

*М.В. Кустов, преподаватель, НУГЗУ,
В.Д. Калугин, д-тор. хим. наук, профессор, НУГЗУ,
Г.В. Тарасова, канд. хим. наук, доцент, НУГЗУ,
Д.Г. Булавка, курсант, НУГЗУ*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВКЛАДОВ КОМПОНЕНТ РАЗЛИЧНЫХ ОГNETУШАЩИХ СОСТАВОВ НА МЕХАНИЗМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Выбраны основные факторы, влияющие на эффективность огнетушащих составов. Рассмотрены методы и средства повышения вклада каждого фактора в суммарный огнетушащий эффект жидких систем на основе воды. Высказаны представления о возможных путях повышения огнетушащей способности жидких систем.

Ключевые слова: механизмы тушения, огнетушащие составы, факторы повышения эффективности, жидкие системы.

Постановка проблемы. Ежегодно возрастающие убытки от пожаров демонстрируют недостаточную эффективность используемых для тушения различных по физической и химической природе составов. В этой связи одной из проблем, подлежащей разрешению, является установление природы механизмов повышения огнетушащей способности различных составов и повышение их долевого вклада в суммарный эффект пожаротушения.

Анализ последних достижений и публикаций. Из литературных источников [1-3] известно, что существует четыре основных механизма прекращения горения: охлаждение, ингибирование, изоляция и флегматизация. Предлагаемые модификации огнетушащих систем повышают свою огнетушащую способность за счёт повышения действия какого-либо одного механизма тушения [4]. Однако в настоящее время установлено, что большей огнетушащей эффективностью обладают комплексные составы, способные задействовать достаточно активно сразу несколько механизмов [4-6].

Постановка задачи и её решение. Целью работы является рассмотрение факторов, максимально обеспечивающих действие механизмов прекращения горения, и исследование возможности их максимального проявления при тушении пожаров многокомпонентными составами.

При подавлении горения различными огнетушащими составами задействуются практически все механизмы прекращения горения,

при этом доминирующая роль зачастую может принадлежать лишь одному механизму, а вклад остальных механизмов может оставаться незначительным, поэтому при рассмотрении принципов тушения ими пренебрегают с достаточной степенью точности. Так при тушении водой и водными растворами смачивателей (ПАВ) или загустителей (ВМС) работает механизм охлаждения зоны горения и поверхности горючего материала; в случае тушения различными пенами доминирующую роль играет механизм изоляции горючего вещества от окислителя; при рассмотрении огнетушащего действия хладонов и большинства порошков преобладает механизм ингибирования каталитических центров пламени, а при использовании инертных газов и паров работает механизм флегматизации.

В результате обработки литературных данных предшествующих исследований [1-5] установлено, что наиболее перспективной системой, способной задействовать при тушении пожара максимальное количество механизмов прекращения горения являются жидкие системы, а именно истинные и коллоидные растворы на основе самого распространённого и доступного растворителя – воды.

На основе результатов анализа различных способов повышения огнетушащей способности воды и результатов изучения основных факторов, подавляющих процесс горения, нами построена блок-схема различных механизмов пожаротушения, представленная на рис. 1.

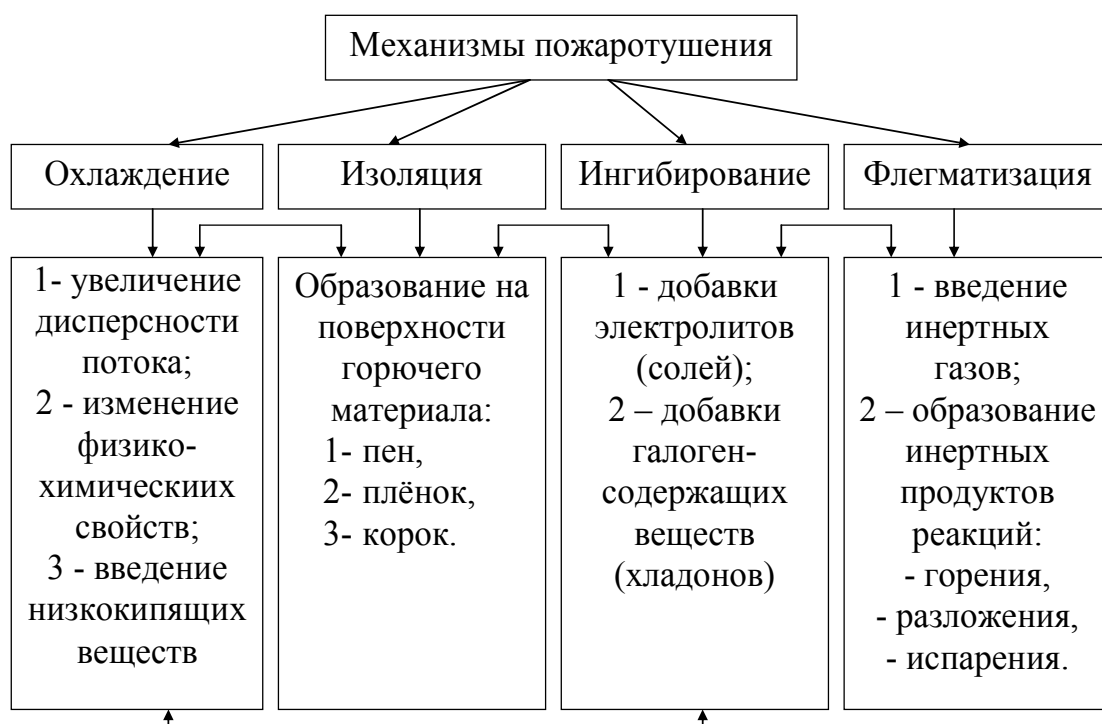


Рис. 1. – Блок-схема комплексного действия механизмов повышения огнетушащей эффективности жидких систем

Для подтверждения высказанных механизмов тушения выполнены экспериментальные исследования огнетушащей эффективности различных систем на очагах 2А и В, сведения о которых приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Огнетушащая эффективность различных жидких систем

Состав огнетушащей жидкости	Огнетушащая эффективность (2А), г/м ²	Огнетушащая эффективность (В), г/м ²
H ₂ O без добавок	1292	тушение не происходит
H ₂ O + NH ₄ H ₂ PO ₄ (25%) истинный раствор	522	тушение не происходит
Состав 1 (H ₂ O + неионогенное ПАВ (1% масс.) + ВМС (0,1% масс.)) истинный раствор	878	тушение не происходит
Состав 2 (состав 1 + NH ₄ H ₂ PO ₄ (5%)) истинный раствор	693	52500
Состав 3 (состав 2+CH ₃ I (7% масс.)) эмульсия	366	18600

Обработка результатов экспериментов, представленных в табл.1, позволила установить влияние отдельных компонент пожаротушающих систем конечного вида [6, 7] на отдельные механизмы пожаротушения (в % по отношению к воде без добавок). Результаты этих расчётов сведены в табл. 2.

Таблица 2 – Материальный баланс масс компонент пожаротушающих составов по различным механизмам подавления очагов пожара (%)

Состав / Механизм	Охлаждение	Изоляция	Ингибирование	Флегматизация
H ₂ O + NH ₄ H ₂ PO ₄ (25%) истинный раствор	22,8 (2А)/ - (В)	~ 0 (2А)/ - (В)	77,2 (2А)/ - (В)	~ 0 (2А)/ - (В)
H ₂ O + неионогенное ПАВ (1% масс.) + ВМС (0,1% масс.) + NH ₄ H ₂ PO ₄ (5%)+CH ₃ I (7% масс.) эмульсия	60,4 (2А)/ 16,6 (В)	~ 0 (2А)/ ~ 0 (В)	39,6 (2А)/ 83,4 (В)	~ 0 (2А)/ ~ 0 (В)

Анализ материального баланса масс компонент пожаротушающих составов по механизмам подавления очагов пожара однозначно показал, что в изученных системах тушения преобладают механизмы охлаждения (20-60%) и ингибирования (40-80%).

Представленные результаты табл. 2 требуют более глубокого анализа факторов, которые могут существенно влиять на эффективность проявления различных механизмов пожаротушения, в частности, механизмов охлаждения и ингибирования для систем пожаротушения на указанных в табл. 1 и 2 очагах пожаров.

Результаты экспериментов однозначно свидетельствуют, что необходимо специальное исследование материального и теплового балансов систем пожаротушения для обоснования механизмов изоляции и флегматизации, вскрыть суть которых на основе представленных в табл. 1 и 2 материалов невозможно.

С учётом сказанного в данном сообщении мы выполнили предварительный анализ влияния различных факторов на эффективность проявления различных механизмов пожаротушения.

Из рис. 1 можно увидеть, что увеличение дисперсности потока играет значительную роль в повышении эффективности тушения за счёт увеличения интенсивности отвода тепла, которое описывается уравнением:

$$\frac{dQ}{d\tau} = \frac{\lambda_r T_r}{2\rho_k d_k^2}, \quad (1)$$

где: λ_r – коэффициент теплопроводности газовой фазы, $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$; T_r – температура газовой фазы пожара, К; d_k – средний диаметр капель в потоке огнетушащей жидкости, м; ρ_k – плотность огнетушащей жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$ [2].

Поскольку на физические параметры числителя формулы (1) в процессе тушения пожара мы повлиять не можем, поэтому для увеличения интенсивности отвода тепла нам необходимо уменьшать плотность огнетушащей системы (изменяется в узком диапазоне) и размер капель в потоке. Задача увеличения дисперсности потока на сегодняшний день осуществляется с помощью технических средств. Однако в этом случае в практике пожаротушения сталкиваются с другими проблемами: нехваткой дорогостоящего оборудования для подачи жидкости под большим давлением; с существенным уменьшением дальности подачи диспергированных огнетушащих веществ; с выносом мелких капель мощными конвективными потоками на подлёте их к очагу горения. Для устранения этих недостатков предлагается использовать эмульсии пропеллентов (нерастворимых в воде веществ с низкой температурой кипения) в воде [6]. В этом случае дополнительное увеличение дисперсности потока жидкости происходит за счёт изменения физико-химических свойств, а именно – за счёт уменьшения поверхностного натяжения (для этого используют добавки поверхностно-активных веществ (ПАВ)) и дополнительного

дробления капель воды в высокотемпературном поле при испарении микрокапель пропеллента.

На эффективность охлаждения существенное влияние оказывает увеличение времени контакта огнетушащего состава с охлаждаемой поверхностью, что приводит к более полному испарению жидкости. Это особенно важно в случае с наклонными либо вертикальными поверхностями. Задержку жидкости на наклонных поверхностях обеспечивают путём увеличения её вязкости за счёт добавок высокомолекулярных соединений (ВМС). Однако в этом случае необходимо учитывать, что повышение вязкости огнетушащих растворов приводит к изменению гидродинамических свойств жидкости, что затрудняет подачу жидкости в зону горения. В связи с этим при разработке новых огнетушащих систем необходимо не допускать увеличения вязкости выше некоторого критического значения, либо использовать составы, в которых образование вязкой системы осуществляется непосредственно в зоне горения. К таким системам можно отнести гелеобразующие составы [7].

Таким образом все факторы, повышающие охлаждающее действие жидких огнетушащих систем, включая и использование низкотемпературных веществ, могут проявляться при использовании огнетушащих эмульсий. Такие системы также эффективно работают и по механизму ингибирования за счёт присутствия в своём составе солей и использования в качестве пропеллентов галогенсодержащих углеводородов. Необходимо добавить, что присутствие в эмульсиях некоторых электролитов может приводить к образованию на поверхности твёрдого горючего материала (ТГМ) изолирующей корки.

При тушении горючих жидкостей (ГЖ) основным механизмом прекращения горения является изоляция, за счёт нанесения на поверхность ГЖ пен. В области пенообразования на сегодняшний день проведено большое количество научных и научно-практических работ. Однако все они направлены на образование пены в зоне подающего устройства. При этом часто сталкиваются с основной проблемой пенного тушения – критически низкой дальностью подачи пены (за счёт её низкой плотности), которая зачастую меньше минимально безопасной дальности нахождения личного состава и техники от очага горения. Эту проблему также можно решить, используя эмульсию пропеллента в пенообразующем растворе, в результате чего пенообразование происходит непосредственно в зоне горения за счёт вскипания пропеллента. Дополнительный эффект тушения (за счёт ингибирования) проявляют добавки солей.

Механизм флегматизации присутствует во всех случаях использования огнетушащих систем на основе воды за счёт образования в очаге пожара водяного пара и других неактивных газообразных

продуктов. Для повышения эффекта флегматизации предлагается введение в состав огнетушащих жидкостей веществ, при разложении которых образуются инертные газы (двуокись углерода, азот и др.). Однако эти и другие представления о влиянии факторы на механизмы пожаротушения будут развиты в других сообщениях.

Выводы. В работе на основе предшествующих и собственных экспериментальных данных структурированы факторы, влияющие на эффективность тушения пожара по основным механизмам прекращения горения. На основе предложенной схемы механизмов тушения и расчётов влияния компонент на огнетушащую эффективность проанализированы существующие огнетушащие составы. Установлено, что в качестве наиболее подходящих веществ, которые могут объединять все механизмы пожаротушения в одном составе на основе воды, являются эмульсии пропеллентов в воде с добавками ПАВ, ВМС и электролитов. Сделано предположение о большой эффективности использования огнетушащих эмульсий при тушении горючих жидкостей. Сформулированы условия повышения огнетушащей эффективности жидких систем для различных типов очагов пожара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов А.В. Теоретические и практические вопросы разработки и применения огнетушащих веществ в Украине / А.В. Антонов – М.: ВНИИПО МВД России, 2001. – С. 10-12. – (Материалы XVI науч-практ. конф. Ч.2)

2. Тарахно О.В. Фізико-хімічні основи використання води в пожежній справі / О.В. Тарахно, А.Я. Шаршанов. – Харків, 2004. – 252 с.

3. Провести теоретичні і експериментальні дослідження процесів придушення полум'я вогнегасними речовинами і виявити шляхи підвищення їх ефективності: Звіт про НДР. – К.: УкрНДІПБ МВС України, 1995.

4. Антонов А.В. Вогнегасні речовини. Посібник. / А.В. Антонов, В.О. Боровиков, В.П. Орел [та ін.]. – Київ: Пожінформтехніка, 2004. – 176 с.

5. Кустов М.В. Поведение эмульсий с легкокипящей дисперсной фазой в условиях высоких температур/ М.В. Кустов, В.Д. Калугин – Харків: УЦЗУ, 2008. – С. 108-114. – (Проблеми надзвичайних ситуацій; вип. 8).

6. Пат. 87619 Украина, МПК А62 D1/08. Вогнегасна емульсія./ Калугін В.Д., Кустов М.В., заявл. 25.02.2008; опубл. 27.07.2009, Бюл. 14, 2009.

nuczu.edu.ua

7. Пат. 60882 Україна, МКІ 7А62С1/00. Спосіб гасіння пожежі та склад для його здійснення / Борисов П.Ф., Росоха В.О., Абрамов Ю.О., Кіреєв О.О., Бабенко О.В. (Україна). АПБУ.-№ 2003032600. Заявл. 25.032003; опубл. 15.10.2003, бюл. № 10, 2003.

М.В. Кустов, В.Д. Калугін, Г.В. Тарасова, Д.Г. Булавка

Дослідження вкладів компонент різних вогнегасних складів на механізми пожежогасіння

Обрані основні фактори, які впливають на ефективність вогнегасних складів. Розглянуті методи та засоби підвищення вкладу кожного фактору в сумарний вогнегасний ефект рідинних систем на базі води. Висловлені уявлення о можливих шляхах підвищення вогнегасної здатності рідинних систем.

Ключові слова: механізми гасіння, вогнегасні склади, фактори підвищення ефективності, рідинні системи.

M.V. Kustov, V.D. Kalugin, G.V. Tarasova, D.G. Bulavka

Research contributions of various components of extinguishing agent on the mechanisms of firefighting.

Selected major factor affecting the efficiency of extinguishing agent. Methods and means for increasing the contribution of each factor in the overall effect of extinguishing systems based on liquid water. Expressed ideas about possible ways to improve the ability of liquid fire extinguishing systems.

Keywords: mechanisms of fire, extinguishing agent, efficiency factors, liquid system.