

17. Пат. 60901 А Україна, С04В28/36. Сірчане в'яжуче: Пат. 60901 А Україна, С04В28/36 Орловський Ю.І., Шналь Т.М., Чак Н.О., Пархоменко Р.В. (Україна).- №2003032713.- Заявл. 28.03.2003; Опубл. 15.10.2003, Бюл. №10. – 3с.

18. Орловская Е.В. Исследование свойств и коррозионной стойкости серных бетонов в условиях эксплуатации калийных производств: Дис. ...канд. техн. наук: 05.23.05. – Харьков, 1991. – 172 с.

19. Пат. 64361 А Україна, В27К3/00, В27К3/52. Склад для просочення деревини: Пат. 64361 А Україна, В27К3/00, В27К3/52 Орловський Ю.І., Шналь Т.М., Демчина Б.Г., Пархоменко Р.В. (Україна). - №2003054550. Заявл. 20.05.2003; Опубл. 16.02.2004, Бюл. №2. – 2с.

УДК 614.84

Ю.О. Абрамов, д.т.н., проф., О.О. Кірсєв, к.хім.н., доц. (Університет цивільного захисту України), О.М. Щербина, к.фарм.н., доц. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності), А.О.Бедзай (Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕГАСНОЇ ДІЇ ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ СИЛКАТІВ

Експериментально визначені показники вогнегасної здатності гелеутворюючих систем, що містять у якості гелеутворювача рідке натрієве скло. Як другий компонент були використані: CaCl_2 , MgCl_2 , NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ і суміші амонійних солей з амофосом. Досліджено вплив добавок змочувачів на вогнегасну здатність гелеутворюючих систем.

Постановка проблеми. Одним з важливих показників ефективності вогнегасної речовини (ВР) є його показник вогнегасної здатності [1-2]. При гасінні твердих горючих матеріалів цей показник визначається масою вогнегасної речовини, що приходить на одиницю площі змодельованого вогнища пожежі достатньої для впевненого гасіння в ньому в умовах стандартного експерименту. Цей показник залежить від ряду факторів, основними з яких є фізико-хімічні властивості вогнегасної речовини і характеристики технічного засобу пожежогасіння.

При гасінні реальних пожеж вогнегасна ефективність речовин виявляється істотно меншою за відповідні теоретичні значення. Так, для рідкофазових вогнегасних речовин, основною з яких є вода, вогнегасна ефективність на порядок менша за теоретичні значення. Це в основному визначається втратами вогнегасної речовини від стікання з вертикальних і похилих поверхонь. Іншим фактором неповного використання вогнегасної речовини є ефект утворення між краплями води й нагрітою поверхнею парової плівки (ефект Лейденфроста) [3]. Ця плівка не допускає прямого контакту крапель рідини із твердою поверхнею, що приводить до падіння вниз великих крапель і віднесення конвективними потоками дрібних крапель. Формально в досліді спостерігається погіршення охолоджувальної дії вогнегасної рідкофазової речовини. Реальною же причиною є втрати вогнегасної речовини.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Для запобігання втрат вогнегасних рідкофазних речовин були запропоновані вогнегасні й вогнезахисні гелеутворюючі системи (ГУС) [4-5]. Вони складаються із двох окремо зберігаємих компонентів, що подаються одночасно. Один із компонентів являє собою розчин гелеутворюючого компонента - силкат лужного металу. Другий компонент - розчин речовин, взаємодіючих із силкатом з

утворенням стійкого не текучого гелю. Гель створює шар, що міцно закріплюється на вертикальних і похилих поверхнях.

Як відомо, основними механізмами припинення горіння є: охолодження зони горіння або палаючої речовини, розведення речовин, що беруть участь у процесі горіння, ізоляція горючих речовин від зони горіння, інгібування хімічної реакції окислювання. Гелеутворюючі компоненти в тому або іншому ступені мають всі механізми припинення горіння. Так як основною частиною таких компонентів є вода, то їм властива висока охолоджуюча здатність. При випарі ГУС утворюються пари води, які забезпечують розбавляючу дію. Після випару води із шару гелю утворюється шар ксерогелю, що проявляє ізолюючу дію. До складу гелеутворюючих сумішей можливе введення інгібіторів горіння, що дозволяє збільшити вогнегасну дію таких складів.

Раніше були встановлені високі вогнезахисні властивості гелеутворюючих шарів [6-8]. Експериментальних досліджень вогнегасної дії ГУС проведено не було.

Постановка завдання і його рішення. Завданням даного дослідження є вивчення впливу складу гелеутворюючих вогнегасних сумішей на їхній показник вогнегасної здатності. Як горючий матеріал була обрана деревина, вимоги до якої зафіксовані в Держстандарті 12.1. 044-89 [9]. Як модельне вогнище класу А був обраний штабель із 32 брусків розміром 20×20×150 мм, покладених в 8 шарів по 4 бруски в кожному. Відстань між брусками в ряді 20 мм [10].

З великої кількості гелеутворюючих сумішей були обрані наступні: $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ и $\text{MgCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$, $\text{NH}_4\text{Br} + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$, $(\text{NH}_4\text{Br} + \text{амофос}) + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ і $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{амофос}) + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$. Для перших двох систем раніше експериментально були встановлені найкращі вогнезахисні властивості [6-8]. Наступні суміші включають компоненти, що мають високі охолоджуючі властивості $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ та інгібуючу дію (NH_4Br , амофос).

Гасіння здійснювалося за допомогою розпилювачів ОП-301. Витрата ВР регулювалася зміною тиску. Оптимальна витрата вогнегасної речовини вибиралася експериментально при гасінні водою із двох розпилювачів одночасно. Для води вона складала 1100 мл/хв. Для гелеутворюючих складів була обрана така ж витрата. Умови гасіння витримувалися згідно ДСТУ 3675-98 [11]. Маса вогнегасної речовини, витраченої на гасіння, визначалася шляхом зважування розпилювачів до початку гасіння й після нього.

Спочатку для порівняння були проведені досліді по гасінню водою зі змочувачем («Сніжок»-1%). Середня витрата води на гасіння змодельованого вогнища за результатами 5 дослідів складала 505 мл, що відповідає витраті на одиницю площі – 1230 мл/м².

Для гелеутворюючих систем $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ и $\text{MgCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ були проведені досліді для трьох різних складів, як з добавкою (1 %), так і без добавки ПАР. Для кожного складу досліді проводилися до моменту отримання трьох позитивних результатів при гасінні змодельованого вогнища. Середні значення з трьох результатів дослідів представлені в таблицях 1 и 2.

Таблиця 1

Залежність мас вогнегасних речовин (m) і їхні відношення до площі змодельованого вогнища (m/S), витрачених на гасіння, від концентрацій (ω) компонентів ГУС для системи $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$

ω ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$), %	ω (CaCl_2), %	ПАР, %	m, г	m/S, г/м ²
5	30	0	470	1150
10	10	0	600	1460
15	5	0	360	880
5	30	1	430	1050
10	10	1	540	1320
15	5	1	330	800

Залежність мас вогнегасних речовин (m) і їхні відношення до площі змодельованого вогнища (m/S), витрачених на гасіння, від концентрацій (ω) компонентів ГУС для системи $MgCl_2 + Na_2O \cdot 2,7 SiO_2$

$\omega (Na_2O \cdot 2,7 SiO_2)$, %	$\omega (MgCl_2)$, %	ПАР, %	m , г	m/S , г/м ²
5	30	0	490	1200
10	10	0	570	1390
15	5	0	360	880
5	30	1	450	1100
10	10	1	520	1270
15	5	1	340	830

Аналіз даних таблиць 1 й 2 дозволяє зробити висновок, що вогнегасна дія двох гелеутворюючих систем відрізняється між собою в незначній мірі. Системи з надлишком одного з компонентів мають кращі вогнегасні властивості в порівнянні із системами з однаковими їхніми концентраціями. Додавання в систему ПАР поліпшує вогнегасні характеристики.

Порівняння вогнегасних характеристик систем $CaCl_2 + Na_2O \cdot 2,7 SiO_2$ і $MgCl_2 + Na_2O \cdot 2,7 SiO_2$ з водою дозволяє зробити висновки, що у випадку надлишку одного із компонентів ГУС, вогнегасна дія таких систем перевищує відповідні значення для води на 20–40 %. Гелеутворюючі системи з однаковими концентраціями двох компонентів поступаються воді по вогнегасній дії.

Візуальні спостереження за процесом гасіння змодельованого вогнища й поведінкою штабеля після ліквідації полум'яного горіння дозволяють зробити ряд висновків. У випадках, коли мало місце повторне загорання, воно виникало з тильної сторони штабеля, що відповідно до вимог ДСТУ 3675-98 не обробляють вогнегасною речовиною. Це можна пояснити поганим проникненням гелю на нижні й тильні поверхні дерев'яних брусків. Компоненти розглянутих ГУС при контакті із твердою поверхнею швидко перемішуються й утворюють за короткий проміжок часу нетекучий гелеутворюючий шар. Раніше в дослідях по визначенню ділянок швидкого гелеутворювання було встановлено, що втрати рідини за рахунок стікання для розглянутих ГУС близькі до нуля [12-13]. Звідси можна припустити, що при гасінні об'єктів, подібних до штабеля з дерев'яних брусків, доцільно використовувати гелеутворюючі системи з більшими проникаючими властивостями в ділянках недоступних для прямого досягнення вогнегасної речовини.

До таких ГУС відносяться системи з амонійними каталізаторами гелеутворювання [14]. Для них характерний більш повільний процес гелеутворення й утворення на першому етапі в'язкого розчину, що 2–3 секунди не втрачає здатність до текучості. Крім того, для таких гелів характерне відділення згодом невеликої кількості води. Досліди по гасінню змодельованих вогнищ для систем $(NH_4)_2SO_4 + Na_2O \cdot 2,7 SiO_2$, $NH_4Br + Na_2O \cdot 2,7 SiO_2$ були проведені для концентрацій $Na_2O \cdot 2,7 SiO_2$ рівних 15 % (при малих концентраціях гелеутворювання не наступає). Концентрації амонійних солей були взяті відповідно 20 і 30 %. Витрата гелю на штабель при гасінні ГУС $(NH_4)_2SO_4 + Na_2O \cdot 2,7 SiO_2$ склала для концентрації $(NH_4)_2SO_4$ 20 % - 310 г, а для концентрації 30 % - 280 г. Ці значення відповідають питомим витратам ВР 760 і 680 г/м² відповідно. Для ГУС $NH_4Br + Na_2O \cdot 2,7 SiO_2$ відповідні витрати склали 350 і 310 г (850 і 760 г/м²). Порівняння результатів по вогнегасній ефективності для систем, що містять амонійну складову, з системами, що містять лужноземельні метали, показують більш високі характеристики для перших систем.

Як відомо, добрі результати з підвищення вогнегасних характеристик води приносить додавання до неї антипіренів [2]. Одними з найбільш ефективних антипіренів є фосфати амонію. На практиці в основному використовують амофос, що містить $NH_4H_2PO_4$. Від введення

останнього в ГУС можна чекати поліпшення їх вогнегасних властивостей. Через те, що сам амофос не викликає швидкого гелеутворення полісилікатів натрію, його необхідно ввести як добавку в каталізатор гелеутворення. Із всіх досліджених каталізаторів гелеутворення амофос сумісний тільки з амонійними каталізаторами гелеутворення.

Розчинність $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ у воді при 25°C становить 27 %. Розчинність амоній дигідрофосфату в розчинах амонійних солей залежить від концентрації цих солей. Для концентрованих розчинів $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ й NH_4Br вона не перевищує 15 %. Одночасно, введення $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ у розчин знижує розчинність амоній броміду й фосфату. Попередні досліди по гасінню змодельованого вогнища показали, що введення амофосу до складу каталізатора гелеутворення значно збільшує вогнегасну здатність ГУС. Тому подальші досліди проводилися для систем з максимальним вмістом амофосу. Результати дослідів по гасінню змодельованого вогнища ГУС $(\text{NH}_4\text{Br} + \text{амофос}) + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{амофос}) + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ наведені в таблицях 3-4.

Таблиця 3

Залежність мас вогнегасних речовин (m) і їхні відношення до площі змодельованого вогнища (m/S), витрачених на гасіння, від концентрацій (ω) компонентів ГУС для систем $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{амофос}) + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$

$\omega (\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2), \%$	$\omega (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{амофос})$	ПАР, %	m, г	m/S, г/м ²
12	22 + 14	0	140	340
12	22 + 14	1	125	305
15	22 + 14	0	130	320
15	22 + 14	1	115	280
18	22 + 14	0	135	330
18	22 + 14	1	120	290

Як видно з наведених даних обидві гелеутворюючі суміші мають близькі вогнегасні властивості, які значно перевищують відповідні характеристики всіх раніше вивчених ГУС. Так, у порівнянні з ГУС, що містять як каталізатори гелеутворення солі кальцію й магнію, вони мають перевагу більш ніж в 2,5 рази. Також більш ніж в 2 рази ГУС, що містять амофос, перевищують по вогнегасній здатності склади з амонійними каталізаторами гелеутворення. Введення ПАР у всіх випадках на ~10% підвищують вогнегасні характеристики ГУС.

Таблиця 4

Залежність мас вогнегасних речовин (m) і їхні відношення до площі змодельованого вогнища (m/S), витрачених на гасіння, від концентрацій (ω) компонентів ГУС для системи $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{амофос}) + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$

$\omega (\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2), \%$	$\omega (\text{NH}_4\text{Br} + \text{амофос}), \%$	ПАР, %	m, г	m/S, г/м ²
12	22 + 14	0	145	350
12	22 + 14	1	125	305
15	22 + 14	0	130	320
15	22 + 14	1	125	305
18	22 + 14	0	130	320
18	22 + 14	1	115	280

Звертає на себе увагу, що показники вогнегасної здатності ГУС $(\text{NH}_4\text{Br} + \text{амофос}) + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{амофос}) + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$, знаходяться на рівні відповідних показників вогнегасних порошків [2]. В той же час їхня вартість більш чим на порядок менша (система $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{амофос}) + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$), ніж порошкових засобів пожежогасіння.

Висновки. Експериментально визначені показники вогнегасної здатності гелеутворюючих сумішей $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ і $\text{MgCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$, $\text{NH}_4\text{Br} + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$, $(\text{NH}_4\text{Br} + \text{амофос}) + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ і $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{амофос}) + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$. Встановлено, що найкращими вогнегасними характеристиками володіють системи, які у своєму складі мають амофос. Показано, що введення у склад вогнегасної системи поверхнево активних речовин збільшує на 5–10 % їх вогнегасну дію.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 2272. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять.
2. Антонов А.В., Боровиков В.О., Орел В.П., Жартовский В.М., Ковалшин В.В. Вогнегасні речовини. Посібник. Київ: Пожінформтехніка, 2004. – 176 с.
3. Патент 2264242 Російська Федерація. МПК7 А62 С 5/033, Спосіб тушення пожежаря і склад для його здійснення / Борисов П.Ф., Росоха В.Е., Абрамов Ю.А., Киреев А.А., Бабенко А.В. Заявка №2003237256/12. Заявл. 23.12.2003, Опубл. 20.11.10.2005, Бюл. №32.
4. Киреев О.О., Муравйов С.Д., Бабенко О.В. Можливість використання гелеутворюючих систем для попередження, локалізації та ліквідації пожеж та загорянь // Хранение и переработка зерна. № 12 (54) – 2003. – С. 52 – 54.
5. Пат. 60882 Україна, МКІ 7А62С1/00. Спосіб гасіння пожежі та склад для його здійснення / Борисов П.Ф., Росоха В.О., Абрамов Ю.О., Киреев О.О., Бабенко О.В. (Україна).- № 2003032600. Заявл. 25.03.2003; опубл. 15.10.2003, бюл. № 10, 2003.
6. Абрамов Ю.О., Киреев О.О., Щербина О.М. Дослідження впливу товщини шару гелю на його вогнегасні властивості. „Пожежна безпека” 2006, № 8, – С. 159-162.
7. Абрамов Ю.А., Киреев А.А., Щербина О.Н. Термогравиметрические исследования огнезащитного действия на древесину гелей системы $\text{MgCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ „Пожежна безпека” 2006, № 9 – С. 42-46.
8. Киреев О.О. Вогнезахисні властивості силікатних гелеутворюючих систем. „Науковий вісник будівництва”, 2006, вып.37, с.188-192.
9. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
10. Жартовский В.М., Цапенко А., Стеценко В. Дослідження процесів пожежогасіння комбінаціями деяких вогнегасних речовин. « Пожежна безпека». 2003, № 7 (46), 28-29.
11. ДСТУ 3675–98. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань. Київ. Держстандарт України. 1998.
12. Киреев А.А., Тарасова Г.В., Романов В.М. Исследование концентрационных областей быстрого гелеобразования в огнетушащих системах на основе силиката натрия. “Проблемы пожарной безопасности”, 2004, вып. 15, с.107-110.
13. Киреев А.А., Романов В.М. Определение областей быстрого гелеобразования в огнетушащих системах $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 - \text{MgCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 - \text{FeSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$. «Проблемы пожарной безопасности», 2004, спец. вып., с.34-37.
14. Абрамов Ю.А., Киреев А.А., Жерноклёв К.В. Исследование областей быстрого гелеобразования огнетушащих и огнезащитных систем на основе гидроксидов и карбонатов. «Науковий вісник будівництва», 2006, № 36, с.190–194.