

А.А. Киреев, канд. хим. наук, доцент, НУГЗУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ОГNETУШАЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИХ СОСТАВОВ НА МОДЕЛЬНЫХ ОЧАГАХ ПОЖАРОВ КЛАССА А С ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТЬЮ УКЛАДКИ

(представлено д-ром хим. наук Д.В.Калугиным)

Экспериментально исследовано огнетушащее действие гелеобразующих систем $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$ и $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$, раствора $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ и воды на модельных очагах пожаров класса А с высокой плотностью укладки. Наилучшие результаты показало использование одного компонента гелеобразующей системы – раствора $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$.

Ключевые слова: огнетушащее действие, гелеобразующие системы, модельные очаги пожаров класса А, плотность укладки.

Постановка проблемы. Одним из важнейших количественных показателей эффективности огнетушащего вещества (ОВ) является его показатель огнетушащей способности [1-2]. При тушении твердых горючих материалов этот показатель определяется массой огнетушащего вещества, приходящегося на единицу площади модельного очага пожара достаточной для уверенного тушения в нём в условиях стандартного эксперимента.

При тушении реальных пожаров огнетушащая эффективность веществ оказывается существенно меньше соответствующих теоретических значений. Так, для жидкофазных огнетушащих веществ, основным из которых является вода, огнетушащая эффективность на порядок меньше теоретических значений. Это обусловлено рядом факторов – потерями огнетушащего вещества за счёт стекания с вертикальных и наклонных поверхностей и эффектом образования между каплями воды и нагретой поверхностью паровой плёнки (эффекта Лейденфроста) [3]. Ещё одним фактором, определяющим эффективность пожаротушения, является способность ОВ проникать в скрытые области горения. Она определяется как характеристиками подачи ОВ, так и их физико-химическими свойствами.

Анализ последних исследований и публикаций. Для предотвращения потерь огнетушащих жидкофазных веществ были предложены огнетушащие и огнезащитные гелеобразующие средства (ГОС) [4-5]. Они состоят из двух отдельно хранимых и одновременно подаваемых составов. Один из составов представляет собой раствор гелеобразующего компонента – силиката щелочного металла. Второй

состав – раствор веществ взаимодействующих с силикатом с образованием устойчивого нетекучего геля. Гель образует слой, который прочно закрепляется на вертикальных и наклонных поверхностях.

Как известно, основными механизмами прекращения горения являются: охлаждение зоны горения или горящего вещества, разбавление веществ, участвующих в процессе горения, изоляция горючих веществ от зоны горения, ингибирование химической реакции окисления. Гелеобразующие составы в той или иной степени обладают всеми механизмами прекращения горения. Так как основную часть таких составов представляет вода, то им присуще высокое охлаждающее действие. При испарении ГОС образуются пары воды, которые обеспечивают разбавляющее действие. После испарения воды из слоя геля образуется слой ксерогеля, который проявляет изолирующее действие. В состав гелеобразующей композиции возможно введение ингибиторов горения, что позволяет увеличить огнетушащее действие таких составов.

Недостатком ГОС является их низкая проникающая способность. Это связано с тем, что в результате обработки горящих или защищаемых поверхностей образуется нетекучий слой геля, который лишь в незначительной степени способен отдавать жидкость. Для повышения проникающей способности ГОС предложено в их состав вводить поверхностно-активные вещества (ПАВ) [6-7]. Однако, ПАВ повышают лишь смачивающее действие и практически не изменяют текучесть ГОС. Поэтому, актуальным является разработка методов применения ГОС обеспечивающих высокие проникающие свойства ОВ.

Постановка задачи и её решение. Целью работы является разработка методов применения ГОС, позволяющих повысить их проникающую способность, а также экспериментальное определение показателя огнетушащей способности ГОС для объектов с наличием скрытых областей горения.

Реальные пожары характеризуются широким разнообразием условий горения. Во многих случаях пожарная нагрузка размещается так, что имеется большое количество скрытых от прямого воздействия потока ОВ поверхностей. Для моделирования разнообразных условий размещения пожарной нагрузки используются различные модельные очаги. Одной из важнейших характеристик модельного очага пожара класса А является коэффициент плотности укладки модельного очага. Он определяется как отношение собственного объема брусков горючего материала к общему объему штабеля [8]. С увеличением коэффициента плотности укладки модельного очага ухудшается проникновение ОВ во внутренние области очага. Это приводит к увеличению расхода ОВ на тушение.

В случае применения ГОС на твёрдых поверхностях образуются нетекучий слой геля с низкой проникающей способностью. Однако технология подачи ГОС позволяют подавать один из составов – гелеобразователь или катализатор гелеобразования. Оба состава являются жидкими, однако они отличаются по вязкости. В случае использования в качестве гелеобразователя растворов силиката натрия или калия соответствующие раствор имеет высокую вязкость. Кроме того, при попадании на нагретые поверхности растворы силикатов могут самопроизвольно переходить в гелеобразное состояние. Поэтому индивидуальное применение растворов силикатов как огнетушащих средств с высокими проникающими способностями нецелесообразно.

Катализаторы гелеобразования представляют собой растворы различных солей, вязкость которых лишь незначительно превышает вязкость воды. Исключение составляют лишь концентрированные растворы ряда солей с растворимостью более 30% (хлориды кальция и магния). При нагревании такие растворы, в отличие от силикатов, не теряют текучесть. Наоборот, при увеличении температуры растворов солей вязкость существенно уменьшается.

Таким образом, можно заключить, что при необходимости использования ОВ с повышенной проникающей способностью, целесообразно использовать подачу одного из компонентов ГОС – катализатора гелеобразования, содержащего добавки ПАВ.

Ранее были определены показатели огнетушащей способности ГОС и отдельно её компонентов для модельного очага с коэффициентом плотности укладки 0,53. В случае если размеры штабеля оставить прежними (15×15×16 см), а в каждом слое уложить 5 брусков коэффициент плотности укладки модельного очага составит 0,67. В случае укладки в слое 6 брусков соответствующее значение коэффициента плотности укладки модельного очага составит 0,80. Как видно свободный объём внутри модельного очага уменьшается последовательно в 1,4 и 2,35 раза. Такое уменьшение свободного объёма может существенно повлиять на проникновение ОВ во внутренние области модельного очага, что приведёт к изменению результатов тушения. Для установления эффективности огнетушащего состава при тушении подобных модельных очагов необходимо проведение экспериментальных исследований.

Реализовать модельный очаг такого же общего объёма как ранее исследованный лабораторный модельный очаг пожара класса А затруднительно. Как показали предварительные опыты, с увеличением плотности укладки модельного очага возрастает неравномерность разгорания такого очага. Нижние слои очага в основном прогорают, а верхние еще недостаточно разгорелись. Для обеспечения большей равномерности разгорания разных слоёв модельного очага была

уменьшена его высота (сокращено количество слоёв). Опыты по тушения модельного очага проводились для штабелей состоящих из 6, 4 и 3 слоев, содержащих 5 или 6 брусков в слое. Процесс разжигания очага был изменён. В поддон заливалось 50 мл бензина. Общее время горения штабелей до потери 45 % массы определялся для каждого вида очага экспериментально и изменялся в пределах 7 минут 40 секунд – 4 минуты 50 секунд.

Для тушения использовались ГОС $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2 + \text{ПАВ}$ и $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2 + \text{ПАВ}$, которые проявили соответственно наилучшие огнетушащие свойства при тушении модельного очага с коэффициентом плотности укладки 0,53 и наилучшие оперативные огнезащитные свойства. Способ подачи ОВ был оставлен таки как при тушении модельного очага с коэффициентом плотности укладки 0,53. Для сравнения были проведены опыты по тушению модельных очагов с высокой плотностью укладки водой со смачивателем. Результаты для всех огнетушащих систем представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Расход ОВ на тушение модельных очагов с высоким коэффициентом укладки

Модельный очаг, количество брусков в слое X количество слоёв	Расход ОВ на тушение модельного очага, г			
	$\text{H}_2\text{O} + \text{ПАВ}$	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2 + \text{ПАВ}$	$\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2 + \text{ПАВ}$	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
5×6	290	240	370	160
6×6	410	290	390	190
5×4	200	170	300	140
6×4	220	180	310	180
5×3	150	90	260	80
6×3	160	100	280	90

Как видно из приведенных данных наилучшие огнетушащие свойства проявила ГОС $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2 + \text{ПАВ}$. ГОС $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2 + \text{ПАВ}$ уступила не только аммонийной системе, но и в большинстве случаев и воде. Исключение составляет только штабель 6×6, для которого кальциевая система обеспечила тушение за счет изоляции внешней поверхности штабеля. Обращает на себя внимание тот факт, что преимущество ГОС $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$ по сравнению с водой значительно меньше, чем при тушении штабеля с коэффициентом плотности укладки 0,53. Это можно объяснить меньшей проникающей способностью ГОС по сравнению с водой.

Для проверки факта отрицательного влияния низкой текучести ГОС на его огнетушащую эффективность были проведены опыты по тушению этих же модельных очагов только раствором катализатора гелеобразования $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. Раствор дигидрофосфата аммония имеет вязкость близкую к вязкости воды. Смачивающая способность такого

раствора при введении ПАВ также близка к смачивающей способности водных растворов ПАВ. Соответствующие данные приведены в последнем столбце таблицы 1. Как видно из приведенных данных, отсутствие гелеобразования положительно сказывается на результатах тушения для штабелей с высокой плотностью укладки.

Визуальный осмотр модельных очагов после тушения показал, что все ГОС лишь в незначительной степени попадают во внутренние области пространства модельного очага. Раствор $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ достигает внутренних областей модельного очага в большей степени, чем системы с гелеобразующим эффектом. В тоже время, с тыльной стороны модельного очага практически отсутствуют следы ОВ и в этом случае. Факт тушения модельного очага в случае не полной обработки поверхностей горения указывает на наличие существенного ингибирования в зоне пламенного горения. Что в свою очередь объясняется образованием газообразных ингибиторов горения в процессе термодеструкции дигидрофосфата аммония.

Выводы. В целом по результатам тушения модельных очагов с различной плотностью укладки можно заключить, что при увеличении плотности укладки модельного очага преимущество получает использование одного компонента ГОС – раствора $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. Для модельного очага с плотностью укладки 0,8 можно обеспечить тушение ГОС за счёт изоляции модельного очага от воздуха результате образования плотного слоя геля в узких зазорах между брусками древесины.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДСТУ 2272. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. – К.: Держпожівстандарт України, 2006 – 25 с.
2. Вогнегасні речовини: Посібник. / [А.В Антонов., В.О. Боровиков, В.П. Орел,] – К.: Пожінформтехніка, 2004. – 176 с.
3. Тарахно О.В. Фізико-хімічні основи використання води в пожежній справі / О. Тарахно, А. Шаршанов. – Харків: АЦЗУ, 2004. – 252 с.
4. Пат. 60882 Україна, МПК⁷ А62С1/00. Спосіб гасіння пожежі та склад для його здійснення / Борисов П.Ф., Росоха В.О., Абрамов Ю.О., Кіреєв О.О., Бабенко О.В. Заявник и володар патенту Академія Пожежної Безпеки України.-№ 2003032600; заявл. 25.03.2003; опубл. 15.10.2003, бюл. № 10.
5. Патент 2264242 Російська федерація. МПК⁷ А62С, 5/033.Спосіб тушення пожежі та склад для його здійснення Борисов П.Ф., Росоха В.Е., Абрамом Ю.А., Киреев А.А., Бабенко А.В. Заявитель и патентообладатель Академия пожарной безопасности Украины №2003237256/12; заявл. 23.12.2003; опубл. 20.11.2005, Бюл. №32.

6. Абрамов Ю.А. Исследование влияния поверхностно-активных веществ на огнезащитные свойства гелеобразующих систем / Ю.А. Абрамов, А.А. Киреев, А.В. Александров // Проблемы пожарной безопасности. – 2006.– вып. 19.– С.14-18.

7. Киреев А.А. Исследование огнетушащего действия гелеобразующих огнетушащих составов / А.А. Киреев, С.Н. Бондаренко // Проблемы пожарной безопасности. – 2008.– вып. 24.– С.44-49.

8. Шараварников А.Ф. Выбор и обоснование параметров модельного очага пожара класса А / А.Ф. Шараварников, В.В. Пивоваров. // Пожарная техника и средства пожаротушения: Сборн. научн. трудов ВНИИПО.– 1991.– С.73-77.

nuczu.edu.ua

О.О. Кіреєв

Дослідження вогнегасної дії гелеутворюючих складів на модельних вогнищах пожеж класу А з високою щільністю укладки.

Експериментально досліджена вогнегасна дія гелеутворюючих вогнегасник систем $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$ і $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$, розчину $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ і води на модельних вогнищах пожеж класу А з високою щільністю укладки. Найкращі результати отримані підчас використання одного компонента гелеутворюючої системи – розчину $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$.

Ключові слова: вогнегасна дія, гелеутворюючі системи, модельні вогнища пожежі класу А, щільність укладки.

A.A. Kireev

Investigation of fire extinguishing gel-forming composition on the fire model class a with a high-density installation.

Studied experimentally extinguishing effect of gelling systems $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$ and $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$, the solution $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ and water on the model of seats of fire class A high-density installation. The best result were demonstrated using the one component of gelforming composition – the solution of $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$.

Keywords: fire-fighting action, gelling system, the model pockets of fire class A, packing density.