

*Нуянзін О. М., канд. техн. наук, Поздєєв С. В. д-р. техн. наук, проф.,
Гаркавий С. Ф. канд. техн. наук, доцент, Ведула С. А.
ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ СПУЧУВАННЯ ФРАГМЕНТІВ ВОГНЕЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ

В умовах пожежі металеві конструкції швидко втрачають несучу здатність через велику теплопровідність та швидке прогрівання. Геометричні параметри таких конструкцій (товщина металу, форма поперечного перерізу тощо) у незначній мірі впливають на їхню межу вогнестійкості. Тому металеві конструкції необхідно захищати від дії вогню та високих температур.

Метою роботи було визначення коефіцієнту спучування фрагментів вогнезахисного покриття та порівняти з еталонними значеннями. Для цього на основі нормативних документів було розроблено методичку дослідження з визначення коефіцієнту спучування фрагментів вогнезахисного покриття, що було нанесене на металеві конструкції протягом визначеного періоду; проведено дослідження з визначення коефіцієнту спучування фрагментів вогнезахисного покриття за допомогою муфельної печі на основі розробленої методички; порівняно отримані результати з еталонними значеннями для підтвердження працездатності досліджуваного матеріалу, а також верифіковано результати експериментальних досліджень було за допомогою статистичних критеріїв адекватності (Q-критерій Кохрена, F-критерій Фішера).

Експериментальні дослідження проводились у науково-дослідній лабораторії інновацій у сфері цивільної безпеки ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України. Для випробувань використовувалась електрична муфельна піч СНОЛ 1,6.2.0.0,8/9-М-1 (потужність 2,4 кВт) з горизонтальним завантаженням. Для вимірювання температури в печі використовувалися терморпари ТХА з діаметром дроту 1,5 мм, які можна використовувати для вимірювання температури в діапазоні від 0 до 1100 °С.

У даній роботі дістало подальшого розвитку застосування експериментальних досліджень для визначення властивостей вогнезахисних покриттів.

Ключові слова: коефіцієнт спучування, вогнезахисне покриття, зразки для випробувань, муфельна піч, експериментальні дослідження.

Постановка проблеми. В умовах пожежі металеві конструкції швидко втрачають несучу здатність через велику теплопровідність та швидке прогрівання. Геометричні параметри таких конструкцій (товщина металу, форма поперечного перерізу тощо) у незначній мірі впливають на їхню межу вогнестійкості. Тому металеві конструкції необхідно захищати від дії вогню та високих температур. Для цього можуть використовуватись бетонування, облицювання цеглою, керамічними плитами, цементно-піщану і перлітову штукатурку, покриття азбестом і рідким склом, нанесення сумішей (покриттів), які збільшуються в об'ємі з утворенням пористих захисних прошарків та надають металевій конструкції захист у вигляді теплоізоляції.

Суміші, що спучуються, які наносять на поверхню конструкцій тонким шаром, є одним з перспективних засобів захисту металевих конструкцій від впливу високих температур. При високих температурах (як правило, вище 170°C) покриття спучується і утворюється пористий шар, товщина якого складає декілька сантиметрів. Завдяки низькій теплопровідності, пористий шар запобігає швидкому нагріванню металу. Він являє собою багатофазну систему з органічних і неорганічних компонентів. У закритих комірках знаходяться азот і вуглекислий газ [1].

Гарантійний термін роботи сумішей визначає фірма розробник, проте металеві конструкції можуть бути встановлені у різних умовах зовнішньої середовища, що може впливати на зміну коефіцієнту спучування з часом. У даній роботі проведено експериментальне дослідження коефіцієнту спучування фрагментів вогнезахисного покриття, що було нанесене на металеві будівельні конструкції протягом 5 років.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Відомі вчені, наприклад: Зігерн-Корн В. Н., Ройтман В. М., Романенков И.Г., Файбишенко В. К., Беліков А. С., Демчина Б. Г., Круковський П. Г., Цвіркун С. В., Крашеніннікова М. В. та інші проводили дослідження вогнезахисних властивостей покриттів металевих будівельних конструкцій.

Всі види і способи вогнезахисту повинні забезпечувати підвищення межі вогнестійкості конструкції до регламентованих показників нормативних вимог державних і національних стандартів України. Аналіз літературних джерел [2-6] вказав на велику кількість матеріалів і способів вогнезахисту, їх класифікацію, переваги і недоліки, додаткові корисні характеристики, час захисту та економічну оцінку застосування. Врахувавши, що серед основних будівельних конструкцій найбільш вразливими до дії високих температур і небезпечних факторів пожежі є металеві конструкції, що використовуються під час будівництва більшості споруд, через що існує необхідність продовження досліджень направлених на розробку та впровадження нових заходів з вогнезахисту та дослідження коефіцієнта спучування вже нанесених покриттів.

Формулювання цілей статті. Мета роботи: визначити коефіцієнт спучування фрагментів вогнезахисного покриття та порівняти з еталонними значеннями.

Для досягнення мети поставлено до розв'язання наступні задачі:

1. На основі нормативних документів [2, 7-11] розробити методику дослідження з визначення коефіцієнту спучування фрагментів вогнезахисного покриття, що було нанесене на металеві конструкції протягом визначеного періоду.

2. Провести дослідження з визначення коефіцієнту спучування фрагментів вогнезахисного покриття за допомогою муфельної печі на основі розробленої методики.

3. Порівняння результати з еталонними значеннями для підтвердження працездатності досліджуваного матеріалу.

4. Верифікувати результати експериментальних досліджень було за допомогою статистичних критеріїв адекватності (Q-критерій Кохрена, F-критерій Фішера).

Виклад основного матеріалу дослідження (з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів). 10 фрагментів вогнезахисного покриття (далі –ВЗП): 5 еталонних, що не були нанесені на конструкції та виготовлені напередодні випробувань (далі – еталонні) та 5 використаних, що деякий час були нанесені на металеві конструкції (зняті з різних місць) (далі – досліджувані). Досліджувані зразки було пронумеровано числами від 1 до 5.

На рис. 1 представлені фото фрагментів відібраних для проведення експериментальних випробувань з визначення коефіцієнту спучування.

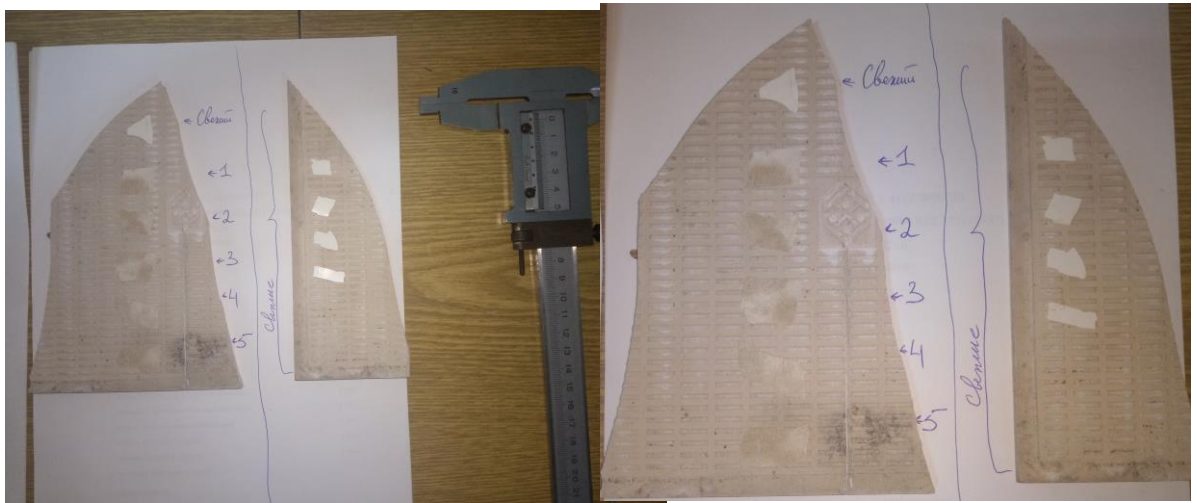


Рисунок 1 – Фото фрагментів до початку випробувань. Зразки розміщено на негорючих керамічних плитках.

Експериментальні дослідження проводились у науково-дослідній лабораторії інновацій у сфері цивільної безпеки ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України.

Умови проведення випробування:

- Дата проведення випробувань: 22.11.2018
- Температура повітря: 17⁺¹ °С
- Відносна вологість повітря, 55 %

Було розроблено методику проведення випробувань на основі нормативних документів [2, 7-11]. Для дослідження коефіцієнту спучування фрагментів вогнезахисного покриття використовується спеціальна електрична муфельна піч схема установки приведена на рис. 2.

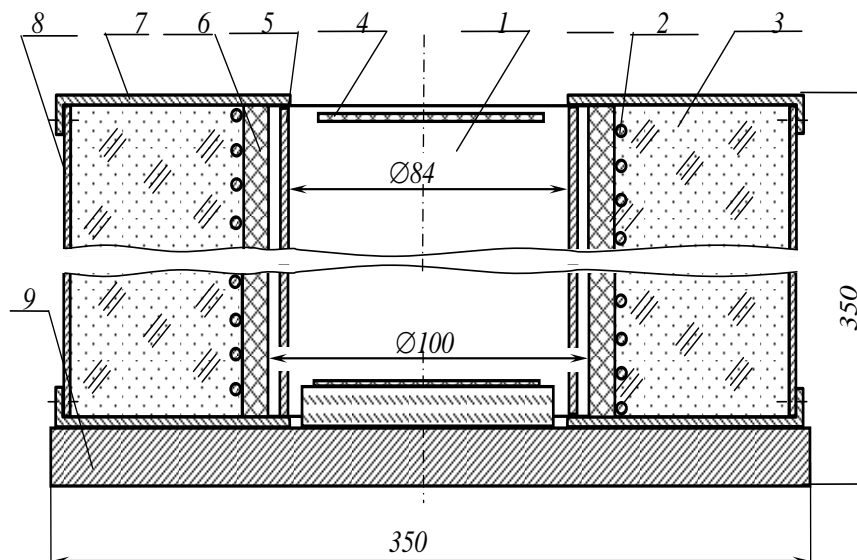


Рис. 2. Схема установки для випробування зразків: 1 – внутрішній простір камери печі; 2 – ніхромова спіраль; 3 – азбесто-шамотна засипка; 4 – азбестова тканина; 5 – сталевий муфель; 6 – стінка вогнетривкої камери; 7 – кришка; 8 – кожух печі; 9 – основа.

До початку випробувань фіксується дата проведення досліджень, температура навколишнього повітря та відносна вологість повітря. Температура повітря має бути від 5 до 28 °С, відносна вологість не перевищувати 80 %.

Перед початком дослідження зразки отримують відповідні номери. На спеціальних тарованих вагах визначається маса зразків. Відповідно до рекомендацій ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010 вона має складати приблизно 50 мг.

Заміряються габаритні розміри зразків. Площа поверхні зразків вогнезахисного покриття для випробувань має бути не меншою 0,5 см². Товщина зразків заміряється та фіксується.

Візуальний методом дослідження зразків (оцінка зовнішнього вигляду) встановлюється та фіксується колір і структура зразків до початку випробувань.

Фрагменти вогнезахисного покриття розміщують на негорючі підкладки на яких вони будуть поміщатись в камеру муфельної печі.

Зразки знаходяться поза камерою муфельної печі перед її нагріванням до необхідної температури.

Вмикається піч. При досягненні значення 600 °С регулятором потужності встановлюється стаціонарний температурний режим. Всі зразки одночасно поміщуються у камеру муфельної печі та знаходяться там протягом 5 хвилин.

Через 5 хвилин зразки разом з підкладкою виймають з камери печі. Візуальним оглядом встановлюється факт спучування, цілісність зразків та їхній колір. Результати фіксуються.

Визначається втрата маси зразків, яка не повинна перевищувати 10 %.

Задача дослідження заключається у визначенні коефіцієнта спучування $K_{вс}$ визначається як відношення товщини спученого шару h до вихідної товщини покриття h_0 .

$$K_{вс} = h / h_0 \quad (1)$$

Вимірювання h і h_0 проводиться в перетинах п'яти зразків. Втрата вогнезахисних властивостей визначається при порівняльній оцінці коефіцієнта спучування еталонного і досліджуваного (з об'єкта) зразків.

Допускається зменшення середньоарифметичного значення коефіцієнта спучування не більше ніж на 30% від початкового.

Для перевірки адекватності результатів експерименту доцільно провести верифікацію результатів методами математичної статистики.

Після завершення дослідження коефіцієнту спучування фрагментів вогнезахисного покриття складається звіт.

Засоби випробувань. 10 фрагментів ВЗП були розміщені на 2 керамічні плитки: 5 досліджуваних фрагментів, що протягом 5 років покривали металеві конструкції і 1 свіжий на першу плитку і 4 свіжі на другу. Використані зразки було пронумеровано числами від 1 до 5 (див. рис. 1).

Візуальний методом дослідження зразків (оцінка зовнішнього вигляду ОЗП) встановлено, що 5 еталонних фрагментів однакового молочно-білого кольору, колір зразків досліджуваних 1–5 змінюється від кавово-білого до кавового. Структура обох наборів зразків щільна.

Площа поверхні зразків ВЗП, для випробувань була не меншою 0,5 см². Товщину зразків було виміряно до початку експерименту. Дані зведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Товщина зразків до початку експерименту

Зразок	Товщина, мм	Вага зразків, мг
Еталонні зразки	0,20 (5 зразків)	50 * 5
1	0,23	51
2	0,24	53
3	0,25	55
4	0,24	52
5	0,22	51

Для випробувань використовувалась електрична муфельна піч СНОЛ 1,6.2.0.0,8/9-М-1 (потужність 2,4 кВт) з горизонтальним завантаженням.

Головною особливістю цієї печі є наявність муфеля – оболонки, що захищає матеріал зразків при нагріванні і є головним робочим простором муфельної печі. Призначення муфеля – ізолювати матеріал або виріб від контакту нагрівальним елементом. Вигляд муфельної печі перед початком випробувань показано на рис. 3.



Рисунок 3 – Вигляд муфельної печі перед початком випробувань.

Муфельна піч виготовлена у вигляді труби з муфелем зі сталі Ст. 3 для рівномірного нагріву зразка. Параметри печі наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Параметри муфельної печі

Параметр	Одиниці виміру	Величина
Потужність	кВт	2,4
Максимальна температура нагріву простору камери	°С	900
Обсяг робочої камери	см ³	350
Діаметр перетину камери	мм	150
Габаритні розміри:		
діаметр	мм	600
довжина	мм	350
Максимальна швидкість нагріву камери	°С/хв.	19

Для вимірювання температури в печі використовувалися термопари ТХА з діаметром дроту 1,5 мм (рис. 4), які можна використовувати для вимірювання температури в діапазоні від 0 до 1100 °С.



Рисунок 4 – Термопара ТХА-VIII – 1-27-К-2-И-320-INC-6-А-(0...1100)°С.

Для зняття цифрових значень температури в місцях установки термопари використовувалися вторинні електронний прилад Digital multimeter DT 700C, які підключено до термопари. Діапазон вимірювання температур даного приладу складає від $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $1370\text{ }^{\circ}\text{C}$ похибка становить $\pm 1.0\%$.

Лінійна швидкість нагрівання камери печі склала $8,6\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{хв}$. При досягненні значення $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ було встановлено стаціонарний режим за допомогою регулювання потужності нагріву печі. Всі зразки були одночасно поміщені у камеру муфельної печі та витримані при постійній температурі $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 5 хвилин (див. рис. 5).

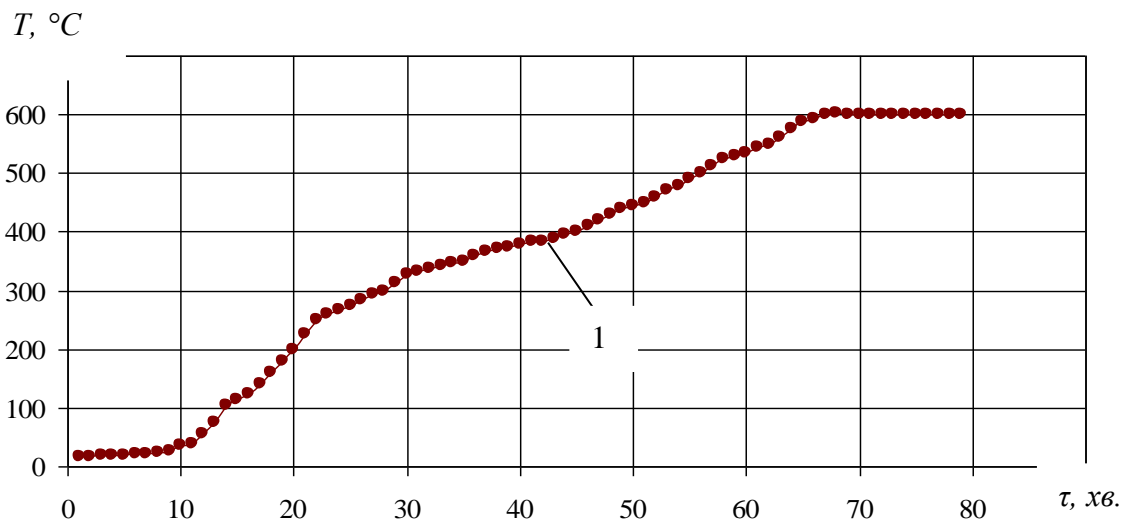


Рисунок 5 – Лінійна швидкість нагрівання камери печі: 1 – температурно-часова залежність в камері муфельної печі.

Для зважування матеріалів використовувалися ваги лабораторні ВЛА-200г-М (рис. 6).



Рисунок 6 – Ваги лабораторні ВЛА-200г-М, що використовувались для зважування зразків.

Вага зразків відповідно до замірів була приблизно 50 мг. Точні дані заміру ваги вказані в табл. 1. Для контролю температури використано хромель-алюмелеву термопару в комплекті з градуйованими омметрами і ртутний термометр для градуювання термопар (рис. 4).

Всі використані засоби вимірювальної техніки, які наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Засоби вимірювальної техніки

Найменування обладнання або приладу	Діапазон вимірювання	Похибка вимірювань
Лінійка вимірювальна	від 0 до 1000 мм	± 1 мм
Секундомір	від 0 до 60 хв	Середній клас точності
Термопара ТХА-VIII	від 0 до 1100 °С	Клас 2
Термогігрометр АРТ-06917	від 25 до 90 % від 0 до 50 °С	± 5 % ± 1,0 °С
Штангенциркуль ЩЦ-Па	від 0 до 300 мм	± 0,05 мм
Ваги лабораторні ВЛА-200г-М	Від 2 мг до 200 г	± 0,5 мг

Результати випробування. Візуальним оглядом встановлено, що спучування відбулося, цілісність зразків не порушено, колір змінився на вугільно-чорний. На рис. 7 показано фотографії фрагментів після завершення дослідів.

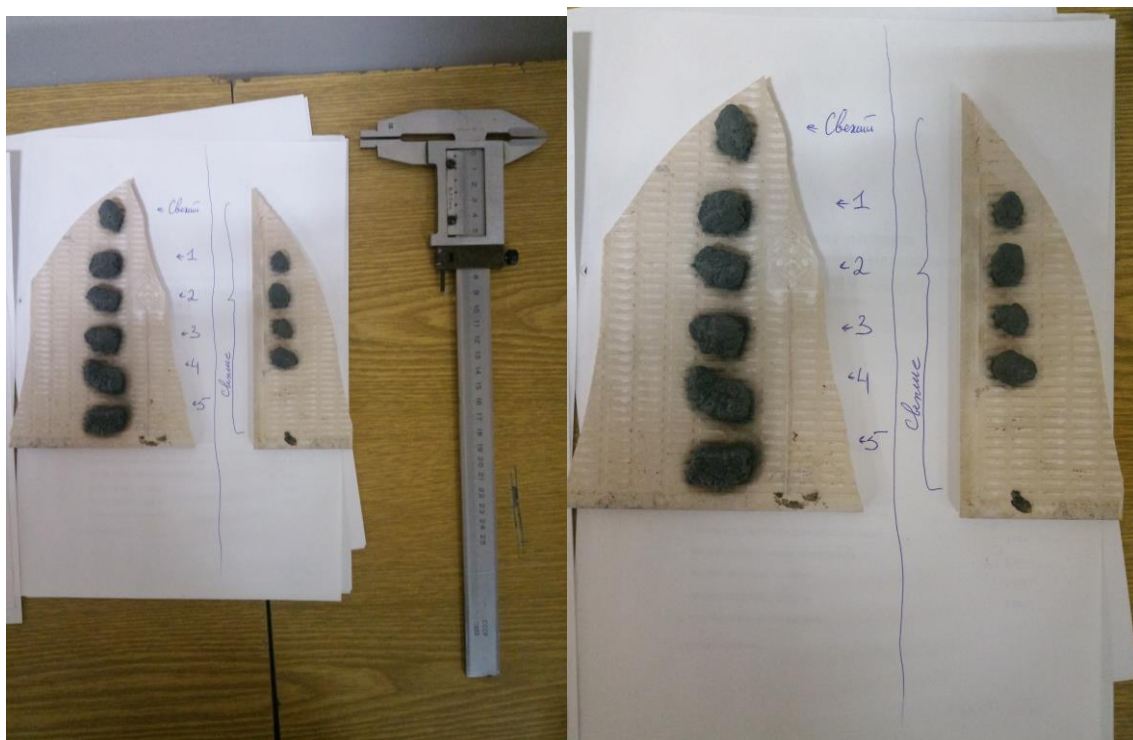


Рисунок 7 – Зовнішній вигляд фрагментів після завершення випробувань.

Для визначення коефіцієнта спучування покриття відібраних зразків проводяться випробування згідно обраної методики. Зразок покриття поміщають в камеру печі при температурі 600 °С і витримують протягом 5 хв для отримання спученого шару. Коефіцієнт спучування $K_{вс}$ визначається як відношення товщини спученого шару h до вихідної товщини покриття h_0 , за формулою (1).

Вимірювання h і h_0 проводиться в перетинах п'яти зразків. Коефіцієнт спучування визначається як середнє арифметичне п'яти вимірів для еталонних зразків та 5 значень для кожного з досліджуваних окремо. Результати вимірювань наводяться в табл. 4.

Таблиця 4 – Порівняння товщини зразків до початку експерименту та вспученого матеріалу

Зразок	Товщина до початку, мм	Товщина вспученого матеріалу, мм	Маса після спучування (відсоток від початкової, %), мг	Коефіцієнт спучування
Еталонні зразки	0,20	12,83;	48 (96 %)	59,12
	0,20	11,79;	46 (92 %)	
	0,20	12,14;	47 (94 %)	
	0,20	10,96;	46 (92 %)	
	0,20	11,68	47 (94 %)	
1	0,23	12,74	49 (96 %)	55,40
2	0,24	12,68	48 (91 %)	52,84
3	0,25	12,21	51 (93 %)	48,85
4	0,24	12,99	47 (90 %)	54,14
5	0,22	10,56	48 (94 %)	48,01

З табл. 4 видно, що втрата маси не перевищила 10 %, як для еталонних, так і для досліджуваних зразків. Зовнішній вигляд зразків до (рис. 1) і після випробування фіксується на фотографіях (рис. 7).

Втрата вогнезахисних властивостей визначається при порівняльній оцінці коефіцієнта спучування еталонного і досліджуваного (з об'єкта) зразків. Допускається зменшення середньоарифметичного значення коефіцієнта спучування не більше ніж на 30% від початкового. Визначимо відносне відхилення коефіцієнта спучування досліджуваних зразків від еталонних, Δ :

$$\Delta = 100\% - (\Sigma K_{всд} / \Sigma K_{все.}) \cdot 100, \quad (2)$$

де $\Sigma K_{всд}$ – сума коефіцієнтів спучення досліджуваних зразків, $\Sigma K_{все.}$ – сума коефіцієнтів спучення еталонних зразків.

$$\Delta = 100\% - (259,26 / 295,60) \cdot 100 = 12,29 \%$$

Таким чином середнє відносне відхилення коефіцієнта спучування досліджуваних зразків від еталонних складає 12,29 %, що підтверджує працездатність досліджуваного матеріалу.

Верифікація результатів випробувань.

Для перевірки адекватності результатів експерименту доцільно розрахувати відносну похибку, а також та критерії адекватності Фішера та Кохрена, що описано нижче.

Q-критерій Кохрена (визначення викидів і квазівикидів):

$$Q = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^p S_i^2}, \quad (3)$$

де S_{\max} – найбільше середньоквадратичне відхилення результатів випробувань.

Q-критерій використовують, порівнюючи три й більше вибірок однакового обсягу. Почергово порівняні дисперсії між експериментальними даними для досліджуваних зразків та еталонних зразків.

F-критерій Фішера застосовують для послідовного порівняння дисперсій результатів експериментальних досліджень у порівнянні з дисперсією очікування. За допомогою критерію Фішера можливо перевірити гіпотезу про рівність генеральних дисперсій результатів випробувань.

$$F = \frac{S_{xy}^2}{S_y^2} \quad (4),$$

де S_{xy}^2 – дисперсія адекватності, S_y^2 – дисперсія відтворюваності.

Дисперсія адекватності розрахована як відхилення між значенням товщини спученого слою досліджуваних зразків і середньоарифметичного значення товщини спученого слою еталонних зразків.

$$S_{xy}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}, \quad (5)$$

де n – кількість ступенів свободи, y_i – значення критерію за результатами визначення товщини спученого слою для досліджуваних зразків, x_i – значення критерію за результатами визначення товщини спученого слою для еталонних зразків.

Дисперсія відтворюваності розрахована як відхилення значення товщини спученого слою для еталонного зразка і середньоарифметичного значення товщини спученого слою цих зразків.

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2, \quad (6),$$

де n – кількість ступенів свободи, \bar{y} – показники змодельованої термопарі з урахуванням експериментальної похибки, y_i – показники термопарі безпосередньо біля змодельованої термопарі.

Результати розрахунку критеріїв адекватності узагальнено в табл. 5.

Таблиця 5 – Параметри дисперсії результатів визначення коефіцієнта спучення досліджуваних та еталонних фрагментів покриття

Критерій	Досліджувані зразки	Еталонні зразки	Критичне значення
Відносне відхилення, %	12,29	макс. 7,24*	30
F-критерій	8,42	3,18	10,97
Q-критерій	0,2131	0,1028	0,5441

*Примітка: значення розраховане для еталонного зразка з найбільшим відхиленням від середнього значення.

Як видно з табл. 5 дані результати верифікації отриманих даних та розрахунок відносного відхилення коефіцієнта спучування досліджуваних зразків від еталонних (2) підтверджують адекватність отриманих результатів.

Висновки. За результатами проведених досліджень з визначення коефіцієнту спучування фрагментів вогнезахисного покриття та його порівняння з еталонними значеннями підтверджено працездатність досліджуваного матеріалу. Відносне відхилення коефіцієнта спучування досліджуваних зразків від еталонних складає 12,29 %, при допустимому 30 % [8].

Дані результатів експериментальних досліджень було верифіковано за допомогою статистичних критеріїв (Q-критерій Кохрена, F-критерій Фішера), чим було підтверджено адекватність отриманих результатів. Розраховані критерії адекватності не перевищують критичних значень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Будівельні матеріали та їх поведінка при дії високих температур / Осипенко В.І., Поздєєв С.В., Тищенко І.Ю. Навчальний посібник. Черкаси: 2012. – 202 с.
2. ДСТУ Б.В.1.1-17:2007 Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності – К. : Мінрегіонбуд України, 2007. – 63 с.
3. Технологія та товарознавство систем сухого будівництва : підручник / П. В. Захарченко, Г. Ленга, О. М. Гавриш, Н. М. Півень; Київ. нац. ун-т будва і архіт. - 2-ге вид., виправл. і доповн. - К. : СПД Павленко, 2011. – 511 с.
4. Васильченко О. В., Квітковський Ю. В., Луценко Ю. В., Миргород О. В. Безпека експлуатації будівель і споруд та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: Навчальний посібник. – Х. : НУЦЗУ, 2010. – 372 с.
5. Будівельні конструкції та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: Навчальний посібник / Стельмах О. А., Васильченко О. В., Квітковський Ю. В., Миргород О. В. Х.: НУЦЗУ, 2013. – 500 с.
6. Гивлюд М. М. Високотемпературні захисні покриття поверхонь металів на основі наповнених поліалюмосилоксанів / М. М. Гивлюд, В. В. Артеменко // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. - Львів, 2009. - №15. – С. 46-50.
7. ДБН В.1.1-7:2016. Захисті від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
8. ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010. Захист від пожежі. Вогнезахисне оброблення будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання
9. ДСТУ Б В. 1.1-4-98*. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробування на вогнестійкість. Загальні умови
10. ГОСТ 12.1.044-89. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения
11. НАПБ Б.01.012–2007. Правила з вогнезахисту

ABSTRACTS

UDC 614.841.332

O. M. Nuianzin, Candidate of technical science

S. V. Pozdieiev, Doctor of technical science, professor

S. F. Harkavyi, Candidate of technical science, docent

S. A. Vedula

Cherkasy Institute of Fire Safety n. a. Chernobyl Heroes

FRAGMENT COVERAGE COEFFICIENT RESEARCH STUDY

In a fire, metal structures quickly lose their bearing capacity due to high thermal conductivity and rapid heating. The geometrical parameters of such structures (metal thickness, cross-sectional shape, etc.) slightly affect their fire resistance. Therefore, metal structures need to be protected from fire and high temperatures.

The purpose of the work was to determine the coefficient of fluttering of fragments of the fire protection cover and to compare with the reference values. For this purpose, on the basis of normative documents, a methodology for determining the coefficient of fluctuation of fragments of a flame retardant coating that was applied to metal structures during a specified period was developed; A study was conducted to determine the coefficient of fluctuation of fragments of a fire protection coating using a muffle furnace on the basis of the developed method; comparatively obtained results with reference values for confirmation of the workability of the investigated material, as well as verified results of experimental studies were made using statistical criteria of adequacy (Q-criterion Cochran, F-criterion Fisher).

Experimental researches were carried out in the research laboratory of innovations in the field of civil security. Heroes of Chernobyl NUTZ Ukraine. For testing, an electric muffle furnace SNOL 1,6.2.0.0.8 / 9-M-1 (2.4 kW power) with horizontal loading was used. To measure the temperature in the furnace, TCA thermocouples with a wire diameter of 1.5 mm were used, which can be used to measure the temperature in the range from 0 to 1100 ° C.

In this paper the further development of the application of experimental studies to determine the properties of fire retardant coatings.

УДК 614.841.332

А. М. Нуянзин, к.т.н.

С. В. Поздеев, д.т.н., проф.

С. Ф. Гаркавий, к.т.н., доц.

С. А. Ведула

ЧИПБ им. Героев Чернобыля НУГЗ Украины

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТ ВСПУЧИВАНИЯ ФРАГМЕНТОВ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

В условиях пожара металлические конструкции быстро теряют несущую способность через большой теплопроводностью и быстрый прогрев. Геометрические параметры таких конструкций (толщина металла, форма поперечного сечения и т.п.) в незначительной степени влияют на их предел огнестойкости. Поэтому металлические конструкции необходимо защищать от воздействия огня и высоких температур.

Целью работы было определение коэффициент вспучивания фрагментов огнезащитного покрытия и сравнить с эталонными значениями. Для этого на основе нормативных документов была разработана методика исследования по определению коэффициента вспучивания фрагментов огнезащитного покрытия, было нанесено на металлические конструкции в течение определенного периода; проведено исследование по

определению коэффициента вспучивания фрагментов огнезащитного покрытия с помощью муфельной печи на основе разработанной методики; по сравнению полученные результаты с эталонными значениями для подтверждения работоспособность исследуемого материала, а также верифицированы результаты экспериментальных исследований было с помощью статистических критериев адекватности (Q-критерий Кохрена, F-критерий Фишера).

Экспериментальные исследования проводились в научно-исследовательской лаборатории инноваций в сфере гражданской безопасности ЧИПБ им. Героев Чернобыля НУГЗ Украины. Для испытаний использовалась электрическая муфельная печь СНОЛ 1,6.2.0.0,8 / 9-М-1 (мощность 2,4 кВт) с горизонтальной загрузкой. Для измерения температуры в печи использовались термопары ТХА с диаметром проволоки 1,5 мм, которые можно использовать для измерения температуры в диапазоне от 0 до 1100 °С.

В данной работе получило дальнейшего развития применения экспериментальных исследований для определения свойств огнезащитных покрытий.