УДК 666.974.2

Р.В.Пархоменко, к.т.н., В.В.Кошеленко, к.т.н., (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

ДОСЛІДЖЕННЯ ГОРЮЧОСТІ СІРКИ, МОДИФІКОВАНОЇ АНТИПІРЕНАМИ

Розглядаються проблеми горючості сірки та сірчаних мастик. Наведені результати досліджень сірки, модифікованої композиційними добавками-антипіренами. На підставі досліджень запропоновано нові склади сірчаного в'яжучого поліфункціонального призначення підвищеної вогнестійкості.

Останнім часом поряд з традиційними будівельними матеріалами все більш широко застосовуються бетони на основі спеціальних органічних та неорганічних в'яжучих, які використовуються коли необхідне дотримання особливих вимог щодо жаростійкості, хімічної і радіаційнозахисної стійкості, біостійкості тощо. Одними із таких бетонів є бетони на основі сірки. Актуальність використання сірки в будівництві диктується тим, що світовий ринок сьогодні відчуває кризу її перевиробництва. Швидше всього така тенденція збережеться до 2015–2020 років. Це примушує виробників шукати нові ринки збуту сірки.

Сірчаний бетон є конструктивним матеріалом, що є альтернативою для традиційних цементних бетонів у тому випадку, коли, окрім міцності, до бетону пред'являються високі вимоги щодо корозійної стійкості.

Основна відмінність сірчаного бетону від цементного полягає в заміні портландцементу на розплавлену сірку, в'яжучі властивості якої при охолодженні і твердненні були запатентовані ще в 1859 р. [1].

Проте одними із найбільш істотних недоліків бетонів, які модифіковані сіркою, продовжують залишатися низькі термостійкість, термостабільність та вогнестійкість. Через це пошук способів і методів підвищення даних характеристик є важливою науковою і практичною задачею, від успішного вирішення якої залежить масштабність і розширення сфер використання сірки в будівництві.

Перспектива використання сірки в будівництві в Україні пов'язана не тільки з потенційною можливістю збільшення її виробництва завдяки запасам сірчановмісних руд Прикарпаття, але і з значним збільшенням виходу сірки під час очищення топочних газів та інших промислових відходів. Отримання газової сірки, яка має високу хімічну чистоту, сприяє також вирішенню питань екології.

Сірка є горючою речовиною і всі спроби зробити її негорючою поки безуспішні. Проте, модифікування сірки різними хімічними добавками може знижувати її горючість. Горючість сірки залежить від її алотропного стану. Так Ю.І.Орловським отримані результати спалювання наважки в 10 г технічної сірки і полімерсірчаних цементів польського виробництва. Результати спалювання сірки показують, що немодифікована сірка практично згорає повністю. Незгорілий зольний залишок (0,7%) - це мінеральні домішки, що містяться в сірці підземної виплавки. При спалюванні наважки модифікованої сірки збільшується як час повного вигорання сірки, так і кількість зольного залишку (1,7 – 6,3%).

Вибір найбільш ефективних антипіренів для зниження горючості сірки і сірчаних композитів повинен грунтуватися на комплексних дослідженнях з врахуванням не тільки технологічної сумісності з сіркою, але і синергізму з хімічними добавками, що пластифікують і стабілізують сірку в полімерній формі.

Метою досліджень є зниження горючості сірки і будівельних матеріалів, модифікованих сіркою.

Об'єкт досліджень – технічна сірка немодифікована і модифікована дициклопантадієном, сірчані мастики.

Предмет дослідження – встановлення механізмів і закономірностей уповільнення горючості сірки й оцінка експериментальними методами горючості сірчаних композицій на її основі.У цьому напрямі ведеться значна робота. Як добавки, що знижують горючість сірки, досліджені стирол, малеїнова кислота, трикрезилфосфат, органічні фосфати і бромати, негранічні вуглеводні, які використовувались одночасно як пластифікатори, вінілсилоксани та інші [2, 3, 4]. У роботі М.В. Патуроєва [5] як пластифікатор і одночасно антипірен з високим вмістом зв'язаного хлору для модифікування сірки запропонований хлорпарафін ХП-1100 (а.с. СРСР № 1419085, 1988).

У дослідженнях, проведених спільно з відділом хімії фосфоранів ІОХ АН України (д.х.н. Л.Н.Марковський, к.х.н. Ю.Г.Шермалович) були досліджені ряд речовин, що проявляють в реакціях з елементарною сіркою одночасно стабілізуючий та антипіруючий ефекти.

Оцінювання стабілізуючого ефекту введення добавок здійснювалося безпосередньо в процесі полімеризації сірки за такою методикою. У реактор (рис. 1), що обігрівається силіконовим маслом і забезпечений сорочкою і мішалкою, поміщали 20 г розплавленої сірки. Після перемішування розплаву при 145°С протягом 5 хв додавали 1 г (5%) досліджуваної добавки і суміш перемішували 20 хв доводячи температуру до 200°С. Після витримки суміші протягом 40 хв розплав виливали у воду з температурою (5-10)°С. Для кращого витікання розплаву застосовували тиск інертного газу – азоту. Через 1 год твердий залишок відокремлювали від води і сушили у вакуумі (10-20 мм рт.ст.) при (50-60)°С протягом 5 год.

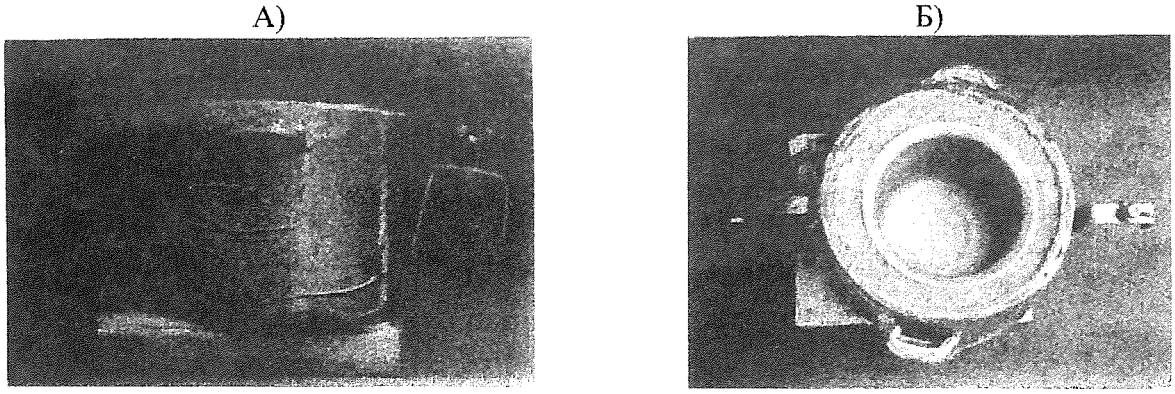

Рис. 1. Загальний вигляд лабораторного змішувача реактора для приготування сірчаного в'яжучого і мастики: а – вигляд збоку; б – вигляд зверху

Визначення вмісту полімерної сірки проводилося через 1-1,5 місяця після зберігання матеріалу в закритих пробірках при кімнатній температурі. Методика визначення така: 3 г дрібнорозтертого матеріалу промивали на фільтрі Шотта в 300 мл толуолу нагрітого до (80-85)°С. Нерозчинний осад на фільтрі висушували у вакуумі і зважуванням визначали процентний вміст полімерної сірки.

Антипіруюча властивість добавки оцінювалася за часом самостійного горіння наважки в 5 г матеріалу в полум'ї газового пальника протягом 3 хв і за втратою маси. Результати випробувань наведені в табл. 1.

Як показали випробування, найкращий стабілізуючий ефект отримали при використанні галогено- і фосфоровмісних речовин SCl_2, PCl_5 і складного комплексного стабілізатора «СКС-26», синтезованого в ІОХ.

Відомо, що добавка галогенів в розплав сірки сприяє зниженню її горючості, а в розплав полімерної сірки – надає стабілізуючого ефекту (патенти ЧССР 137114, 1971 і Англії 652421, 1952). Реалізація цього процесу обумовлена взаємодією хлору або брому з бірадикальними ланцюговими

макромолекулами сірки, що приводить до стабілізації полімеру шляхом утворення діамагнітних ланцюгів [6] за схемою: $^{\bullet}S - Sn - S^{\bullet} + Hlg_2 > Hlg - S - Sn - Hlg$ (Hlg : Cl, Br). Взаємодія PCl_5 з розплавом сірки приводить до її хлорування [7,8]. Таким чином, як і слід було чекати, галогеновмісні агенти PCl_5 і SCl_2 виявилися ефективними стабілізаторами полімерної сірки, проте висока втрата маси в процесі самостійного горіння ставить під сумнів їх антипіруючий ефект.

Таблиця 1

Результати оцінки стабілізуючого і антипіруючого ефектів при реакції елементарної сірки з добавками, запропонованими ІОХ АН України (Київ)

Добавка, 5% від маси сірки	Час зберігання, місяці	Зміст полімерної сірки, %	Час самостійного горіння, с	Втрата маси, %
Сірка однохлориста	1	47	280	60
П'ятихлористий фосфор	1,5	50	85	33
Трис (2,2,3,3,4,4,5,5) - октафторпентил фосфіт	1	33	140	30
«Фламал-315А»	1	25	180	42
Трис (2,2,3,3,4,4,5,5) - октафторпентил фосфат	1	16	85	24
Трис (морфолино) сульфоній тетрафторборат	1,5	33	22	16
Складний комплексний стабілізатор на основі солей жирних кислот «СКС-26»	1	40	45	10

Складний комплексний стабілізатор «СКС-26», що представляє суміш ефірів карбонових кислот, при реакції з розплавом сірки утворює значну кількість сірковуглецю [9], що виключає його практичне застосування.

Використання антипірену «Фламал 315А» показало, що при невисокому виході полімерної сірки (25 %) втрата маси за час самостійного горіння (180 с) виявилася дуже високою і становила 42 %. Крім того, введення в розплав сірки «Фламала 315А» привело до його ліквації.

Взаємодія сірки з фосфором і фосфоровмісними з'єднаннями досліджено докладно [8] і загально прийнято, що вони є найбільш перспективними щодо зниження горючості полімерів. Це твердження можна поширити і на полімерну сірку. Так, при випробуванні синтезованих антипіренів, що містять фосфорні з'єднання, втрата маси композиціями розплав сірки + антипірен становила від 16 до 30 % при вмісті полімерної сірки (16-33) %. Звідси можна зробити висновок, що зниження вмісту сірки призводить до зниження маси за час самостійного горіння досліджених композицій.

Відомо [10, патент ФРН 1075569, 1961], що циклічні олефіни, представником яких є ДЦПД, відносяться до ефективних інгібувальних деполімеризаторів сірки. Оскільки ДЦПД був вибраний для наших досліджень як основний стабілізатор полімерної форми сірки, практичний інтерес представляло питання наскільки ефективний його антипіруючий ефект при одночасній реалізації реакції сополімеризації з сіркою. Як показали результати випробувань сірки, стабілізованою ДЦПД із вмістом полімерної модифікації від 40 до 60 %, кисневий індекс становив 5,6-8,4, що в 1,6-2,4 раза вище за КІ немодифікованої технічної сірки (рис.2). Був зроблений висновок, що модифікування сірки ДЦПД дозволяє отримати

як стабілізуючий, так і антипіруючий ефекти. При цьому розплав є однорідною композицією щільної структури.

Оптимальний вміст ДЦПД, що вводиться в розплав сірки, з погляду технології і отримання необхідних міцнісних характеристик модифікованого в'яжучого, становить 5%, тому в подальших дослідженнях під модифікованою сіркою розуміється сірка, модифікована 5% ДЦПД.

Для випробувань були вибрані бромвмісні сполуки з високим вмістом (до 90 %) брому, окису сурми, хлоровмісна сурма, фосфоровмісний антипірен Форстаб К-201, синтезований в ІОХ, і трифенілфосфат хлорований (ТФФХ), синтезований в Національному університеті ім. І.Франка (Львів) [11].

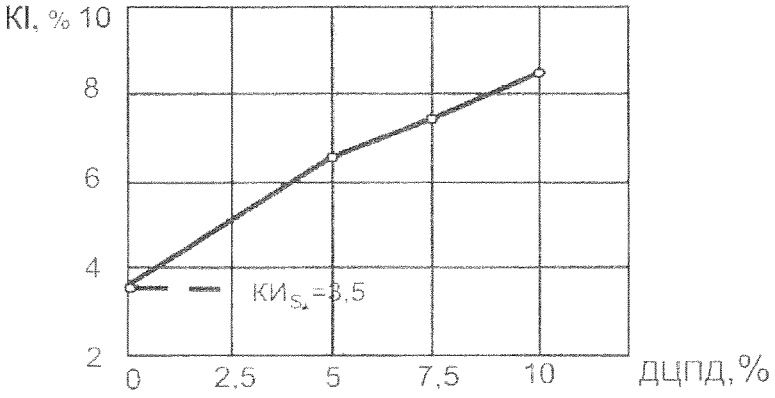

Рис. 2. Залежність кисневого індексу сірки від вмісту ДЦПД

Вище наголошувалося, що введення в полімерні матеріали галогеновмісних з'єднань сурми приводить до збільшення КІ, знижуючи їх горючість. Можна припустити, що аналогічний ефект спостерігатиметься в системі сірка + галогеновмісні з'єднання сурми, зокрема в системі з сіркою, модифікованою ДЦПД.

Температура плавлення $SbCl_3$ складає 79°С і вона добре змішується з розплавом сірки, утворюючи однорідний композит. При цьому в'язкість розплаву знижується, що позитивно впливає на технологію виготовлення матеріалу. Температура кипіння $SbCl_3$ становить 223°С, що нижче за температуру займання сірки. При кипінні $SbCl_3$ вона розкладається і випаровуючись знижує температуру горіння сірки майже в 3 рази.

Механізм дії суміші сурми з хлором пов'язаний безпосередньою з реакцією в газовій фазі з радикалами, в результаті якої утворюються галогеноводні: $SbCl_3 + H^{\bullet} \rightarrow SbCl_2 + HCl$; $SbCl_2 + H^{\bullet} \rightarrow SbCl + H^{\bullet} \rightarrow Sb + HCl$.

Захисна дія галогеноводнів пов'язана з тим, що вони реагують з вільними дуже активними радикалами за схемою: $H^{\bullet} + HCl \rightarrow H_2 + Cl$; $HO^{\bullet} + HCl \rightarrow H_2O + Cl$.

Трихлорна сурма була введена в розплав сірки в кількості (0,5-10)% і утворила з ним однорідну систему, міцність якої в затверділому стані становила 20-21 МПа, тобто майже відповідала міцності на стиснення технічної сірки. При цьому КІ суміші при вмісті 10 % $SbCl_3$ був в 2,6 раза вищим від КІ сірки.

Ефективнішим ретордантом є суміш окису сурми SbO з трифенілфосфатом хлорованим (ТФФХ), який є кристалічною речовиною, що містить (35-50) % хлору з температурою плавлення 42°С. Композиція сірка + окис сурми + ТФФХ показала низьку тривалість горіння тлінням за відсутності горіння полум'ям. Вміст в композиті хлору і фосфору приводить до утворення хлоридів фосфору, пари яких менш леткі ніж хлорний водень і більшою мірою перешкоджають доступу кисню до поверхні, що нагрівається. За наявності фосфору і

термічного розкладання композиту виділяється метафосфорна кислота, схильна до полімеризації, утворюючи на поверхні полімерні сполуки, що утрудняють дифузію горючих газів. Присутність *SbO* приводить до синергізму сурми з хлором з утворенням кінцевого продукту $SbCl_3$, механізм дії якого описаний вище.

На графіку рис. 3 показана зміна КІ технічної сірки і сірки, модифікованої 5 % ДЦПД, при введенні трихлорної сурми і суміші – окис сурми + ТФФХ. З графіка видно, що зниження горючості сірчаного в'яжучого знаходиться в прямопропорційній залежності від вмісту антипіренів. Проте збільшення їх вмісту вище критичного може приводити до розпушування структури в'яжучого і, зрештою, до зниження фізико-механічних і інших характеристик сірчаних мастик і бетонів.

В результаті проведених досліджень зроблено висновок, що ефект зниження ступеня горючості розроблених сірчаних композицій, який спостерігався в експериментах не є вирішальним при визначені робочого складу в'яжучого, оскільки навіть оптимальна кількість добавок антипіруючого ефекту, з погляду зниження горючості, не гарантує необхідних фізико-механічних властивостей. Тому в подальших експериментах було поставлено завдання оптимізації складів в'яжучого не тільки з урахуванням ефекту зниження горючості, але і за комплексом характеристик, необхідних для забезпечення міцності і довговічності сірчаних мастик і бетонів.

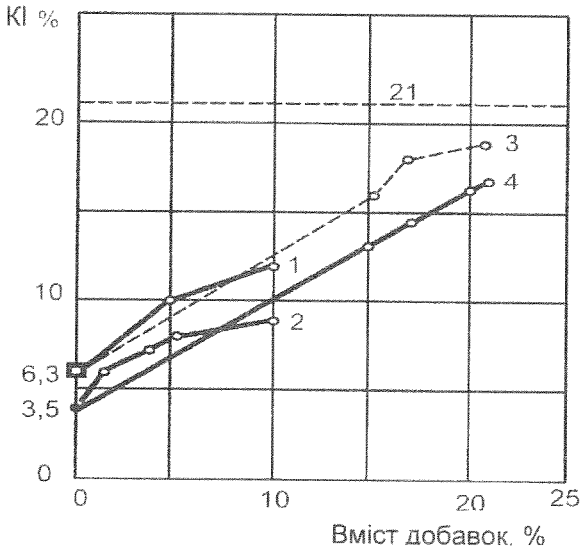

Рис. 3. Залежність КІ від вмісту: 1 – $SbCl_3$ в розплаві сірки, модифікованою 5 % ДЦПД; 2 – те ж, в розплаві технічної сірки; 3 – суміші SbO + ТФФХ в розплаві сірки, модифікованою 5 % ДЦПД; 4 – те ж, в розплаві технічної сірки; • – КІ технічної сірки; □ – КІ сірки, модифікованою 5% ДЦПД

На підставі проведених вище експериментів, вивчення технічної і патентної літератури встановлено, що в'яжучі на основі сірки, як правило, характеризуються низькою вогне- і біостійкістю, високими температурними деформаціями, високою крихкістю і токсичністю при виготовленні. Наприклад, склад (а.с. СРСР 715527) містить (5 - 25)% сульфіду миш'яку, склад (а.с. СРСР 876596) містить (0,5 - 2)% фосфору та інші.

Для складів, що містять тільки пластифікатори і антипірени, всі вище перераховані недоліки є характерними, тому в композицію, що досліджується, сірка + ДЦПД + ТФФХ + SbO_3 з метою підвищення ефективності в'яжучого, були додатково введені один з сульфатів металів міді ($CuSO_4$), свинцю ($PbSO_4$) або цинку ($ZnSO_4$), відомі своїми бактерицидними властивостями і як хімічно активний наповнювач фосфогіпс.

Сульфати металів, як встановлено дослідженнями Ю.І.Орловського, К.В.Орловської і Н.А.Чак [12,13,14,15,16,17,18], пригноблюють життєдіяльність тіонових бактерій, енергетичним матеріалом для життєдіяльності яких є елементарна сірка.

Фосфогіпс, що отримується при обробці апатитів сірчаною кислотою, містить в основному двоводневий сульфат кальцію і фосфорний ангідрид, частина якого міститься у вільному стані у формі фосфорної кислоти, а частина пов'язана з важкорозчинними фосфатами. Такий хімічний склад фосфогіпсу з одного боку, сприяє підвищенню кисневого індексу, який характеризує композицію, а з іншою, знижує температурні деформації композиції, оскільки відомо, що сульфат кальцію в порівнянні з сіркою характеризується значно меншим коефіцієнтом лінійного температурного розширення. Крім того, фосфогіпс, що вводиться в розплав модифікованого в'яжучого у вигляді тонкодисперсного порошку, відіграє роль структуроутворюючої мінеральної добавки.

З урахуванням позитивних властивостей вибраних компонентів і їх сумісністю з розплавом сірки були розроблені склади сірчаного в'яжучого і проведені їх випробування з визначенням характеристик, які планувалося поліпшити: понижений коефіцієнт лінійного температурного розширення, підвищені показники кисневого індексу і біостійкості (коефіцієнт біостійкості). Як видно з результатів (табл. 2) мета була досягнута. При збереженні достатньо високої міцності при стисненні (50-60) МПа, було досягнуте істотне зниження КЛТР (на 36,8-41,0%), підвищення кисневого індексу і біостійкості.

Високий коефіцієнт біостійкості (відношення міцності при стисненні контрольних зразків до міцності їх близнят після експозиції у водному середовищі, зараженому тіоновими бактеріями виду Thiobacillus thiooxidans) рівний 0,95-1 був отриманий співавторами мікробіологічної частини досліджень К.В.Орловською і Н.А.Чак.

Таблиця 2

Склади і характеристика сірчаного в'яжучого поліфункціонального призначення (підвищеної вогне- і біостійкості), патент України 60901 А [18]

№ з/п	Вміст компонентів, мас. %						R, МПа	$\alpha_t \cdot 10^{-6}$ °C^{-1}	КІ %	Коеф. біостійкості
	Сірка	ДЦПД	ТФФХ	SbO_3	$CuSO_4$	Фосфогіпс				
Аналог	95	5,0	-	-	-	-	30,2	50	8,4	Нестійкий
1	26	5,0	10	6	3	50,0	57,8	19,5	28,3	0,95
2	23,5	7,5	20	1	3	45,0	51,5	20,3	35,6	0,98
3	23,5	5,0	20	2	3	46,5	52,8	19,0	37,2	0,95
4	24,5	7,5	10	6	3	49,0	55,8	18,4	29,7	1,0

На розроблений склад сірчаного в'яжучого виданий патент України 60901 А [17]. За аналог був узятий склад – сірка технічна + 5%ДЦПД.

В процесі пошуку ефективних речовин і з'єднань, що знижують горючість сірки, на останньому етапі досліджень була випробувана на горючість композиція сірка + ДЦПД + ди (2,3-дибром-4-оксибутан-2-іл) фосфід. З'єднання цих компонентів забезпечило високий синергізм, низьку в'язкість і однорідність розплаву, низьку тривалість самостійного горіння і відсутність самостійного горіння в твердому стані. Отриманий ефект пояснюється тим, що при термічному розкладанні композиції спостерігається синергізм дії фосфору і бромвмістимих з'єднань, при цьому, окрім бромідів фосфору, утворюється метафосфорна кислота, яка схильна до полімеризації з утворенням на поверхні полімерних продуктів, що ускладнюють дифузію горючих газів до поверхні композиції при її піролізі. При термічному розкладанні можливо також утворення оксиду фосфору, який підвищує процес самозатухання композиції.

Проведені дослідження показали, що композиції можуть бути використані не тільки як в'яжуче при виготовленні сірчаних мастик і бетонів підвищеної вогнестійкості, але і як просочувальна композиція для підвищення водо- і вогнестійкості деревини і інших пористих матеріалів. На склад композиції отриманий патент України 64361 А [19].

Проведений цикл випробувань, що ставив мету зниження горючості сірки показав, що існує значна кількість добавок антипіруючого механізму дії і на основі систем сірка + пластифікатор + ретордант горіння можна розробляти склади сірчаних в'яжучих, які характеризуються пониженим ступенем горючості, що позитивно впливає на термо- і вогнестійкість сірчаних бетонів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. *Пат. 25, 074 США. Composition of Matterial for Ornamental Purposes: Пат. 25, 074 США Wright A.H. (США). - 9. 08. 1859.*
2. *Ludwig A.C., Dale J.M. Fire retarding elemental Sulfur // Journal of Materials. – 1967. - Vol.2. №1. – P. 131.*
3. *Рамачандран В., Фельдман Р., Бодуэн Дж. Наука о бетоне. – М.: Стройиздат, 1986.–207 с.*
4. *Anani Ali A., Halasa Adel F., Al – Mobusher Amal, Al – Awadi Nuria. New Approaches and Techniques to Sulphur Plasticization and Fire Retardation // Proceedings of: Sulphur – 81 an International Conference on Sulphur. - Calgary, Alberta (Canada), 1981. – P. 213-227.*
5. *Патуроев М.В. Разработка оптимальных составов серных бетонов и влияние тепловых и огневых воздействий на их свойства: Автореф. Дис. ...канд. техн. наук: 05.23.05 / ЛИИЖТ –Л., 1989. – 22 с.*
6. *Schenk J., Princ J.A. // Nature, 172, 957. - 1953.*
7. *Schmidt M. // Angew. Chem, 85, 474. - 1973.*
8. *Ходсон Р. Структура и механизм реакций фосфороорганических соединений.– М.: Мир, 1967. – 280 с.*
9. *Реакции серы с органическими соединениями. Под ред. М.Г.Воронкова. – М.: Наука, 1979.–180 с.*
10. *Корецкий Р.Э., Орловский Ю.И., Сколоздра М.М., Щукин В.И. Модифицирование серы дициклопентадиеном // Разработка технологических рекомендаций по исследованию и комплексному использованию природных минеральных ресурсов при производстве строительных материалов и изделий. – Киев: МПСМ УССР, 1988. – С.24–27.*
11. *Гупало А.П., Катович Б.П., Шаповалов О.Г. Хлорирование трифенилфосфата // Вестник Львовского государственного университета им. И.Я.Франко. -1974. –Вып.16. – С.40–42.*
12. *Орловский Ю.И. Бетоны, модифицированные серой: Дис... д–ра техн. наук: 05.23.05. –Харьков, 1992. – 529 с.*
13. *Орловский Ю.И., Коструба М.Ф., Кучерас Р.В., Шах Е.С. Биокоррозия бетонов, пропитанных серой // Бетон и железобетон. –1986. – № 9. – С.42 - 44.*
14. *Орловский Ю.И., Ивашкевич Б.П., Юрьева Е.В. Биокоррозия серных бетонов // Бетон и железобетон. –1989. – № 4. – С.45-46.*
15. *Орловський Ю.І., Орловська К.В., Чак Н.А. Біоушкодження бетонів і критерії оцінки їх біохімічної стійкості //Зб. матеріалів конф."Актуальні проблеми будівництва та інженерії довкілля".- Львів: Видавн. НУ «Львівська політехніка», 2001. – С. 471-477.*
16. *Чак Н.А., Орловская Е.В. Моделирование деградации строительных композитов содержащих серу в условиях воздействия биохимических активных сред // Материалы к 42-му международному семинару "Моделирование и оптимизация в материаловедении" (МОК' 42).- Одесса: «Астропринт», 2003. – С. 120-122.*

17. Пат. 60901 А Україна, С04В28/36. Сірчане в'яжуче: Пат. 60901 А Україна, С04В28/36 Орловський Ю.І., Шваль 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., Шваль 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. Кірєєв, 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 СИЛІКАТІВ

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, $(NH_4)_2SO_4$ 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 приходиться 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 - силікат лужного металу. Другий компонент - розчин речовин, взаємодіючих із силікатом з