

2. ДБН В.2.3-15:2007. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів. Зі Змінами № 1, № 2 та № 3. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 47 с.
3. Марик Хмель. Вплив електроприводів та автоматики у протипожежних дверях на безпеку евакуації з будівлі під час пожежі. Системи вогнестійкого скла у протипожежному захисті будівель: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 2023. С.32-43.
4. Автоматика для воріт: <https://sizam.ua/ua/vorotnaya-avtomatika/>

**УДК 614.8**

## **РОЗРОБКА СКЛАДУ СИЛІКОФОСФАТНИХ КОМПОЗИЦІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

*Н. ЛИСАК, аспірант, викладач*

*О. СКОРОДУМОВА, д-р техн. наук, професор*

*А. ЧЕРНУХА, канд. техн. наук, доцент*

*Я. ГОНЧАРЕНКО, канд. техн. наук, старший викладач*

*Національний університет цивільного захисту України*

У сучасній архітектурі та будівництві питання вогнезахисту має ключове значення. Забезпечення високого рівня вогнестійкості є обов'язковим для всіх видів споруд, і цей аспект потрібно враховувати під час проектування будівельних конструкцій.

Одним із найпопулярніших будівельних матеріалів є деревина, що відзначається міцністю, легкістю та екологічністю. Поряд із нею активно застосовується пінополістирол, особливо екструдований (XPS), завдяки його чудовим теплоізоляційним характеристикам, високій щільності та простоті монтажу. Незважаючи на численні переваги таких матеріалів, вони обидва характеризуються високою горючістю, що може стати причиною швидкого поширення пожежі. Тому розробка ефективних вогнезахисних покриттів для таких матеріалів є пріоритетним напрямком у будівництві.

Одним із підходів до розв'язання вище описаної проблематики є використання композицій на основі силікофосфатних зв'язків, які демонструють високу термостійкість і механічну міцність [1]. Також є чимало досліджень про антипіренові властивості фосфорвмісних сполук, що підтверджують їхню здатність знижувати горючість матеріалів [2]. Крім того, такі речовини є стабільними в часі та екологічно безпечними, адже під час нагрівання не виділяють токсичних речовин.

У ході дослідження золі кремнекислоти модифікували фосфатним буферним розчином, варіюючи при цьому рН добавки (6, 7, 8) та її об'ємну частку (15, 20, 25 %).

Зміну оптичної густини золів у часі визначали за допомогою фотоколориметра КФК-2 при довжині хвилі 490 нм. Як розчин порівняння брали дистильовану воду. Спостерігали найнижчий час прихованої коагуляції для композицій із добавками буферного розчину рН 6, також відзначалося зростання цього параметру зі збільшенням об'ємної частки добавки. Для золів з рН 7 та 8 ця характеристика знаходилася на одному рівні.

Плинність золів була високою та незалежно від вмісту фосфатного буферного розчину в середньому складала 2 год, що є задовільним для якісного нанесення на поверхню матеріалу та утворення однорідного покриття. Фосфатний буферний розчин, імовірно, підсилює дію ацетатного, що утворюється при змішуванні оцтової кислоти та рідкого скла. Живучість золів була вищою порівняно із моделями без добавок. Прямопропорційна залежність між об'ємною часткою добавки та часом застигання золів може бути пояснена впливом розведення.

Зразки деревини сосни звичайної розмірами 9х6х3 см попередньо просушували в сушильній шафі при 100°C до постійної маси. Використовували зразки екструдованого

пінополістиролу марки XPS розміром 5x5x3 см. Одержані композиції кремнекислоти наносили на поверхню експериментальних моделей ванним методом. Нанесення 2–3 шарів покриття проводили після висушування попереднього шару, що здійснювалося шляхом термоудару при 80°C у сушильній шафі. Додатково на поверхню висушених зразків розпилювали 20%-й водний розчин амоній гідрофосфату та висушували.

Групу вогнезахисної ефективності покриттів на поверхні деревини визначали згідно з ДСТУ 4479:2005, групу горючості – згідно з ДСТУ 8829:2019. Зразки екструдованого пінополістиролу зважували до та після дії вогню протягом 10 с, втрату маси виражали у відсотках.

Оптимальні результати вогневих випробувань було отримано для покриттів на основі композицій з 25%-м вмістом фосфатного буферного розчину з рН 7 – втрата маси становила 6,2–7,9 %, що відповідає I групі вогнезахисної ефективності, зразки належали переважно до важкозаймистих.

Спостерігалася також залежність ефективності вогнезахисного покриття від кількості нанесених шарів композиції. У випадку нанесення одного-двох шарів композиції з рН 6 вдалося суттєво знизити втрати маси порівняно із необробленим зразком. Водночас, для зразків із трьома шарами композиції при зростанні вмісту буферного розчину спостерігалася погіршення вогнезахисної ефективності покриття. Це може бути пов'язано зі зростанням кількості мікронеоднорідностей при збільшенні кількості шарів покриття та утворенням тріщин. У разі використання буферного розчину з рН 7 для зразків, вкритих трьома шарами композиції, при збільшенні вмісту добавки спостерігали зменшення втрати маси. Очевидно, що на стійкість покриття до дії вогню впливає також і кількість води, що використовувалася для утворення буферного розчину. Вона може знаходитися в міжглобульному просторі гелевого покриття та додатково охолоджувати його поверхню під час випаровування при дії вогню.

Горіння екструдованого пінополістиролу із вогнезахисним покриттям досліджуваного складу відзначалося відсутністю палаючих крапель. Використання фосфатного буферного розчину з рН 8 дозволило підвищити час загоряння зразка до 5–6 с, що майже вдвічі перевищувало відповідний параметр для необробленого XPS. При цьому процес горіння протікав повільно та без налипання на металеву поверхню установки. Модифікування золів кремнієвої кислоти буферними розчинами з рН 6–7 більш істотно підвищувало вогнестійкість пінопласту – горіння починалося через 7–8 с, зразки не підтримували горіння або не загоралися зовсім. Втрати маси коливалися в діапазоні 0–1,95 % залежно від кількості шарів нанесеного покриття та рН розчину.

Отже, золь кремнієвої кислоти, модифікований фосфатним буферним розчином з рН 7 (при 20-25 %-му вмісті добавки), потенційно може розглядатися як універсальний вогнезахисний склад для будівельних матеріалів, таких як деревина та екструдований пінополістирол. Результати представленого дослідження можуть стати основою для подальших розробок у сфері вогнезахисту та сприяти підвищенню стандартів безпеки в будівництві.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Li, T., & He, J. (2017). Mechanically robust, humidity-resistant, thermally stable high performance antireflective thin films with reinforcing silicon phosphate centers. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 170, 95–101. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2017.05.068>
2. Green, J. (1992). A review of Phosphorus-Containing flame retardants. *Journal of Fire Sciences*, 10(6), 470–487. <https://doi.org/10.1177/073490419201000602>