

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**



**МАТЕРІАЛИ
Міжнародної науково-практичної конференції
«Проблеми пожежної безпеки 2022»
(«Fire Safety Issues 2022»)**



ХАРКІВ 2022

*О. М. Григоренко, к.т.н., доцент, доц. каф.
Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНТУМЕСЦЕНТНОГО ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ НАПОВНЕНОГО ЕПОКСИПОЛІМЕРУ

Найперспективнішим способом забезпечення нормативної межі вогнестійкості будівельних конструкцій є вогнезахист за допомогою інтумесцентних вогнезахисних покриттів (ІВП). Засоби цього типу під дією полум'я спучуються з утворенням на поверхні будівельної конструкції вогнезахисного теплоізолюючого шару. Інтумесцентні вогнезахисні покриття є складними з точки зору взаємодії його основних компонентів: плівкоутворювача, карбонізуючого агенту, каталізатора (джерела кислоти), джерела вуглецю та газоутворювача [1]. Це спричиняє певні труднощі під час досліджень спрямованих на розробку нових рецептур ІВП, зокрема на дослідження їх вогнезахисної ефективності. Складність розробки нових рецептур ІВП полягає у необхідності підготовки великої кількості зразків для опрацювання плану експерименту та безпосередньо у складності методик випробувань. Вогнезахисна ефективність покриттів для протипожежного захисту металевих конструкцій може бути визначена проміжком часу від початку температурного впливу до моменту досягнення конструкції критичної температури. Одним із перспективних напрямків удосконалення рецептур ІВП є використання у якості плівкоутворювача епоксиполімерів, що, у свою чергу, викликає зацікавленість у дослідженні їх вогнезахисної ефективності.

У якості об'єкту дослідження використовували отримане у результаті попередніх розробок інтумесцентне вогнезахисне покриття ПАГ-2 [2], що виготовлене на основі епоксидного олігомеру ЕД-20 (ДСТУ-2093-92), затвердника поліетиленполіаміну (ПЕПА) (ТУ 2413-357-00203447-99), поліфосфату амонію (марка Exolit AP 422) та гідроксиду алюмінію (марка TS-303) у якості антипіренів та терморозширюваного графіту марки GRAFT EG-350 у якості додаткового джерела вуглецю.

Для дослідження було обрано метод визначення вогнезахисної здатності вогнезахисних покривів для будівельних конструкцій з металу, що описаний в [3]. Сутність наведеного методу випробувань полягає у визначенні часу від початку температурного впливу за стандартним температурним режимом на сталеву пластину з нанесеним засобом вогнезахисту до підвищення її температури до критичного значення.

На відміну від методу [3], для випробувань використовували піч з меншим об'ємом випробувальної камери та зразки металевих пластин розмірами 120×120×3 мм. При цьому температурний режим печі є повільнішим від стандартного температурного. Дослідження вогнезахисної ефективності за таких умов є обґрунтованим, оскільки, як правило, зі зменшенням інтенсивності нагрівання ефективність вогнезахисту інтумесцентних покриттів знижується. Зняття значень температури здійснювали за допомогою термопар типу L. Для контролю температури всередині нагрівальної камери використовували одну термопару. Для контролю температури зворотного від нагрівальної камери боку пластинки, замість однієї термопари, що вимагає метод випробувань наведений у [3], використовували п'ять термопар, розміщених у п'яти точках: перша – в геометричному центрі зразка, а ще чотири – рівновіддалені від центральної точки по діагоналі, на відстані, що дорівнює 0,25 довжини цієї діагоналі. Для побудови залежності температури зовнішньої сторони пластини від часу брали середнє арифметичне значення температури виміряне у п'яти точках.

Ефективність вогнезахисного покриття визначали шляхом порівняння часу досягнення критичної температури (500 °С) на зовнішній стороні металевій пластини, що захищені вогнезахисними покриттями. Для порівняльної оцінки ефективності вогнезахисту використовували ІВП «Протерм Стил» та покриття на основі епоксидного полімеру

наповненого амофосом та інтеркальованим графітом (МАФ+ІГАК) [4]. Покриття на пластину наносили товщиною 1 мм для усіх досліджуваних зразків.

Залежність зміни температури всередині дослідної установки, на зовнішній стороні металевої пластини, а також на зовнішній стороні металевої пластини, захищеної вогнезахисним складом «Протерм Стил», епоксиполімером, наповненим МАФ+ІГАК та розробленим інтумесцентним вогнезахисним покриттям ПАГ-2 представлено на рис. 1.

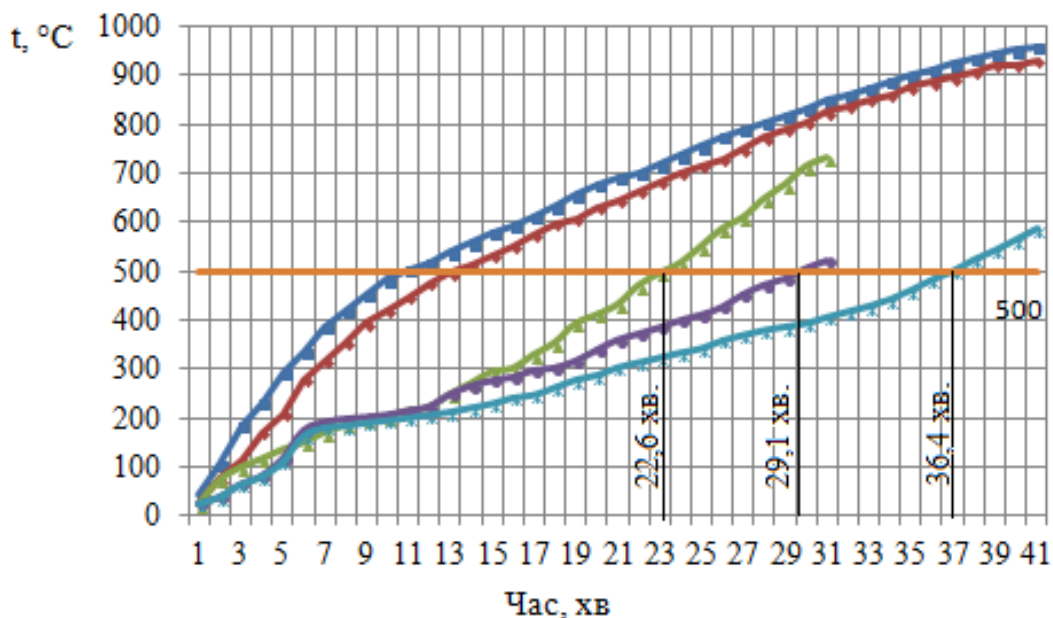


Рис. 1. Залежність зміни температури всередині дослідної установки (1), на зовнішній стороні металевої пластини (2), а також на зовнішній стороні металевої пластини, захищеної вогнезахисним складом «Протерм Стил» (3), епоксиполімером, наповненим МАФ+ІГАК [5] (4) та покриттям ПАГ-2 (5).

Як видно із результатів досліджень (рис. 1), час прогрівання зовнішньої сторони незахищеної металевої пластини становить близько 12 хвилин, тоді як використання ІВП дозволяє відтермінувати цей час до 22,6 хв. при використанні для вогнезахисту покриття «Протерм Стил». При використанні відомого вогнезахисного покриття на основі епоксиполімеру, наповненого МАФ+ІГАК, час досягнення критичної температури становить 29,1 хв. Використання з метою вогнезахисту розробленого покриття ПАГ-2 дозволяє збільшити час прогрівання металевої пластини до 36,4 хв. Таким чином, ефективність вогнезахисту металу розробленим інтумесцентним вогнезахисним покриттям на епоксидній основі ПАГ-2 у 1,3 рази вище за відомі аналоги та в 1,6 разів вище за ІВП на водній основі.

Збільшення часу прогрівання зовнішньої сторони металевої пластини, захищеної епоксиполімером ПАГ-2, може бути пояснене за рахунок двох факторів: фізичного та хімічного.

Фізичний фактор полягає в утворенні міцного вуглецевого теплоізолюючого прошарку, що створює термоізолюючий бар'єр між джерелом теплового випромінювання та поверхнею металевої пластини. При цьому руйнування вуглецевого шару для покриттів на епоксидній основі відбувається за вищих температур, що пояснює кращий теплоізолюючий ефект покриттів МАФ+ІГАК та ПАГ-2.

Хімічний фактор пов'язаний із протіканням реакцій в системі «плівкоутворювач – карбонізуючий агент – кислотний агент – газоутворювач». Як видно із результатів досліджень (рис. 1), найкращий ефект досягається при використанні для вогнезахисту покриття ПАГ-2. Епоксиполімер, що наповнений МАФ+ІГАК, забезпечує утворення міцного коксового шару, що досягається за рахунок використання плівкоутворювача

схильного до карбонізації, а також додаткового карбонізуючого агенту у вигляді інтеркальованого графіту. На відміну від епоксиполімеру, що містить МАФ+ІАК, покриття ПАГ-2 крім додаткового джерела вуглецю у вигляді терморозширюваного графіту марки GRAFT EG-350, містить антипірен – гідроксид алюмінію марка TS-303. Поступове розкладання гідроксиду алюмінію у складі покриття має ендотермічний характер. Саме сукупністю факторів – утворенням міцного вуглецевого шару, що ускладнює тепло- і масообмін між поверхнею покриття та навколишнім середовищем, та перебігом ендотермічних реакцій між компонентами покриття, може бути пояснений ефект збільшення часу прогрівання зовнішньої сторони металевої пластини покриттям ПАГ-2 у 1,3 рази у порівнянні з відомим покриттям на епоксидній основі та у 1,6 разів з покриттям на водній основі.

У результаті досліджень встановлено, що використання з метою вогнезахисту розробленого покриття ПАГ-2 дозволяє забезпечити захист від прогрівання на зовнішній стороні металевої пластини до температури 500 °С впродовж 36,4 хв. Ефективність вогнезахисту покриттям на епоксидній основі ПАГ-2, оцінена шляхом порівняння часу прогрівання металевої пластини, у 1,3 рази вище за відомі аналоги на епоксидній основі та в 1,6 разів вище за ІВП на водній основі. Зазначений ефект досягається сукупністю факторів – утворенням міцного вуглецевого шару, що ускладнює тепло- і масообмін між поверхнею покриття та навколишнім середовищем, та перебігом ендотермічних реакцій між компонентами покриття.

ЛІТЕРАТУРА

1. Lucherini, A., & Maluk, C. Intumescent coatings used for the fire-safe design of steel structures: A review. *Journal of Constructional Steel Research*. 2019. Vol. 162. 105712.
2. О Нрыхоренко, Ye Zolkina, N Saienko, Yu Popov. Investigation of the Effect of Fillers on the Properties of the Expanded Coke Layer of Epoxyamine Compositions // IOP Conference Series: Problems of Emergency Situations: Materials and Technologies II. 2021. Vol. 1038, pp 539-546.
3. ДСТУ Б В.1.1-17:2007. Захист від пожежі. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності (ENV 13381-4:2002, NEQ). [Чинний від 2008-01-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. 60 с. (дата звернення: 19.05.2022).
4. Яковлева Р. А., Фомин С. Л., Сафонов Н. А., Безуглый А. М. Новые огнезащитные покрытия по металлу и идентификация их теплофизических свойств. *Научный вестник строительства*. 2008. № 48. С. 250–268.

О. М. Нрыхоренко, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of Department
National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

INVESTIGATION OF FIRE PROTECTION EFFECTIVENESS OF INTUMESCENT COATING BASED ON FILLED EPOXY POLYMER

The study of the fire-retardant efficiency of PAG-2 intumescent coating, made on the basis of epoxy oligomer, polyethylene polyamine hardener, ammonium polyphosphate and aluminum hydroxide as flame retardants and heat-expandable graphite as an additional carbon source, was conducted. It was established that the use of the investigated coating for the purpose of fire protection provides protection against heating on the outside of the metal plate up to a temperature of 500 °С for 36.4 min. The effectiveness of fire protection of metal with PAG-2 coating, evaluated by comparing the heating time of the metal plate, is 1.3 times higher than known epoxy-based analogs and 1.6 times higher than water-based intumescent fire-resistant coatings.

<i>Веселівський Р.Б., Смоляк Д.В., Придатко В.В.</i> Вогнезахист металевих будівельних конструкцій шляхом штукатурення	67
<i>Вовк С.Я., Міщук М.О., Оношко І.А., Пазен О.Ю., Придатко В.В., Ференц Н.О.</i> Аналіз ефективності вогнезахисних покриттів на основі силікату натрію	70
<i>Григоренко О.М.</i> Дослідження вогнезахисної ефективності інтумесцентного покриття на основі наповненого епоксиполімеру	73
<i>Дерев'яно О.А.</i> Прилад для виявлення осередкових ознак пожежі	76
<i>Дивень В.І., Дендаренко Ю.Ю., Доценко О.Г.</i> Інженерні оцінки швидкості надходження диму в артіум	78
<i>Дорошенко Д.О., Ключка Ю.П.</i> Оцінка часу утворення вибухонебезпечних газоповітряних сумішей у житловому секторі	81
<i>Древаль Ю.Д., Мітюк Л.О., Вірик А.О.</i> Пожежна безпека у закладах освіти	83
<i>Заїка П.І., Костирка О.В., Заїка Н.П.</i> Основні характеристики пінополістиролу та його використання	86
<i>Ковальов А.І., Отрош Ю.А., Пурденко Р.Р.</i> Забезпечення вогнестійкості вогнезахисених залізобетонних колон	88
<i>Майборода А.О.</i> Моделювання імітаційного простору лабораторного стенду для дослідження пожежовибухонебезпечних властивостей пилоповітряних сумішей	91
<i>Маладика Л.В.</i> Основні вимоги до пожежної безпеки висотних будівель	93
<i>Малярів М.В., Христич В.В., Бондаренко С.М.</i> Вивчення досліджень впливу динаміки розвитку пожеж та їх наслідків щодо зменшення часу їх локалізації рятувальними підрозділами	96
<i>Миргород О.В., Сидорчук О.Р.</i> Деякі види металевих конструкцій, що використовуються у сучасному будівництві	98
<i>Миргород О.В., Трушов Я.Р.</i> Аналіз деяких вогнестійких властивостей залізобетонних конструкцій	101
<i>Некора О.В., Поздєєв С.В., Рудешко І.В., Несен І.О., Сідней С.О.</i> Дослідження розподілу температури по ребристій плиті при впливі стандартного температурного режиму пожежі	104