

*А.А. Киреев, к.т.н., доцент, НУГЗУ,
А.Б. Каракулин, зам. нач. курса, НУГЗУ,
А.С. Шажко, курсант, НУГЗУ*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОГNETУШАЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИХ ОГNETУШАЩИХ СИСТЕМ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ КЛАССА А

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

Проведены экспериментальные исследования огнетушащего действия отдельных компонентов гелеобразующих систем – водных растворов $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, K_2CO_3 , K_2HPO_4 , CaCl_2 , $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ при тушении пожаров класса А. Установлено, что эти растворы имеют большую огнетушащую способность, чем вода.

Ключевые слова: модельные очаги пожара класса А, гелеобразующие системы, огнетушащая способность.

Постановка проблемы. Повышение эффективности пожаротушения является одной из основных задач пожарной науки. Для решения этой задачи одним из наиболее перспективных направлений является подбор новых огнетушащих веществ с повышенными огнетушащими свойствами. Одним из важнейших количественных показателей эффективности огнетушащего вещества (ОВ) является его показатель огнетушащей способности [1-2]. При тушении твёрдых 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.

Повышению эффективности пожаротушения соответствует уменьшение численного значения показателя огнетушащей способности. Этот показатель зависит от ряда факторов, основными из которых являются физико-химические свойства огнетушащего раствора.

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, в основном, определяется потерями огнетушащего вещества за счёт стекания с вертикальных и наклонных поверхностей. Другим фактором неполного использования огнетушащего вещества является эффект образования между каплями воды и нагретой поверхностью паровой плёнки (эффекта Лейденфроста) [3]. Эта плёнка не допускает прямого контакта капель жидкости с твёрдой поверхностью, что приводит к падению вниз крупных капель и уносу конвективными потоками мелких капель.

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.

Ранее были установлены высокие оперативные огнезащитные свойства гелеобразных слоёв [6-8]. Также были проведены исследования огнетушащих характеристик ряда ГОС [9-10]. Наряду с таким положительным свойством как высокий коэффициент использования огнетушащего вещества ГОС проявили и ряд недостатков. Одним из них является низкая проникающая способность ГОС. Из-за этого ГОС практически невозможно использовать для осуществления «пролива» конструкций. Однако, отдельные компоненты ГОС по своей проникающей способности практически не уступают воде. Так как системы подачи ГОС позволяют обеспечивать отдельную подачу гелеобразователя и катализатора гелеобразования, то имеется возможность, в случае необходимости, обеспечить таким системам высокую проникающую способность. До настоящего времени огнетушащие характеристики отдельных компонентов ГОС не были определены.

Постановка задачи и её решение. Целью работы является экспериментальное определение огнетушащих характеристик отдельных компонентов ГОС. В качестве огнетушащих веществ были выбраны хорошо зарекомендовавшие себя катализаторы гелеобразования – водные растворы $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, K_2CO_3 , K_2HPO_4 и CaCl_2 , а также гелеобразователь – раствор $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$.

Для этого были проведены экспериментальные определения показателя огнетушащей способности выбранных растворов при тушении лабораторного очага пожара класса А. В качестве горючего материала была выбрана древесина, требования к которой зафиксировано в ГОСТ 12.1.044-89. В качестве лабораторного модельного очага класса А был выбран штабель из 32 брусков размером $20 \times 20 \times 150$ мм, уложенных в 8 слоёв по 4 бруска в каждом. Расстояние между брусками в ряду 20 мм [9-10].

Процедура разжигания модельного очага состояла в следующем. На весы устанавливалась теплоизолирующая подставка и определялась её масса. Затем на подставке собирался штабель из брусков древесины и проводилось взвешивания штабеля с подставкой. По разнице масс рассчитывалась масса штабеля. После чего под штабель вводился поддон диаметром 12 см, в котором поверх слоя воды наливалось 30 мл бензина А-76. Бензин поджигался. После его полного выгорания (~3 мин) поддон убирался с подставки. Время свободного горения штабеля выбиралось так, чтобы убыль массы штабеля за счёт

горения составляла нормативное значение – 45 %. Общее время разжигания модельного очага составляло ~5 мин.

Тушение осуществлялось с помощью распылителей ОП–301. Расход ОВ регулировался изменением давления и заменой форсунок. Оптимальный расход воды на тушение модельного очага выбирался экспериментально при подаче воды из одного, двух или трёх распылителей одновременно. Для этого была изучена зависимость времени тушения от интенсивности подачи воды. Критическая интенсивность подачи воды составила 900 г/(м²·мин). Что соответствует расходу воды 290 г/мин. Для интенсивностей больших чем критическая интенсивность были определены общие массовые затраты воды на тушения модельного очага. Общее затраты воды с увеличением расхода вплоть до значения 1875 г/(м²·мин) уменьшались. Дальнейшее увеличение интенсивности вплоть до 2810 г/(м²·мин) не приводило к заметному изменению затрат воды. На основании этих результатов за оптимальную интенсивность подачи воды было принято значение 1875 г/(м²·мин), что соответствует расходу 600 г/мин.

Для компонентов гелеобразующих составов был выбран такой же расход. Условия тушения выдерживались согласно ДСТУ 3675–98. Масса огнетушащего вещества, ушедшего на тушение, определялась путем взвешивания распылителей до начала тушения и после него.

Результаты по тушению лабораторного модельного очага класса А представлены в табл. 1.

Табл. 1 – Общие затраты огнетушащих веществ на тушение (m) и показатель огнетушащей способности (Φ) и коэффициент повышения огнетушащей эффективности (K) исследованных систем для лабораторного модельного очага класса А

Огнетушащее вещество	m, кг	Φ, кг/м ²	K
H ₂ O	0,505	1,23	1
ГОС CaCl ₂ (30%) + Na ₂ O·2,7 SiO ₂ (5 %)	0,470	1,15	1,07
ГОС NH ₄ H ₂ PO ₄ (25 %) + Na ₂ O·2,7 SiO ₂ (12 %)	0,115	0,28	4,39
(NH ₄) ₂ CO ₃ (40%)	0,185	0,45	2,73
K ₂ CO ₃ (30%)	0,190	0,46	2,67
K ₂ HPO ₄ (20 %)	0,360	0,88	1,40
CaCl ₂ (30%)	0,220	1,03	1,19
NH ₄ H ₂ PO ₄ (25 %)	0,105	0,26	4,73
Na ₂ O·2,7 SiO ₂ (12 %)	0,480	1, 17	1,05

Во всех случаях расчёт показателя огнетушащей способности проводился по отношению к общей площади модельного очага (0,41 м²). Также приведены и соответствующие данные для воды и двух ГОС, полученные ранее [9-10]. Также в таблице приведены значения коэффициент повышения огнетушащей эффективности по отношению к воде, которые рассчитывались по соотношению:

$$K = \frac{\Phi(H_2O)}{\Phi},$$

где Φ и $\Phi(H_2O)$ - показатели огнетушащей способности раствора и воды, соответственно [3].

Как видно из приведенных данных, отдельные компоненты ГОС превосходят по огнетушащей способности воду. Наилучшие огнетушащие свойства проявляет раствор $NH_4H_2PO_4$ (25 %), который является компонентом ГОС $NH_4H_2PO_4$ (25 %) + $Na_2O \cdot 2,7 SiO_2$ (12 %).

Также высокие огнетушащие свойства проявляют растворы K_2CO_3 и $(NH_4)_2CO_3$. Растворы гелеобразователя $Na_2O \cdot 2,7 SiO_2$ практически не отличаются по огнетушащей способности от воды. На основании вышесказанного можно заключить, что для осуществления «пролива» конструкций при тушении пожара с помощью ГОС целесообразно отдельно использовать раствор катализатора гелеобразования – $NH_4H_2PO_4$ (25 %). В 1,7 раза уступают этому катализатору гелеобразования водные растворы K_2CO_3 и $(NH_4)_2CO_3$. Остальные катализаторы гелеобразования не имеют существенных преимуществ перед водой по показателю огнетушащей способности.

Обращает на себя внимание низкое значение коэффициента повышения огнетушащей эффективности по отношению к воде для ГОС $CaCl_2$ (30%) + $Na_2O \cdot 2,7 SiO_2$ (5 %). По этому показателю эта ГОС уступает раствору $CaCl_2$ (30%). Низкое огнетушащее действие ГОС $CaCl_2$ (30%) + $Na_2O \cdot 2,7 SiO_2$ (5 %) объясняется тем, что эта ГОС обладает наименьшим временем гелеобразования. Это в свою очередь приводит к наименьшей проникающей способности, образуемого геля. ГОС $NH_4H_2PO_4$ (25 %) + $Na_2O \cdot 2,7 SiO_2$ (12 %) проявляет наибольшее время гелеобразования, поэтому из всех ГОС имеет наилучшее проникающее действие. Кроме высоких проникающих свойств последняя ГОС содержит эффективный ингибитор горения $NH_4H_2PO_4$, что обеспечивает ей высокие огнетушащие свойства.

Выводы. На основании экспериментальных исследований огнетушащих характеристик отдельных компонентов ГОС установлено, что наилучшим огнетушащим действием обладает водный раствор $NH_4H_2PO_4$ (25 %). По этому показателю он в 4,7 раза превышает воду. При тушении пожара с помощью ГОС этот компонент ГОС целесообразно использовать для осуществления «пролива» строительных конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 2272. – [Чинний від 2006-06-06]. – К. : Держстандарт України, 2006. – 32 с.
2. Антонов А.В., Боровиков В.О., Орел В.П., Жартовский В.М., Ковалишин В.В. Вогнегасні речовини. Посібник. Київ: Пожінформтехніка, 2004. – 176 с.

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

4. Патент. 60882 Україна, МКІ 7A62C1/00. 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. 25.03.2003; опубл. 15.10.2003, бюл. № 10, 2003.

5. Патент 2264242 Российская федерация. МПК7 А62С, 5/033.Спосіб тушення пожара и состав для его осуществления Борисов П.Ф., Росоха В.Е., Абрамом Ю.А., Киреев А.А., Бабенко А.В. Заявка №2003237256/12. Заявл. 23.12.2003, Опубл. 20.11.10.2005, Бюл. №32.

6. Абрамов Ю.А., Киреев А.А., Жерноклєв К.В. Исследование областей быстрого гелеобразования огнетушащих и огнезащитных систем на основе гидроксидов и карбонатов // Науковий вісник будівництва. – 2006.– вып.36. – С.190-194.

7. Киреев А.А., Тарасова Г.В., Жерноклєв К.В. Исследование массовой скорости выгорания древесины, огнезащищённой гелеобразующей системой $MgCl_2 + Na_2O \cdot 2,7 SiO_2$. // Вестник национального технического университета «ХПИ». – 2006.–№43.– С. 65-70.

8. Киреев А.А. Термогравиметрические исследования огнетушащих и огнезащитных гелей // Проблемы пожарной безопасности.– 2006.– вып. 20. – С.81-85.

9. Абрамов Ю.О., Кіреєв О.О., Щербина О.М.,Бедзай А.О. Дослідження вогнегасної дії гелеутворюючих систем на основі силікатів. // Пожежна безпека. – 2007.– №.11.– С.100-104.

10. Киреев А.А. Исследование огнетушащего действия гелеобразующих огнетушащих составов / А.А. Киреев, С.Н. Бондаренко // Проблемы пожарной безопасности.– 2008.– Вып. 24. – С. 44–49.
nuczu.edu.ua

О.О. Кіреєв, О.Б. Каракулін, О.С. Шажко

Дослідження вогнегасної здатності окремих компонентів гелеутворюючих систем під час гасіння пожеж класу А

Наведені результати експериментальних визначень показника вогнегасної здатності води та водних розчинів $NH_4H_2PO_4$, $(NH_4)_2CO_3$, K_2CO_3 , K_2HPO_4 , $CaCl_2$, $Na_2O \cdot 2,7SiO_2$ при гасінні лабораторного модельного осередку пожежі класу А. Встановлено, що найбільшу вогнегасні дію виявляє розчин $NH_4H_2PO_4$ (25%), який за цим показником у 4,7 рази перевищує воду.

Ключові слова: модельні вогнища пожежі класу А, гелеутворюючі системи, вогнегасна здатність.

A.A. Kireev, O.B. Karakulin, A.S. Chazhko

Estimation the ability for extinguishment coefficient of gelforming systems separate components by put out model seat of fire class A

On the base of experiment by put out model seat of fire class A the extinguishment properties of water and waters solutions $NH_4H_2PO_4$, $(NH_4)_2CO_3$, K_2CO_3 , K_2HPO_4 , $CaCl_2$, $Na_2O \cdot 2,7SiO_2$ was detected. It is established, that the greatest fire extinguishing action manifests solution $NH_4H_2PO_4$ (25%), which for this indicator in 4,7 times more than the water

Keywords: model seat of fire 1A, gelforming system, extinguishment properties.