатых веществ. Вследствие этого огнетушащий порошковый состав практически в полном объеме (за исключением 2 - 3% порошкового состава оседающем на внутренней поверхности капсулы) высвобождается и поступает в зону горения. При распылении в зоне горения на поверхности частицы порошкового состава происходит гетерогенная реакция рекомбинации атомарного кислорода. Так как основная реакция химического взаимодействия частицы ОПС с атомарным кислородом протекает в объеме зоны горения, то расчет требуемого для тушения количества порошка будем вести не на площадь пожара, а на объем пламени. При этом оценку площади загорания можно провести через характеристический размер пламени $l = F_{ZG}^{1/2} [2]$ (где F – площадь пожара), но так как $V_{ZG} \approx l^3$, то получаем

$$V_{ZG} = F_{PG}^{3/2}. \quad (3)$$

Учитывая, что C_{PV} – огнетушащая концентрация порошка в объеме зоны горения

($C_{PV} = \frac{m_B}{V_{3T}}$), $кг \cdot м^{-3}$, то (2) примет вид

$$\frac{m_{PS}^R}{V_{ZG}} = \frac{K_G^{KR} \cdot d^2}{12 \cdot D \cdot \rho_{PS}}. \quad (4)$$

После преобразования

$$m_{PS}^R = \frac{K_G^{KR} \cdot d^2 \cdot V_{ZG}}{12 \cdot D \cdot \rho_{PS}}. \quad (5)$$

При известных физико-химических свойствах ОПС формула (5) позволяет определить минимальную массу порошкового состава, которая способна прекратить горение в пламени объемом V_{ZG} . Подставляя (3) в (5), получаем минимальную массу порошкового состава, способную прекратить горение на расчетной площади (при условии распыления порошкового состава в зоне горения)

$$m_{PS}^R = \frac{K_G^{KR} \cdot d^2 \cdot F_{PG}^{3/2}}{12 \cdot D \cdot \rho_{PS}} \quad (6)$$

где K_G^{KR} – минимальное значение константы гетерогенной рекомбинации, при котором наблюдается тушение пламени, $с^{-1}$; d – средний диаметр частицы порошкового состава, м; F – площадь пожара, $м^2$; D – коэффициент диффузии частиц порошкового состава в газовой среде зоны подготовки к горению, $м^2 \cdot с^{-1}$; ρ_{PS} – плотность частицы ПС, $кг \cdot м^{-3}$.

Проанализируем выражение (6). При тушении одинаковыми по химическому составу порошковыми составами, у которых коэффициенты скорости гетерогенной реакции рекомбинации атомарного кислорода K_G и средние диаметры частиц порошка d практически равны. Основную роль в снижении необходимой массы порошковых составов для тушения пожара играет коэффициент диффузии частиц порошка в зоне горения.

Если предположить, что частица порошка при движении в зоне горения подчиняется общепринятой теории движения частиц в газах [4], то оценить зависимость коэффициента диффузии от скорости движения частиц порошкового состава и длины свободного пробега помогает кинетическая теория газов. Тогда, согласно [4]

$$D = \frac{v_{PS} \cdot \lambda}{3}. \quad (7)$$

где v_{PS} – средняя скорость движения частицы порошка в слое газа, $м \cdot с^{-1}$; λ – длина свободного пробега частицы порошка, м.

Подставив (7) в (6), получим зависимость изменения расчетной массы порошкового состава от скорости движения частиц при известных характеристиках ОПС, длины свободного пробега частиц порошка и площади пожара

$$m_{PS}^R = \frac{K_G^{KR} \cdot d_{PS}^2 \cdot F_{PG}^{3/2}}{4 \cdot v_{PS} \cdot \lambda_{PS} \cdot \rho_{PS}}. \quad (8)$$

Из формулы (8) следует, что обеспечить увеличение эффективности применения порошкового состава (ПС) можно путем повышения скорости движения частиц ПС в зоне горения, выбрасываемых из полости капсулы.

Таким образом, масса, необходимая для тушения расчетной площади отдельно взятого порошкового состава (при рассмотрении основного механизма огнетушащего дей-

ствия гетерогенную рекомбинацию атомарного кислорода) находится в обратно пропорциональной зависимости от скорости движения частиц порошкового состава в зоне горения. В общем виде:

$$m_{PSO} = f(v_{PS}, K_G^{KR}, d_{PS}, \rho_{PS}, F_{PG}, \lambda_{PS}).$$

Количество контейнеров, способных прекратить горение на заданной площади, рассчитывается по выражению

$$N_{PS}^R = \frac{m_{PS}^R}{m_{PS}}, \quad (9)$$

где m_{PS} – масса порошкового состава, содержащегося в одной капсуле, кг. Подставляя (8) в (9), получим

$$N_{PS}^R = \frac{K_G^{KR} \cdot d_{PS}^2 \cdot F_{PG}^{\frac{3}{2}}}{4 \cdot v_{PS} \cdot \lambda_{PS} \cdot \rho_{PS} \cdot m_{PS}}. \quad (10).$$

Использование взрывчатых веществ (ВВ) для выброса порошковых составов из капсул

Достижение максимальной эффективности контейнеров, начиненных порошковыми составами, в первую очередь зависит от равномерности распыления огнетушащего заряда в расчетном объеме V_{ZG} . Взрывчатые вещества позволяют достичь максимальной эффективности за счет выброса огнетушащего вещества с использованием энергии, выделяющейся при сгорании взрывчатых веществ, рис. 1.

При попадании в зону горения при действии внутренних сил контейнер разрывает-

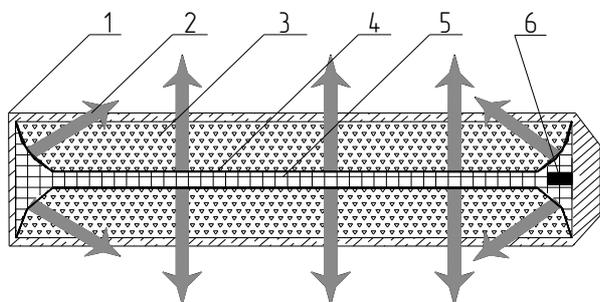


Рис. 1. Действие сил в контейнере при выбросе огнетушащего состава с использованием энергии, выделяющейся при сгорании пиротехнических составов: 1 – корпус контейнера, 2 – направление действия сил выброса огнетушащего состава, 3 – диспергированное огнетушащее вещество, 4 – эластичная газопроницаемая оболочка, 5 – пиропобудитель, 6 – пиропатрон

ся, освобождая инертные продукты детонации и порошковый состав. При этом флегматизация процесса горения кроме огнетушащего действия порошковых составов достигается: 1) отрывом фронта пламени от горючей нагрузки; 2) дроблением фронта пламени на отдельные участки, не способные поддерживать горение; 3) разбавлением зоны горения инертными продуктами взрыва.

Скорость разлета продуктов взрыва (а вместе с ними и порошковых составов) зависит от формы, массы оболочки контейнера, характеристик и массы детонирующего вещества [5].

При взрывах в контейнерах конденсированных (твердых) взрывчатых веществ, выделение энергии вследствие детонации может описано уравнением баланса [5]

$$K = S_E - S_M, \quad (11)$$

где S_E – суммарный тепловой эффект взрывного превращения и расширения энергоносителя – взрывного источника (энергия взрывной волны); S_M – суммарная величина внутренней потенциальной E_p , кинетической E_k энергий продукта детонации, энергии, переданной осколками контейнера окружающей среде E_{OS} и идущей на деформацию и разрушение оболочки E_R ; K – кинетическая энергия разлета осколков оболочки.

Кинетическая энергия осколков определяется

$$K = \frac{1}{2} \cdot M_{OB} \cdot v_0^2 \quad (12)$$

где M_{OB} – масса оболочки, кг; v_0 – скорость осколков, м • с⁻¹, под которой понимается их скорость в момент максимального разгона.

Под массой оболочки понимается масса вещества обволакивающего взрывчатое вещество и рассчитывается по формуле

$$M_{OB} = M_K + m_{PS}, \quad (13)$$

где M_K – масса корпуса контейнера, кг; m_{PS} – масса порошкового состава, содержащегося в контейнере, кг.

Для конденсированных взрывчатых веществ

$$S_E = C_Z \cdot Q_V \quad (14)$$

где C_Z – масса заряда взрывчатого вещества (ВВ), кг; Q_V – теплота взрыва, Дж.

Для энергии E_K и E_p запишем соотношения

$$E_K = \frac{1}{\psi} \cdot C_Z \cdot v_0^2, \quad (15)$$

$$E_P = \frac{1}{\rho_{PD} \cdot (\gamma - 1)} \cdot C_Z \cdot P, \quad (16),$$

где P – давление окружающей среды, Па; c_{PD} – плотность продуктов детонации к моменту полного разгона материала оболочки, кг·м⁻³; γ – показатель, характеризующий склонность продуктов детонации к расширению (изентропа), для конденсированных взрывчатых веществ $\gamma = 3$; ψ – константа формы: для сферической, цилиндрической и плоской соответственно $\psi = 10 \cdot 3^{-1}$, 4, 6.

Пренебрегая энергией, затрачиваемой на разрушение оболочки и передаваемой осколками окружающей среде, в сумме, не превышающей примерно 8% [5] от величины S_{MP} из (12) получим начальную скорость полета осколков контейнера

$$v_0 = \sqrt{\left(Q_V - \frac{P}{\rho_{PD} \cdot (\gamma - 1)} \right) \cdot \frac{2 \cdot \frac{C_Z}{M_{OB}}}{1 + 2 \cdot \frac{C_Z}{M_{OB} \cdot \psi}}}, \quad (17).$$

Введем скорость детонации конденсированных взрывчатых веществ W

$$W = 4 \cdot \sqrt{\left(Q_V - \frac{P}{\rho_{PD} \cdot (\gamma - 1)} \right)}. \quad (18)$$

Подставляя (18) в (17) выведем формулу зависимости начальной скорости движения фронта взрывной волны от скорости детонации, массы взрывчатых веществ и оболочки

$$v_0 = \frac{W}{2} \cdot \sqrt{\frac{C_Z \cdot \psi}{2 \cdot (M_{OB} \cdot \psi + 2 \cdot C_Z)}}. \quad (19)$$

Применяя (19) для конденсированных ВВ в цилиндрической оболочке и приравнивая скорость полета осколков к скорости полета частиц порошковых составов $v_0 = v_{PS}$, получаем начальную скорость полета частиц порошкового состава при детонации ВВ

$$v_{PS} = \frac{W}{2} \cdot \sqrt{\frac{C_Z}{2 \cdot M_{OB} + C_Z}}. \quad (20)$$

Подставляя (8) в (20) получаем аналитическую зависимость для расчета минимального количества порошкового состава, которое необходимо для тушения очага пожара

площадью F_{PG}

$$m_{PS}^R = \frac{K_G^{KR} \cdot d_{PS}^2 \cdot F_{PG}^{\frac{3}{2}}}{2 \cdot W \cdot \sqrt{\frac{C_Z}{2 \cdot (M_K + m_{PS}) + C_Z}} \cdot \lambda_{PS} \cdot \rho_{PS}}, \quad (21)$$

где K_{PS}^R – минимальное значение константы гетерогенной рекомбинации, при котором наблюдается тушение пламени, с⁻¹; d – средний диаметр частицы порошкового состава, м; F_{PG} – площадь горения, м²; ρ_{PS} – плотность частицы ПС, кг·м⁻³; λ_{PS} – длина свободного пробега частицы порошка, м; M_K – масса корпуса контейнера, кг; m_{PS} – масса порошкового состава, содержащегося в контейнере, кг; C_Z – масса заряда ВВ, кг; W – скорость детонации взрывчатых веществ, м·с⁻¹.

По аналогии с (9) – количество контейнеров, необходимых для тушения при выборе порошковых составов вследствие воздействия взрывчатого вещества

$$N_{PS}^{Rv} = \frac{K_G^{KR} \cdot d_{PS}^2 \cdot F_{PG}^{\frac{3}{2}}}{2 \cdot W \cdot \sqrt{\frac{C_Z}{2 \cdot (M_K + m_{PS}) + C_Z}} \cdot \lambda_{PS} \cdot \rho_{PS} \cdot m_{PS}}. \quad (22)$$

Причинами увеличения огнетушащей эффективности порошковых составов в контейнерах по сравнению с существующими способами доставки являются: 1) помещение заряда огнетушащего вещества непосредственно в очаг пожара, что обеспечивает участие в процессе тушения практически 100% порошкового состава; 2) увеличение скорости полета частиц порошка за счет высвобождающейся энергии пиротехнических составов; 3) отрыв фронта пламени от горючей нагрузки; 4) дробление фронта пламени на отдельные участки, не способные поддерживать горение; 3) разбавление зоны горения инертными продуктами взрыва.

Существует корреляция между скоростью движения частиц порошковых составов и огнетушащей эффективностью порошка, что подтверждается результатами, полученными при исследовании скоростной подачи порошковых составов с применением установки пожаротушения стволового типа контейнерной доставки огнетушащих составов методом метания контейнеров в очаг пожара[1].

Исследование галоидоуглеводородных составов (хладонов)

Наиболее распространенные в настоящее время такие газовые огнетушащие составы, как двуокись углерода, азот, оказывают сравнительно пассивное действие на пламя (охлаждение и разбавление зоны горения) и не влияют на кинетику и химизм реакций, происходящих в нем. По сравнению с ними более перспективными представляются огнетушащие вещества, которые, эффективно тормозят химические реакции в пламени, т. е. оказывают на него ингибирующее воздействие [2]. К таким огнетушащим веществам относятся составы на основе галоидопроизводных предельных углеводородов, в которых с атомы водорода замещены полностью или частично атомами галоидов.

Хладоны подразделяются на фторсодержащие и иодосодержащие вещества. Составы на основе галоидоуглеводородов эффективно подавляют горение различных газообразных, жидких и твердых горючих веществ и материалов. Эти составы характеризуются небольшим поверхностным натяжением и обладают лучшей смачивающей способностью, чем вода и диоксид углерода, поэтому их можно особенно успешно применять для тушения поверхностных пожаров.

Огнетушащие составы на основе хладонов могут, например, использоваться для тушения пожаров вычислительных центров, особо опасных цехов химических предприятий, окрасочных камер, сушилок, складов с горючими жидкостями, архивов, музейных залов и других ценных объектов или объектов повышенной пожаро и взрывоопасности. К достоинствам этих составов относится также возможность не только быстро тушить пожар, но и эффективно предупреждать возможность взрыва и даже подавлять возникший взрыв газо и паровоздушной смеси.

Безопасные хладоны при нормальных условиях – газы, легко сжижающиеся под небольшим давлением, что позволяет заполнять ими контейнеры.

Низкие температуры замерзания позволяют применять их при минусовых температурах. Хладоны обладают также хорошими диэлектрическими свойствами, поэтому их

можно использовать для тушения пожаров электрооборудования, находящегося под напряжением.

Наряду с положительными качествами составы на основе хладонов имеют и недостатки. Эти вещества могут оказывать токсическое воздействие на человека. Причем если сами хладоны действуют на организм человека как слабые наркотические вещества, то продукты их термического разложения характеризуются относительно высокой токсичностью. Поэтому рекомендуется применять контейнеры, начиненные хладонами, на объектах, на которых отсутствует постоянное пребывание людей. С другой стороны перечень этих объектов довольно широк, в основном это складские здания и помещения, открытые площадки хранения боеприпасов. Склады хранения вещевого имущества и т.д.

В то же время токсичность среды, образующейся при тушении пожара указанными хладонами, оказывается меньшей, чем при применении двуокиси углерода, бромистого этила и хлорбромметана. С применением последних при реальных пожарах возможно образование значительного количества двуокиси и окиси углерода, а также токсичных продуктов разложения горючих веществ, представляющих большую опасность для человека, чем хладоны.

Сравнение данных о существующих хладонов [2, 7] показывает, что фторсодержащие углеводороды значительно уступают йодсодержащим веществам по огнетушащей способности, но являются менее токсичными. Продукты термического распада для обоих классов обладают примерно одинаковой и весьма значительной токсичностью.

Механизм огнетушащего действия хладонов

Основной теорией ингибирования горения хладонами является радикальная теория. Она основана на изъятии из зоны реакции активных центров (атомов и радикалов), ответственных за развитие процесса горения, связывании их с молекулами галоидоуглеводородов (или с образованными из них радикалами).

Механизм ингибирования в соответствии с этим представлением определяется следующим элементарным актом [2]



где R – активный центр (атом или радикал); X – горючее вещество; H – ингибирующая частица.

Проведение исследования хладонов в качестве наполнителей контейнеров требует решения следующих задач:

- выявление экологически безопасных хладонов;
- определение массы хладонов достаточной для прекращения горения;
- определение расчетной массы хладонов, содержащихся в контейнерах, применяемых для тушения пожаров с доставкой в очаг пожара с помощью установок пожаротушения стволового типа;
- определение допустимых параметров помещения для применения контейнеров, начиненных хладонами;
- определение количества контейнеров, необходимых для прекращения горения в помещении;
- определение количества контейнеров, необходимых для прекращения горения в помещении.

Огнетушащая эффективность контейнеров, начиненных хладонами

Огнетушащая эффективность галоидоуглеводородов повышается при прочих равных условиях при замещении в них атома водорода атомом галоида в следующей последовательности: $F < Cl << Br < I$, где F – фтор, Cl – хлор, Br – бром, I – йод.

Расход хладонов при объемном тушении зависит не только от их огнетушащей эффективности, но и от условий создания огнетушащей среды. Условия достижения огнетушащей концентрации зависят также от скорости испарения хладонов, возможности расслоения смесей хладонов с воздухом, размеров помещения, охваченного пожаром и т. д.

Расходных нормативов для поверхностного тушения не установлено [2, 7].

Применяя методику, изложенную в [6], можно рассчитать необходимое количество контейнеров, начиненных хладонами для тушения пожаров объемным способом. При этом общая масса галоидоуглеводородного

состава, необходимая для тушения пожара в помещении рассчитывается по формуле

$$M_{HL}^R = \frac{V_p \cdot \rho_{HL} \cdot (1 + K_2) \cdot C_{HL}^N}{100 - C_{HL}^N}, \quad (27)$$

где V_p – расчетный объем защищаемого помещения (расчетный объем помещения включается его внутренний геометрический объем, в том числе объем системы вентиляции, кондиционирования, воздушного отопления (до герметичных клапанов или заслонок). Объем оборудования, находящегося в помещении, из него не вычитается, за исключением объема сплошных (непроницаемых) строительных элементов (колонны, балки, фундаменты под оборудование и т. д.), M^3 ; ρ_{HL} – плотность огнетушащего вещества в газообразном состоянии с учетом высоты защищаемого объекта относительно уровня моря для минимальной температуры в помещении T_p при автоматическом срабатывании установки пожаротушения стволового типа контейнерной доставки огнетушащих веществ и среднеобъемной температуре в помещении при подаче контейнеров в развитый очаг пожара T_{SO} , $K_2 \cdot M^{-3}$; K_2 – коэффициент, учитывающий потери газового огнетушащего вещества через проемы помещения; C_{HL}^N – нормативная объемная концентрация при температуре внешней среды $T_{VS} = 293 K$ ($20^\circ C$) и атмосферном давлении $P_{VS} = 101,3$ кПа, % (об.), принимается по табл. 1.

Плотность газового огнетушащего вещества определяется по формуле [6]

$$\rho_{HL} = \frac{\rho_{HL}^0 \cdot T_{VS} \cdot K_3}{T_p}, \quad (28)$$

где K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий высоту расположения объекта относительно уровня; T_{VS} – температура внешней среды, K ; T_p – минимальная температура воздуха в защищаемом помещении, K ; ρ_{HL}^0 – плотность паров газового огнетушащего вещества при температуре $T_{VS} = 293 K$ ($20^\circ C$) и атмосферном давлении $P_{VS} = 101,3$ кПа.

Поправочный коэффициент K_3 определяется по табл. 2 в соответствии с формулой [6]

$$K_2 = U \cdot \delta \cdot \tau_p \cdot \sqrt{H_p}, \quad (29)$$

где δ – параметр не герметичности помещения,

Таблица 1. Нормативные объемные огнетушащие концентрации хладонов

Хладон	Плотность паров при P = 101,3 кПа и T = 20 °C	Наименование горючего материала	Нормативная объемная огнетушащая концентрация, C_{HL}^N % (об.)
23 (CF ₃ H)	2,93 кг·м ⁻³	Н-гептан	14,6
125 (C ₂ F ₅ H)	5,208 кг·м ⁻³	Н-гептан	9,8
		Этанол	11,7
		Вакуумное масло	9,5
218 (C ₃ F ₈)	7,85 кг·м ⁻³	Н-гептан	7,2
		Толуол	5,4
		Бензин А-76	6,7
		Растворитель 647	6,1
227ea (C ₃ F ₇ H)	7,28 кг·м ⁻³	Н-гептан	7,2
		Толуол	6,0
		Бензин А-76	7,3
		Растворитель 647	7,3
318 Ц (C ₄ F ₈)	8,438 кг·м ⁻³	Н-гептан	7,8
		Этанол	7,8
		Ацетон	7,2
		Керосин	7,2
		Толуол	5,5

Таблица 2. Поправочный коэффициент, учитывающий высоту расположения защищаемого объекта относительно уровня моря

Высота, м	Поправочный коэффициент K_3
0,0	1,00
300	0,96
600	0,93
900	0,89
1200	0,86
1500	0,82
1800	0,78
2100	0,75

\dot{V}^{-3} ; τ_p - время от начала подачи огнетушащего вещества в зону горения до момента прекращения пламенного горения, с; H_p – высота помещения, м; U – параметр, учитывающий расположение проемов (окон, дверей и т.д.) по высоте защищаемого помещения, $\frac{1}{m^2} \cdot c^{-1}$.

Численные значения параметра U выбираются следующим образом: $U = 0,65$ – при расположении проемов одновременно в нижней (до $0,2 \cdot H$) и верхней зоне помещения (от $0,8 \cdot H_p$ до H_p) или одновременно на потолке и на полу помещения, причем площади проемов в нижней и верхней части примерно равны и составляют половину суммарной площади проемов; $U = 0,1$ – при расположении проемов только в верхней зоне (от

$0,8 \cdot H_p$ до H_p) защищаемого помещения (или на потолке); $U = 0,25$ – при расположении проемов только в нижней зоне (до $0,2 \cdot H_p$) защищаемого помещения (или на полу); $U = 0,4$ – при примерно равномерном распределении площади проемов по всей высоте защищаемого помещения и во всех остальных случаях.

Параметр негерметичности помещения определяем по формуле

$$\delta = \frac{\sum S_p}{H_p} \tag{30}$$

где $\sum S_p$ – суммарная площадь проемов, м². Масса огнетушащего состава, находящегося в капсуле

$$m_{HL}^R = V_B * c_A \tag{31}$$

где c_A – плотность хладона, наполняющего капсулу, кг*м³.

Достаточное количество контейнеров для прекращения пламенного горения в расчетном помещении, рассчитывается по формуле

$$N_{K,HL}^R = \frac{M_{HL}^R}{m_{HL}^R}, \quad (32)$$

где m_{HL}^R – масса галоидоуглеводородного состава, содержащегося в одном контейнере, кг. Полученное дробное значение $N_{K,HL}^R$ округляется в большую сторону до целого числа для увеличения вероятности тушения пожара применяемыми контейнерами.

Таким образом, результаты аналитических исследований позволяют утверждать о возможности эффективного применения контейнеров, начиненных хладонами для тушения особо важных и особо сложных объектов. Кроме того, аналитически выведенная зависимость (32) дает возможность рассчитать необходимое количество контейнеров для тушения пожара в помещении.

Несмотря на то, что рассмотренные фтор и йодсодержащие хладоны не обладают озоноразрушающим эффектом они весьма дефицитные и дорогостоящие средства пожаротушения. В связи с этим во всем мире ведутся поиски огнетушащих веществ, альтернативных бром- и хлорсодержащим хладонам. К числу альтернатив применению таких хладонов относится аэрозольное пожаротушение, основанное на сжигании пропеллента.

Исследования аэрозолеобразующих составов

В последние годы в России широко применяются принципиально новые экологически безопасные средства объемного пожаротушения, разрабатываемые на основе твердотопливных аэрозолеобразующих огнетушащих составов (АОС) [8]. По основным технико-эксплуатационным показателям они превосходят все огнетушащие средства, используемые для тушения пожара в замкнутых объемах различных объектов (помещениях, сооружениях, аппаратуре и оборудовании, транспортных средствах и многих других отдельных изделиях). Значительное количество предприятий и организаций заняты разработ-

кой и практическим внедрением аэрозольных средств пожаротушения [2, 3, 7, 8].

Исследования аэрозолеобразующих составов, содержащихся в контейнерах решают следующие важные задачи:

- определение огнетушащей эффективности применяемых АОС для тушения пожаров с доставкой в очаг пожара с помощью установок пожаротушения стволового типа.

- определение критического количества контейнеров, начиненных аэрозолеобразующими составами, для прекращения горения внутренних пожаров.

- определение допустимых параметров помещений, в которых будет эффективно применять данные контейнеры.

Проведенные исследования позволяют определить огнетушащую эффективность контейнера, начиненного аэрозолеобразующим составом, а так же минимальное (нормативное) количество контейнеров способное прекратить процесс пламенного горения в помещении с заданными параметрами. Расчеты распространяются на типовые серийные огнетушащие аэрозоли, такие как СТК-2МД, ПАС, ПТ, СБК и другие.

При попадании в пораженное огнем помещение внутри контейнера срабатывает механизм, воспламеняющий аэрозолеобразующий состав, вследствие чего из внутренней полости капсулы высвобождается огнетушащее вещество в виде аэрозоля и при заполнении объема помещения ингибирует (прекращает) процесс пламенного горения.

Для тушения пожара или его локализации объемным способом в помещении заданного объема и не герметичности необходимая суммарная масса заряда аэрозолеобразующего состава, определяется по эмпирической формуле [8]

$$M_{АОС} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot q_N \cdot V_{ЗР} \quad (33)$$

где $V_{ЗР}$ - объем защищаемого помещения, м³; q_N – нормативная величина огнетушащего удельного массового расхода для материала или вещества, находящегося в защищаемом помещении (указывается в технической документации на газообразующий аэрозоль), кг · м⁻³; K_1 – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения аэрозоля по высоте помещения; K_2 – коэффициент, учитывающий влияние негерметичности защищаемого

помещения; K_3 – коэффициент, учитывающий особенности тушения кабелей в аварийном режиме эксплуатации; K_4 – коэффициент, учитывающий особенности тушения кабелей при различной их ориентации в пространстве. Коэффициенты уравнения определяются следующим образом: Коэффициент K_1 принимается равным: $K_1 = 1,0$ при высоте помещения не более 3,0 м; $K_1 = 1,15$ при 3,0 - 5,0 м; $K_1 = 1,25$ при 5,0 – 8,0 м; $K_1 = 1,4$ при 8,0 – 10 м.

Коэффициент K_2 определяется по формуле $K_2 = 1 + U^* t_L (45)$, где U^* – относительная интенсивность подачи аэрозоля, c^{-1} ; t_L – время ликвидации пламенного горения в защищаемом помещении, с.

Значение относительной интенсивности подачи аэрозоля U^* определяется по номограмме, рис. 2. Номограмма получена путем интерполяции опытных данных с помощью приближения кусочно - кубическими сплайнами. U^* зависит от параметра негерметичности P (отношение величины общей площади открытых проемов к величине объема камеры, m^{-1}) и параметра распределения негерметичности по высоте защищаемого помещения Y (отношение площадей проемов в верхней и нижней зонах объема, %).

Значение t_L определяется опытным путем и составляет 5 с. Коэффициент K_3 принимается равным: $K_3 = 1,5$ – для кабельных сооружений; $K_3 = 1,0$ – для других сооружений. Коэффициент K_4 принимается равным: $K_4 = 1,15$ – при расположении продольной оси кабельного сооружения под углом более 45° к горизон-

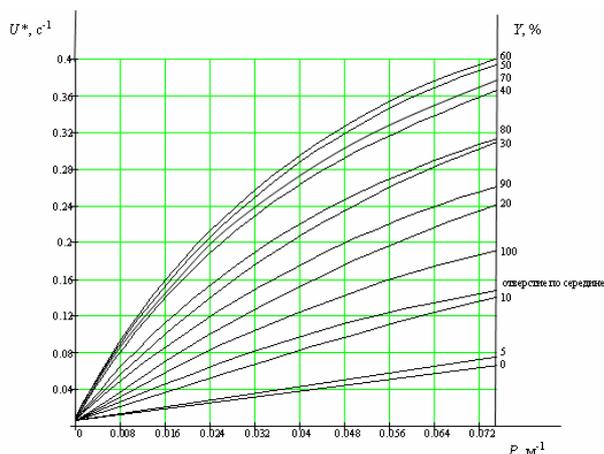


Рис. 2. Номограмма для определения относительной интенсивности подачи огнетушащего аэрозоля в защищаемую камеру по заданному значению параметра не герметичности и различном расположении отверстия (негерметичности)

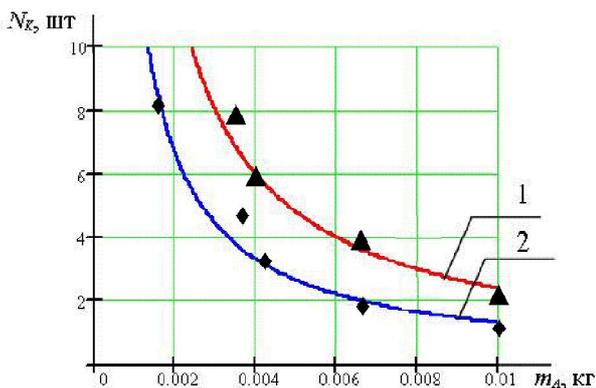


Рис. 3. График зависимости количества контейнеров, необходимых для тушения модельного очага пожара от массы содержащегося в капсуле аэрозолеобразующего состава:
1 – при объеме помещения 0,9 м³,
2 – при объеме помещения 0,453 м³.

- ▲ – количество капсул, при котором наблюдалось тушение газового фонтана, находящегося в помещении объемом 0,9 м³,
- количество капсул, при котором наблюдалось тушение газового фонтана, находящегося в помещении объемом 0,453 м³

ту (вертикальные, наклонные кабельные коллекторы, туннели, коридоры и кабельные шахты); $K_4 = 1,0$ – в остальных случаях. При определении расчетного объема защищаемой камеры объем оборудования, размещаемого в нем, из общего объема не вычитается.

Результаты аналитических исследований аэрозолеобразующих составов при доставке их в контейнерах с использованием установок стволового типа показывают большие перспективы для эффективного применения контейнеров, начиненных АОС для тушения сложных объектов.

Анализируя график, рис. 3, можно сделать вывод, что результаты исследований контейнеров, начиненных АОС подтверждают адекватность выведенной аналитической зависимости необходимого минимального количества контейнеров для тушения пожара в закрытом помещении.

Исследования высоко предохранительных (не вызывающих воспламенение горючего газа при взрыве) взрывчатых веществ для тушения пожаров газовых фонтанов

Применение контейнерной доставки огнетушащих веществ с помощью стволовых установок не ограничивается тушением по-

жаров в помещениях или открытых площадках хранения горючих материалов. Представляет интерес исследование возможности использования данного средства доставки огнетушащих веществ для тушения таких сложных боевых участков на пожаре, как горение газовых фонтанов в местах добычи и хранения горючих газов.

Высоко предохранительные взрывчатые вещества не вызывают воспламенение горючего газа при детонации, поэтому широкое применение они нашли при тушении пожаров класса А (горение газов) методом сбивания пламени или расчленения фронта пламени на участки, неспособные поддерживать горение.

При исследовании высоко предохранительных взрывчатых веществ для тушения пожаров газовых фонтанов решались следующие задачи:

- определялась расчетная начальная скорость продуктов детонации (ПД) взрывчатых веществ (ВВ), что позволило произвести расчеты по нахождению необходимой (нормативной) начальной скорости частиц ВВ, содержащегося в капсулах для разрыва зоны горения газового фонтана (ГФ);

- определялась возможность применения контейнеров с высоко предохранительными взрывчатыми веществами в установках пожаротушения стволового типа для тушения газовых фонтанов;

- была разработана методика расчета огнетушащей способности взрывчатых веществ, используемых при контейнерной доставке в очаг пожара газового фонтана.

- определялась критическая скорость распространения взрывной волны взрывчатых веществ для прекращения горения.

Расчеты распространяются на высоко предохранительные взрывчатые вещества [9], такие как Бикарбиты, СП-1, Шарбрит 4/50 и др., для тушения пожара газового фонтана слабой мощности (расход газа до $2 \text{ млн. м}^3 \cdot \text{сут}^{-1}$, скорость истечения газа – до $400 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$) при условии детонации ВВ в зоне горения. При попадании в зону горения газового фонтана контейнер разрывается, освобождая продукты детонации. При этом наиболее достижимыми механизмами тушения подобных пожаров являются отрыв зоны горения от горючего веще-

ства, снижение скорости потока горючего газа, поступающего из сопла до значений ниже минимальных и дробление зоны горения.

Рассмотрим наиболее благоприятную для горения зону в газовом фонтане, так называемую зону равных скоростей (область, в которой турбулентная скорость горения приблизительно равна скорости поступления горючего газа в зону реакции горения). Для отрыва зоны горения от горючего вещества с использованием контейнеров, массы взрывчатого вещества должно быть достаточно для придания продуктам детонации и осколкам оболочки контейнера - взрывной волне скорости больше чем турбулентная скорость распространения пламени по горючей смеси газового факела (скорости поступления горючего вещества в зону реакции) [10]

$$v_0 > u_T (w_p), \quad (35)$$

где v_0 – начальная скорость разлета осколков контейнера и продуктов детонации (взрывной волны), $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$; u_T – турбулентная скорость распространения пламени, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$; w_p – скорость потока газов, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Скорость разлета осколков определим по формуле (18). Подставляя (34) в (35) получим формулу, позволяющую рассчитать необходимую массу взрывчатого вещества и параметров контейнера для отрыва зоны горения от горючего вещества – тушения пожара газового фонтана

$$\frac{W}{2} \cdot \sqrt{\frac{C_Z}{2 \cdot M_{OB} + C_Z}} > u_T (w_p), \quad (36)$$

где M_{OB} – масса оболочки, кг; C_Z – масса заряда ВВ, кг; W – скорость детонации конденсированных взрывчатых веществ, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$.

С использованием расчетной формулы (19) построен график зависимости начальной скорости распространения взрывной волны (Шарбрита 4/50) от массы взрывчатого вещества и оболочки контейнера, рис. 4. Из рис. 4 видно, что при массе оболочки $M_{OB} = 0,2 - 0,4$ кг и массе взрывчатого вещества $C_Z = 0,9 - 1,1$ кг контейнер обеспечит разрыв зоны горения газового фонтана со скоростью поступления горючего газа $w_p = 545 - 642$, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Результаты проведенных исследований показали научную и практическую значимость применения методов контейнерной доставки

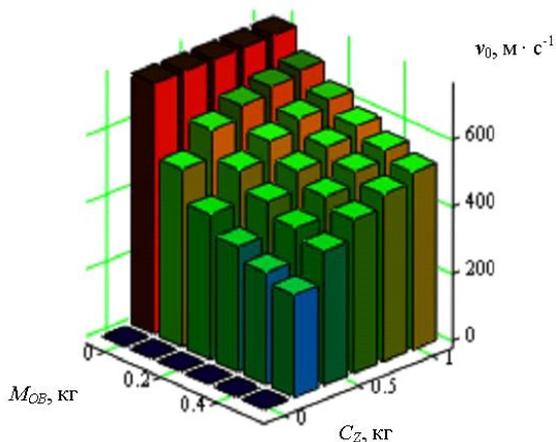


Рис. 4. График зависимости начальной скорости распространения взрывной волны от массы взрывчатого вещества и оболочки контейнера

взрывчатых веществ для тушения очагов пожаров. На основе обобщения современных знаний в области развития и тушения пожаров с использованием взрывчатых веществ, разработан метод расчета начальной скорости разлета продуктов детонации и осколков оболочки контейнера данного вещества, содержащегося в капсулах. Аналитическим способом выведена формула для расчета начальной скорости распространения взрывной волны высоко предохранительных взрывчатых веществ, способной разрывать зону горения газового фонтана – прекращать процесс горения в зависимости от характеристик оболочки капсулы и детонирующего вещества. С использованием расчетной формулы построены графические зависимости, позволяющие оценить характер изменения начальной скорости распространения взрывной волны в зависимости от массы оболочки капсулы контейнера и массы взрывчатого вещества (Шарбрита 4/50). Подтверждено предположение о возможности применения высоко предохранительных взрывчатых веществ в контейнерах для тушения газовых фонтанов.

Перспективы исследования твердой двуокиси углерода в качестве наполнителя контейнеров для тушения пожаров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в резервуарах

Существуют проблемы тушения пожаров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей (ЛВЖ и ГЖ) [11]. Применение метода

контейнерной доставки раскрывает новые возможности тушения ЛВЖ и ГЖ. С использованием установки стволового типа открываются новые возможности доставки на удаленное расстояние огнетушащих веществ, ранее практически не используемых из – за отсутствия технических средств доставки для тушения пожаров и в том числе тушения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

Все применяемые в практике пожаротушения способы борьбы с такими пожарами несовершенны и имеют ряд недостатков, которые также оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду. Так, при поверхностном или подслоном тушениях пожаров с применением различных типов пенообразователей используется большое количество огнетушащих средств, необходимых для образования пены. Раствор, образующийся после разрушения пены, перемешивается с содержимым резервуара или попадает в окружающую среду через стоки, дренажные коллекторы. Характер действия пенообразователей, применяемых для получения пены, на окружающую среду - загрязнение, которое может привести к нарушению экологического равновесия и изменению биохимических процессов в районе пожара.

К числу перспективных огнетушащих веществ можно отнести такие вещества, как твердая двуокись углерода и малоизученные ингибиторы различных классов огнетушащих веществ. Как показывают исследования, высокоэффективных может стать способ тушения ЛВЖ и ГЖ твердой двуокисью углерода, который предполагает, в первую очередь сохранение структуры ЛВЖ и ГЖ, например, нефтепродуктов, поскольку двуокись углерода в процессе сублимации превращается в газ и улетучивается в атмосферу.

Принцип тушения пламени горячей жидкости основан на теории потухания пламени и заключается в следующем: твердую двуокись углерода в виде гранул доставляют в контейнерах в нижние слои горячей жидкости. Плотность твердой фазы двуокиси углерода выше плотности жидкости и контейнеры погружаются в жидкость, опускаются на дно резервуара. (температура твердой фазы двуокиси углерода составляет- 78°C), твердые частицы двуокиси углерода начинают актив-

но выделять газ двуокиси углерода, протекает сублимация, в результате которой происходит активное поглощение тепла от нижнего слоя жидкости. Выделившийся газ двуокиси углерода устремляется к поверхности зеркала жидкости. Помимо поглощения тепла от жидкости, вследствие теплообмена бинарной системы газ - жидкость, газовые потоки за счет силы трения вызывают турбулентные завихрения, создающие активное перемешивание слоев, что приводит к снижению температуры поверхностного слоя. Кроме того, в процессе сублимации с потерей массы отдельные гранулы поднимаются к поверхности. Это связано с образованием вокруг гранул постоянной газовой оболочки, которая создает подъемную силу. Происходит дополнительный тепломассоперенос, снижающий энергетический запас поверхностного слоя.

Выделяющийся газ, проникая через границу среды жидкость - атмосфера, скапливается над поверхностью зеркала жидкости. Происходит разбавление и охлаждение зоны горения. Необходимо заметить, что газ двуокиси углерода нейтральный, и процентная концентрация, достаточная для потухания пламени, составляет 25 - 30% от состава смеси горючего газа и инертной двуокиси углерода.

Однако учеными, исследующими данный способ тушения, не решен вопрос о доставке твердой двуокиси углерода в горящий резервуар, а это не маловажный фактор, влияющий на быструю локализацию и тушение пожара повышенной сложности.

Эффективно осуществлять доставку твердой двуокиси углерода при вышеописан-

ном способе тушения возможно лишь методом метания и забрасывания в контейнерах. Наиболее приемлемым техническим, средством, обеспечивающим реализацию данного метода, является стволовая установка контейнерной доставки огнетушащих веществ.

Принципиальная схема процесса доставки контейнеров при тушении пожаров ЛВЖ и ГЖ твердой двуокисью углерода представлена на рис. 5. Контейнеры, корпус которых выполнен из легкоплавкого материала или полиэтиленовой оболочки начинены твердой двуокисью углерода. Они забрасываются в резервуар с горячей жидкостью при помощи установок контейнерной доставки огнетушащих веществ. Контейнеры попадают в горящую жидкость, у части контейнеров при прохождении сквозь пламя оболочка плавится или разрывается от избыточного давления, создаваемого газами, испаряющейся от повышенной температуры твердой двуокиси углерода. При этом гранулы твердой двуокиси углерода попадают в горящую жидкость.

Вследствие действия всех описанных механизмов: охлаждения и перемешивания слоев жидкости, охлаждения и разбавления зоны пламенного горения - наступает потухание пламени и тушение пожара. Высокая эффективность вышеописанного нового способа тушения горючих жидкостей в резервуарах может быть достигнута при использовании контейнерной доставки твердой двуокиси углерода.

Перспективы исследования эффективных жидкостных и твердых огнетушащих веществ качестве наполнителя контейнеров для тушения пожаров

С появлением технических средств контейнерной доставки и методов метания контейнеров появляется возможность исследования эффективных ингибиторов процессов горения среди галоидоуглеводородов и ингибиторов других классов веществ. Большой интерес в этом отношении представляют некоторые металлоорганические соединения, известные своими антидетонационными свойствами. К числу таких веществ относятся, например, тетраэтилсвинец (тяжелая жидкость, имеющая при нормальных условиях

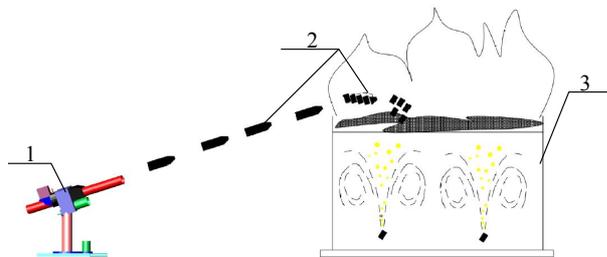


Рис. 5. Принципиальная схема процесса доставки контейнеров при тушении пожаров ЛВЖ и ГЖ твердой двуокисью углерода:

1 – ствольная установка контейнерной доставки огнетушащих веществ; 2 – контейнер, начиненный гранулами твердой двуокиси углерода; 3 – резервуар с ГЖ (ЛВЖ)

высокую плотность), карбонилы железа и никеля (летучие жидкости). Также вышеназванные химические соединения могут быть и твердыми веществами [2]. Существует возможность ингибирования процесса горения металлоорганическими соединениями, которое обусловлено реакцией оксида металла, образуемого из исходного соединения в пламени, с гидроксильными радикалами.

По причине отсутствия средств доставки вышерассмотренные вещества не нашли практического применения для тушения пожаров, однако исследование данных огнетушащих веществ с доставкой их в контейнерах является важной составляющей в исследованиях стволовых установок контейнерной доставки огнетушащих веществ, служащей для расширения и облегчения поиска новых, более эффективных огнетушащих составов.

Выводы

1. В результате анализа состояния применения существующей пожарной техники выявлена необходимость в разработке и применении технических средств доставки огнетушащих веществ на удаленное расстояние, способных высокоэффективно использовать наиболее перспективные огнетушащие составы.

2. Результаты проведенных исследований показали научную и практическую значимость применения методов контейнерной доставки взрывчатых веществ для тушения очагов пожаров.

3. Проведены исследования контейнеров, начиненных порошковыми, аэрозолеобразующими огнетушащими составами, хладонами, взрывчатыми веществами.

4. Разработана методика экспериментальных исследований определения огнетушащей эффективности контейнеров, начиненных порошковыми составами при выбросе их под действием избыточного давления продуктов детонации взрывчатых веществ.

5. Результаты аналитических исследований позволяют утверждать о возможности эффективного применения контейнеров, начиненных хладонами для тушения особо важных и особо сложных объектов. Кроме того, аналитически выведенная зависимость (32) дает возможность рассчитать необходимое

количество контейнеров для тушения пожара в помещении.

6. Результаты аналитических исследований аэрозолеобразующих составов при доставке их в контейнерах с использованием установок стволового типа показывают большие перспективы для эффективного применения контейнеров, начиненных АОС для тушения сложных объектов. Результаты экспериментальных исследований контейнеров, начиненных АОС подтверждают адекватность выведенной аналитической зависимости необходимого минимального количества контейнеров для тушения пожара в закрытом помещении.

7. На основе обобщения современных знаний в области развития и тушения пожаров с использованием взрывчатых веществ, разработан метод расчета начальной скорости разлета продуктов детонации и осколков оболочки контейнера данного вещества, содержащегося в капсулах. Аналитическим способом выведена формула для расчета начальной скорости распространения взрывной волны высоко предохранительных взрывчатых веществ, способной разрывать зону горения газового фонтана – прекращать процесс горения в зависимости от характеристик оболочки капсулы и детонирующего вещества. Подтверждено предположение о возможности применения высоко предохранительных взрывчатых веществ в контейнерах для тушения газовых фонтанов.

8. Изучена проблема тушения пожаров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Предлагается обеспечить возможность использования нового способа тушения с использованием твердой двуокиси углерода. Определено, что высокая эффективность данного способа тушения горючих жидкостей в резервуарах может быть достигнута исключительно при использовании контейнерной доставки твердой двуокиси углерода.

9. Проанализированы перспективы внедрения в практику пожаротушения не нашедших практического применения (из-за своих физических свойств) для тушения пожаров высокоэффективных жидкостных и твердых огнетушащих веществ.

10. Исследование перспективных огнетушащих составов с доставкой их в контейне-

рах является важной составляющей создания и применения стволовых установок контейнерной доставки огнетушащих веществ для решения проблемных задач пожаротушения на удаленном расстоянии сложных пожаров.

Исследования проведены при содействии Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 05-01-96504.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ №2233681. Способ контейнерной доставки огнетушащего вещества. Установка пожаротушения стволового типа и контейнер доставки для реализации способа /А.М. Царев// Бюллетень изобретений. 2004. №22.
2. Баратов А.Н. Горение-Пожар-Взрыв-Безопасность. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003.
3. Моделирование пожаров и взрывов. /Под ред. Брушлинского Н.Н. и Корольченко А.Я. М.: Пожнаука, 2000.
4. Салем. Р.Р., Шароварников А.Ф. Общая химия. М.: Вузовская книга, 2002.
5. Кочетков К.Е., Котляревский В.А. Аварии и катастрофы / Книга 2.: Предупреждение и ликвидация последствий / Под ред. А. В. Забегаева. - М.: 1996; 384 с.
6. НПБ 88-2001. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2002.
7. Баратов А.Н. Проблемы современных средств и способов пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. 1992. Т. 1. № 2.
8. Прокопенко Г.В., Буланова Л. А., Сафонов В.В. Установки аэрозольного пожаротушения: Элементы и характеристики, проектирование, монтаж и эксплуатация. М.: ВНИИПО МВД России, 1999.
9. Кукиб Б.Н., Росси Б.Д. Высокопредохранительные взрывчатые вещества. М.: Недра, 1980.
10. Абдурагимов И.М., Говоров В.Ю., Макаров Е.В. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. М.: ВИПТШ МВД РФ, 1980.
11. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Специальный выпуск "ELPIT-2005". Том 2. Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2005.

MECHANICS OF ADVANCED FIRE-EXTINGUISHING STUFFS ACTION IN FIRE-EXTINGUISHING INSTALLATION OF GUN-TUBE TYPE FOR CONTAINER DELIVERY BY THROWING METHOD IN CASSETTE

© 2007 А.М. Tsaryev, D.A. Juikov

Togliatti State University

There were realized the theoretical and experimental investigations of advanced fire – extinguishing stuffs action and stuffs delivery in the containers to remote distance by throwing method with fire – extinguishing installation usage of gun – tube type for hard fire liquidation