СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Коваленко М. М., Сивак В. В. (2016) - "Особливості горіння нафтопродуктів у резервуарах і заходи протипожежного захисту" Пожежна безпека, 1, 12-18.
2. Грищенко В. В., Кобзев І. С. (2015) - "Аналіз пожежної безпеки об'єктів зберігання нафтопродуктів." Збірник наукових праць Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту, 2(30), 35-41.
3. Омельченко І. І., Рудик К. М., Матяш В. Г. (2017) - "Оцінка ризиків виникнення пожеж на резервуарних парках." Вісник Національного університету цивільного захисту України, 26, 91-97.
4. Горбатюк М. В., Гладкий Р. В., Лещенко І. І. (2018) - "Методи забезпечення безпеки при пожежах на резервуарах з нафтопродуктами." Проблеми пожежної безпеки, 43, 22-28.

УДК 614.8

КОМБІНОВАНІ ВОГНЕЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ КРЕМНЕЗЕМУ ТА ФОСФОРВМІСНИХ АНТИПІРЕНІВ

Наталія ЛИСАК, аспірант
Ольга СКОРОДУМОВА, д.т.н, професор
Антон ЧЕРНУХА, к.т.н, доцент
Національний університет цивільного захисту України

Незважаючи на постійне удосконалення технологій та заходів безпеки, а також значний прогрес, якого досягнуто за останні роки в галузі вогнезахисту, ризик виникнення пожеж залишається серйозною загрозою для життя та здоров'я людей. Найбільшу небезпеку в цьому контексті становлять житлові та громадські будівлі, де активно використовуються матеріали із високим рівнем горючості, зокрема деревина та екструдований пінополістирол (XPS).

Одну із провідних ролей у вирішенні цієї проблеми відіграє пасивний протипожежний захист, ключовим напрямом якого є використання вогнезахисних покриттів, що здатні знижувати горючість конструкційних матеріалів та перешкоджати розповсюдженню вогню. Досить перспективними в галузі вогнезахисту є кремнеземвмісні покриття, що також характеризуються механічною міцністю, стійкістю до дії несприятливих кліматичних факторів та екологічною безпечністю. Зокрема, на основі результатів раніше проведених досліджень було розроблено просту та економічно доступну технологію одержання таких покриттів для текстильних матеріалів [1].

Проте постійне підвищення стандартів пожежної безпеки вимагає пошуку нових засобів вогнезахисту або удосконалення наявних. Відомо, що покращити властивості системи можна шляхом її модифікування. Передусім, додавання спеціальних компонентів дає змогу підвищити термостійкість і стабільність та загалом підвищити вогнезахисну ефективність покриттів. На окрему увагу заслуговують фосфорвмісні антипірени, що є екологічно безпечною альтернативою галогенопохідних вуглеводнів, що використовувалися раніше. Сполуки фосфору є дієвими вогнезахисними агентами завдяки здатності забезпечувати комплексний протипожежний ефект як у конденсованій, так і у газовій фазах [2].

Метою представленої роботи було дослідження впливу ортофосфатної кислоти, натрій гексаметафосфату та фосфатних буферних розчинів на властивості гелів

кремнезему та покриттів на їх основі для полімерних будівельних матеріалів природного (деревини) та синтетичного (екструдованого пінополістиролу) походження.

Розчини рідкого скла та оцтової кислоти перемішували за допомогою магнітної мішалки Heidolph MR Hei Standart. Отримані золі кремнієвої кислоти модифікували розчином ортофосфатної кислоти (1; 2; 4; 8 мас. %), розчином натрій гексаметафосфату (0,1; 0,3; 0,5 мас.%) та фосфатними буферними розчинами (15; 20; 25 об'ємн.%; pH 6, 7, 8).

Зміну оптичної густини золів у часі визначали за допомогою фотоколориметра КФК-2 (довжина хвилі 490 нм). Реєстрацію ІЧ-спектрів гелів здійснювали на інфрачервоному спектрофотометрі FTIR-8400S (Shimadzu), що споряджений приставкою QATR 10 (Shimadzu) в діапазоні 400–4000 $см^{-1}$. За допомогою диференційно-термічного аналізу вивчали процеси, що відбуваються в гелях під час нагрівання на дериватографі Q-1500D (атмосфера повітря, інтервал температур 20–600 °С, швидкістю підйому 10 °С/хв).

Одержані композиції наносили на поверхню експериментальних зразків деревини та екструдованого пінополістиролу ванним методом. Зразки деревини попередньо просушували в сушильній шафі при 100°С до постійної маси. Нанесення 2–3 шарів покриття проводили після висушування попереднього шару, що здійснювалося шляхом термоудару при 80°С. Додатково на поверхню висушених зразків розпилювали 20%-й водний розчин диамоній гідрофосфату та висушували.

Групу вогнезахисної ефективності покриттів на поверхні деревини визначали згідно з ДСТУ 4479:2005, групу горючості – згідно з ДСТУ 8829:2019. Вогневі випробування зразків екструдованого пінополістиролу проводили на лабораторній установці, яка складається із захисного екрана, пальника та газового балона з редуктором. Час дії вогню при тиску газу 0,2 МПа складав 10 с. Після випробувань визначали втрату маси зразків у відсотках.

Для композицій із низьким вмістом H_3PO_4 (1–2 %) текучість змінювалася в інтервалі 45–70 хв., поліконденсація відбувалася за лінійним механізмом, що підтверджено інфрачервоною спектроскопією. При збільшенні вмісту H_3PO_4 (4–8 %) живучість золів зростала до 24 год, механізм поліконденсації змінювався на сітчастий, що підтверджено термографічним методом. Інтервал живучості золів з добавкою натрій гексаметафосфату незалежно від її вмісту становив 30 хвилин. Композиції, модифіковані фосфатними буферними розчинами, втрачали текучість через 2 год, що є оптимальним для якісного нанесення золю на поверхню матеріалу та утворення однорідного покриття.

За допомогою диференціально-термічного аналізу в поєднанні з інфрачервоною спектроскопією було встановлено, що додавання ортофосфатної кислоти сприяє утворенню силікатних структур сітчастої форми. Вони характеризуються поступовим термічним розкладанням із мінімальним приростом втрат маси, забезпечуючи збереження цілісності покриття. Результати вогневих випробувань для композицій з такими добавками не давали стабільного позитивного ефекту, тому подальші дослідження зосереджувалися на вивченні впливу фосфатів лужних металів. ІЧ-спектроскопією було підтверджено інтегрування фосфат-іонів в силоксановий каркас, що забезпечувало підвищення його вогнестійкості.

Проведення вогневих випробувань дозволило встановити, що покриття на основі всіх досліджених силікофосфатних композицій усувають головний недолік горіння пінополістиролу – утворення палаючих крапель. Найкращі вогнезахисні властивості показали системи на основі кремнезему та фосфатних буферних розчинів (об'ємн. вміст 20-25 %, pH 7). Для таких композицій було встановлено І групу вогнезахисної ефективності, обробка ними зразків деревини дозволила перевести матеріал до групи «важкогорючі». Зразки пінополістиролу, оброблені золями встановленого складу, не горіли, втрати маси становили близько 1 %. Було порівняно вплив катіонів натрію, калію та амонію у складі фосфатних буферних розчинів на ефективність вогнезахисту

покриттів. Встановлено та підтверджено вогневими випробуваннями XPS різних виробників, що найкращі протипожежні властивості забезпечують фосфати калію.

Використання фосфатних буферних систем у складі вогнезахисної композиції є більш виправданим та перспективним, оскільки в такому випадку золі зберігають живучість упродовж більш тривалого часу. Крім того, такі добавки сприяють розплавленню покриття під дією високих температур, завдяки чому воно може адаптуватися до змін форми пінополістиролу під час його усадки, зберігаючи свої захисні властивості та підвищуючи вогнестійкість матеріалу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Skorodumova O., Tarakhno O., Babayev A., Chernukha A., Shvydka S. Study of Phosphorus-Containing Silica Coatings Based on Liquid Glass for Fire Protection of Textile Materials. Key Engineering Materials. 2023. № 954. P. 167–175.

2. Baby A., Tretsiakova-McNally S., Arun M., Joseph P., Zhang J. Reactive and Additive Modifications of Styrenic Polymers with Phosphorus-Containing Compounds and Their Effects on Fire Retardance. Molecules. 2020. Vol. 25, № 17. P. 3779.

УДК 614.8.084

АНАЛІЗ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ В УКРАЇНІ

Дмитро ЛУЦЕНКО[1]
Марина ЧИРКІНА-ХАРЛАМОВА[2], канд. техн.наук, доцент
[1]Аварійно-рятувальний загін спеціального призначення аварійно-рятувальної частини з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій
Головного управління ДСНС у Харківській області
[2]Національний університет цивільного захисту України

Під час війни в Україні численні промислові об’єкти зазнали руйнувань внаслідок обстрілів, що спричинило масштабні надзвичайні ситуації. Знищення хімічних заводів, об’єктів критичної інфраструктури викликало перебої в електро- та водопостачанні, екологічні катастрофи та загрозу здоров’ю населення. В умовах війни в Україні найбільш актуальними є техногенні катастрофи, спричинені обстрілами промислових підприємств, об’єктів критичної інфраструктури та небезпечних виробництв [1].

Одним із найбільш постраждалих підприємств став **«Турбоатом»** у місті Харкові. Внаслідок обстрілів пошкоджено виробничі цехи, що створило загрозу витоків хімічних речовин, зокрема кислот і розчинників, які використовуються в обробці металів. Також значних пошкоджень зазнало підприємство **ГП «Хімпром»**, яке працює з токсичними речовинами. Руйнування його інфраструктури підвищує ризик викидів аміаку, хлору та інших небезпечних сполук, що загрожує екології та здоров’ю місцевих мешканців [2].

Енергетична криза посилилася через удари по ключових енергетичних об’єктах, зокрема **Харківській ТЕЦ-5** та інших теплоелектростанціях, які забезпечували теплом і електроенергією значну частину регіону. Руйнування енергетичної інфраструктури спричинило перебої в роботі транспорту, зв’язку та медичних установ, що підкреслює необхідність розвитку альтернативних джерел енергії.

Серйозним викликом стали біологічні загрози через атаки на лабораторії та підприємства, що працюють із небезпечними мікроорганізмами та токсинами. Втрата