

УДК 699.61

*В.А. Андронов, д-р техн. наук, професор, нач. факультету, УЦЗУ,
Є.О. Рибка, ад'юнкт, УЦЗУ*

ЛАБОРАТОРНА УСТАНОВКА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РЕАКТИВНИХ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

(представлено д-ром техн. наук В.М. Комяк)

Представлено удосконалену лабораторну установку для оцінки вогнезахисної здатності та теплофізичних характеристик реактивних вогнезахисних покриттів для металевих конструкцій, що дозволить задавати різноманітні температурні режими пожежі.

Ключові слова: лабораторна установка, вогнезахисна здатність, температурний режим пожежі, камерна піч, карбідокремнієві електронагрівачі, вимірювальний блок.

Постановка проблеми. На сучасному етапі спостерігається тенденція до все більшого застосування в будівництві металевих конструкцій. Однак дані будівельні конструкцією характеризуються недостатньою вогнестійкістю (15 хв.), що перешкоджає їх широкому використанню. Одним із перспективних засобів забезпечення необхідної межі вогнестійкості металевих будівельних конструкцій є захист їх реактивними вогнезахисними покриттями. Практика використання даних покриттів свідчить про те, що вони є досить чутливими до умов розвитку пожежі, тобто до температурного режиму пожежі. Тому є актуальною проблема удосконалення існуючих методів випробувань реактивних покриттів на вогнестійкість та розробки лабораторної установки для встановлення закономірностей впливу теплового режиму пожежі на теплофізичні характеристики (ТФХ) реактивних покриттів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для визначення вогнезахисної здатності реактивних вогнезахисних покриттів для металевих конструкцій проводяться вогневі випробування конструкцій на вогнестійкість [1]. Проте, ці випробування вимагають виготовлення фрагментів реальних конструкцій, значних матеріало- та енерговитрат, а також працевитрат на їх підготовку і проведення.

Для оцінки вогнезахисної здатності реактивних вогнезахисних покриттів для металевих конструкцій, прогнозу межі вогнестійкості реальних конструкцій, порівняльної оцінки вогнезахисної здатності і контролю якості покриттів, що випускаються, використовуються лабораторні методи. Ці методи ґрунтуються на прогріві зменшених зра-

зків (металеві пластини захищені покриттям) за умов стандартного температурного режиму пожежі [2].

В існуючих лабораторних установках [3–5] тепловий вплив на зразки забезпечується за рахунок теплового випромінювання від муфельної печі, нагрітої до температури 1100 °С, електричної печі Т-подібної форми чи газової печі. Дані способи теплового впливу не забезпечують рівномірний тепловий потік на поверхню зразка, оскільки досліджуваний зразок знаходиться на різній відстані від нагрівальних елементів.

В методі [6], де використовуються циліндричні зразки, стандартний температурний режим не виконується (рис. 1), так як муфельна піч позбавлена системи регулювання режиму нагріву, а її потужність недостатня.

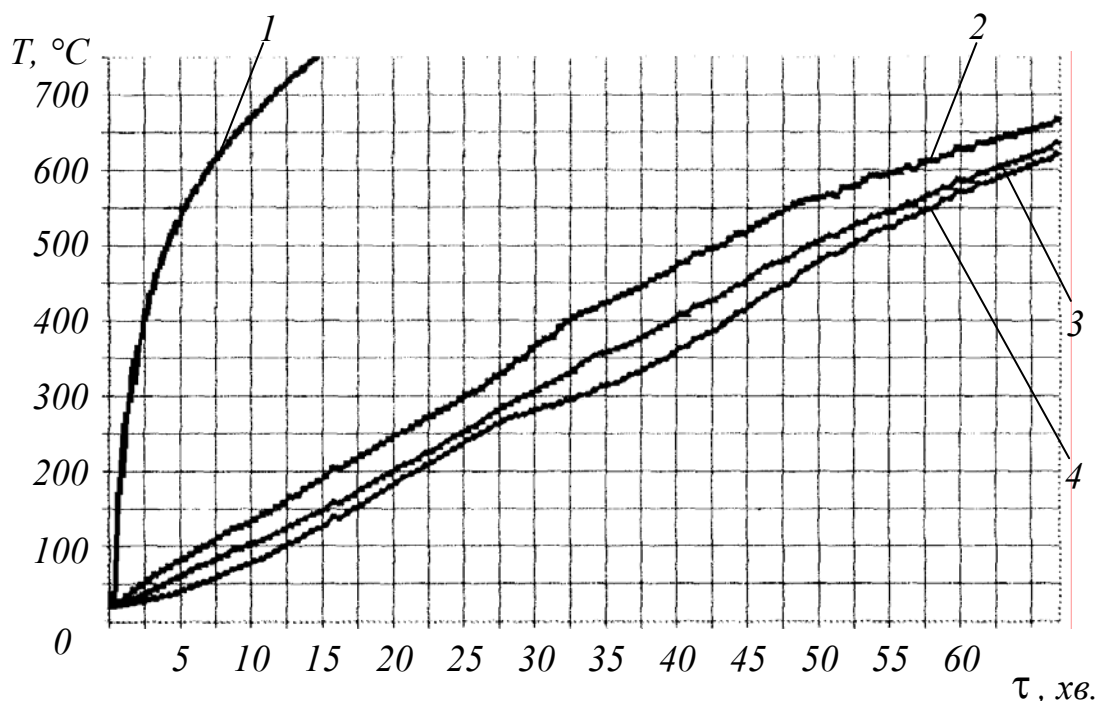


Рис. 1 – Залежність температури середовища в муфельній печі та на поверхнях металевого зразка в часі: 1 – стандартний температурний режим; 2 – температура в печі; 3 – температура на верхній поверхні металу; 4 – температура на нижній поверхні металу

Постановка задачі та її вирішення. Таким чином, виникає необхідність у створенні лабораторної установки, що не матиме зазначених недоліків та дасть змогу максимально автоматизувати випробування при цьому підвищити їх достовірність.

Функціональна схема лабораторної установки для оцінки вогнезахисної здатності реактивних вогнезахисних покриттів для металевих конструкцій представлена на рис. 2.

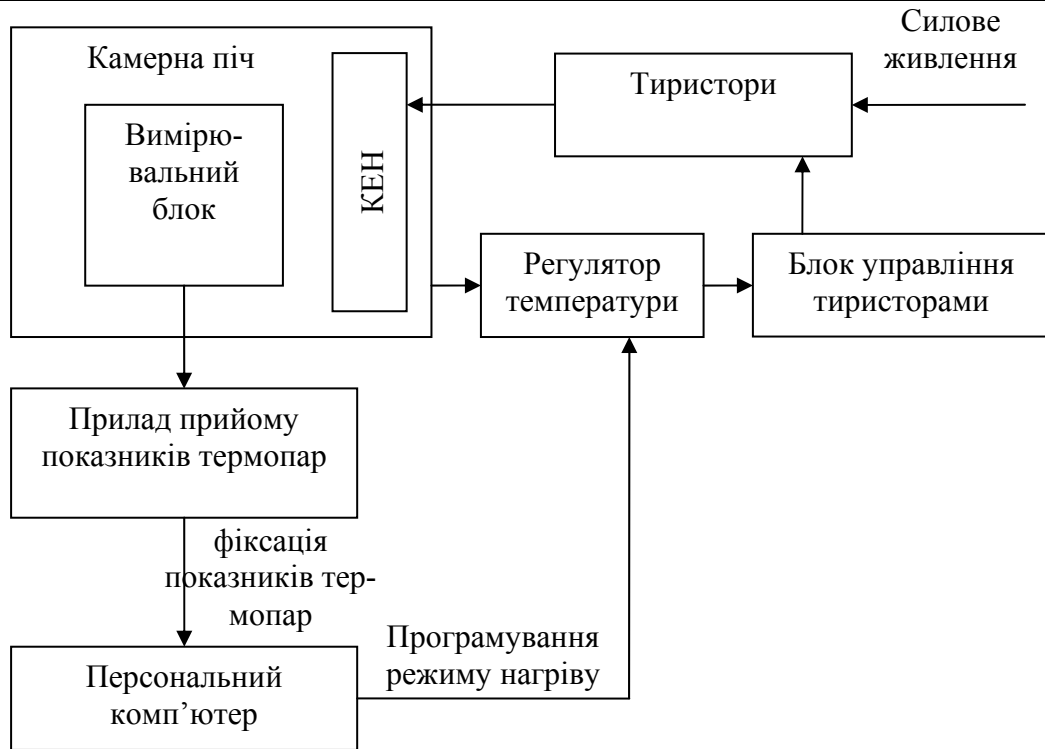


Рис. 2 – Функціональна схема лабораторної установки для оцінки вогнезахисної здатності реактивних вогнезахисних покриттів для металевих конструкцій

За основу для створення лабораторної установки обрано циліндричну камерну піч шахтного типу з діаметром внутрішнього простору 200 мм, висотою 300 мм та здатну виконувати задані режимами нагріву [7, 8] (Рис. 3).

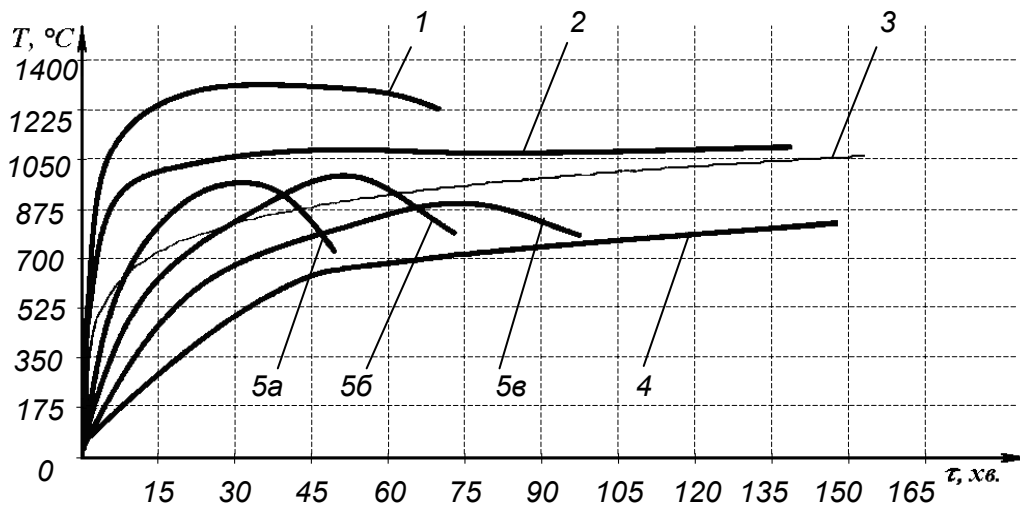


Рис. 3 – Температурні режими пожежі в приміщеннях будівель і споруд різного призначення: 1 - для пожеж у тунелях; 2 - для пожеж у будинках нафтопереробної і хімічної промисловості; 3 - стандартна температурна крива пожежі; 4 - для пожеж у підвалах; 5 - режими пожеж у житлових приміщеннях з різними площами прорізів (від а до в площа прорізів зменшується від 2 м^2 до 1 м^2)

Для забезпечення необхідних режимів нагріву обрані карбідокремнієві електричні нагрівачі (КЕН) [9]. КЕН - це неметалічні нагрівальні елементи, виготовлені з карбіду кремнію. У цих елементів є свої специфічні характеристики (табл. 1), такі як низький коефіцієнт поширення, стабільний хімічний склад, тривалий термін служби, мала деформація, легкість при встановленні та обслуговуванні. КЕНи використовуються для печей з температурою до 1600 °С та можуть встановлюватись безпосередньо в повітряній атмосфері без захисної оболонки.

Таблиця 1 – Характеристики КЕН

№ з/п	Характеристики	Значення
1.	Масова частка SiC не менше	97%
2.	Температура плавлення, °С	2820
3.	Густина, кг/м ³	3200
4.	Температурний коефіцієнт лінійного розширення 24-2400 °С, 10 ⁻⁶ К ⁻¹	5,88
5.	Межа міцності при розриві, МПа	35-42
6.	Межа міцності при стиску, МПа	576
7.	Твердість по Моосу	9,0-9,5
8.	Питомий електричний опір, Ом·м	1,0-2,0
9.	Питома поверхнева потужність: 1100°С, Вт/см ² ; 1400°С, Вт/см ² .	≤15 ≤5
10.	Робочий ресурс при номінальній роботі, год.	1000

Для лабораторної установки обрано гантелевидні (трубчасті з потовщеними кінцями) нагрівачі типу КЕН А 8/300/150 [10]: діаметр активної частини $D = 8$ мм, довжина – $L = 300$ мм, довжина холодних кінців $l_1 = 150$ мм, поверхня випромінювання активної частини $S_B = 75$ см², номінальний електричний опір $R_n = 4,7$ Ом.

До розміщення в печі КЕН пред'являються наступні вимоги [10]:

- відстань між центрами нагрівачів – не менше $2D$;
- відстань від центру нагрівача до футеровки – не менше $1,5D$.

Враховуючі пред'явлені вимоги до лабораторної установки та нагрівальних елементів розраховано кількості та взаєморозміщення КЕН в печі (рис. 4).

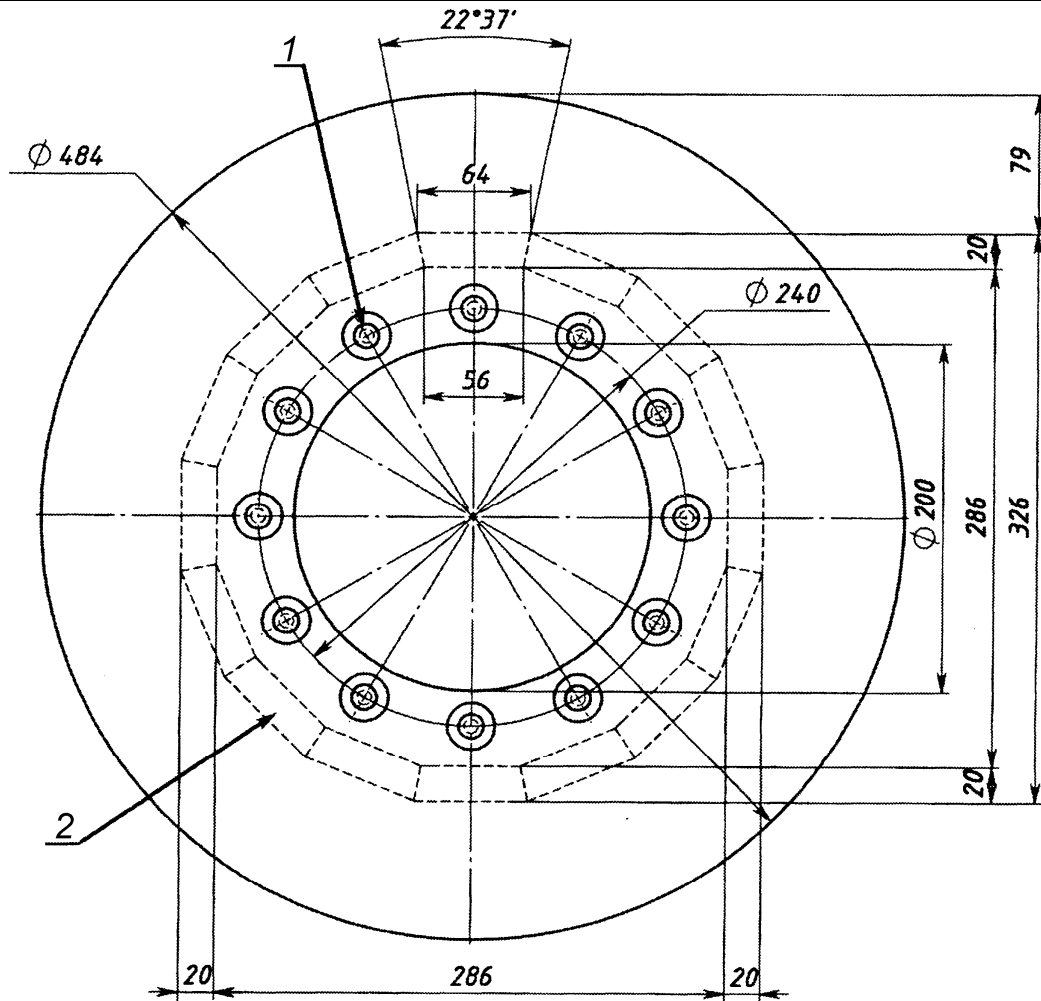


Рис. 4 – Розміщення КЕН в печі (вид зверху): 1 – КЕН; 2 – футеровка

Для можливості підбору оптимальної потужності 12 КЕН можливо підключати з використання шести схем комутації:

схема 1 – всі нагрівачі з'єднані послідовно;

схема 2 – 6 груп нагрівачів з'єднані послідовно, в кожній групі 2 нагрівачі з'єднані паралельно;

схема 3 - 4 груп нагрівачів з'єднані послідовно, в кожній групі 3 нагрівачі з'єднані паралельно;

схема 4 - 3 груп нагрівачів з'єднані послідовно, в кожній групі 4 нагрівачі з'єднані паралельно;

схема 5 - 2 груп нагрівачів з'єднані послідовно, в кожній групі 6 нагрівачі з'єднані паралельно;

схема 6 - всі нагрівачі з'єднані паралельно.

Схеми підключень 5 та 6 використовуються тільки в разі дуже великих значень електричного опору нагрівачів в разі сильного їх старіння.

В таблиці 2 представлені електричні параметри печі в залежності від схем комутації нагрівачів та напруги, що подається.

Таблиця 2 – Електричні параметри печі в залежності від схем комутації нагрівачів та напруги, що подається

Схема комутації	Напруга, U, В	Струм, I, А	Потужність, W, кВт	Напруга, U, В	Струм, I, А	Потужність, W, кВт
1	220	3,90	0,86	380	6,73	2,56
2	220	15,60	3,43	380	26,95	10,24
3	220	35,10	7,72	380	60,60	23,00
4	220	62,40	13,70	380	107,80	41,00

Для безаварійної роботи нагрівачів необхідно щоб виконувалась умова не перевищення допустимої питомої поверхневої потужності нагрівачів. Тому максимальна допустима потужність печі має вид

$$W_{\max} = Q \cdot S_{\text{в}} \cdot n, \quad (1)$$

де Q - питома поверхнева потужність, Вт/см²;

$S_{\text{в}}$ – поверхня випромінювання активної частини, см²;

n – кількість нагрівачів.

$$W_{\max} = 15 \cdot 75 \cdot 12 = 13,5 \cdot 10^3 \text{ Вт} = 13,5 \text{ кВт.}$$

Для першого шару футеровки печі (Рис.4) обрано корундові пластини, другий шар виконується з шамоту. Простій між сталевим корпусом та футеровкою заповнюється мінеральним теплоізолятором.

Вага печі складає 290 кг та покоїться на сталевій опорі.

Для управління тепловим режимом в печі застосовано регулятор температури РТЭ-4.1 М-10, що дозволяє забезпечити:

а) вироблення керуючого впливу, що змінюється по ПИД-закону по заданій програмі з урахуванням впливу зовнішнього сигналу корекції і керування швидкістю збільшення (зменшення) вихідної потужності

б) цифрову індикацію:

- поточного значення температури з точністю $\pm 1^\circ\text{C}$;

- значення заданої температури;

- значення параметрів регулювання;

в) RS485 (вихід на персональний комп'ютер).

Регулятор температури подає сигнал керування на блок управління тиристорами (БУТ-3М), який в свою чергу за допомогою тиристорів регулює силове живлення нагрівачів печі.

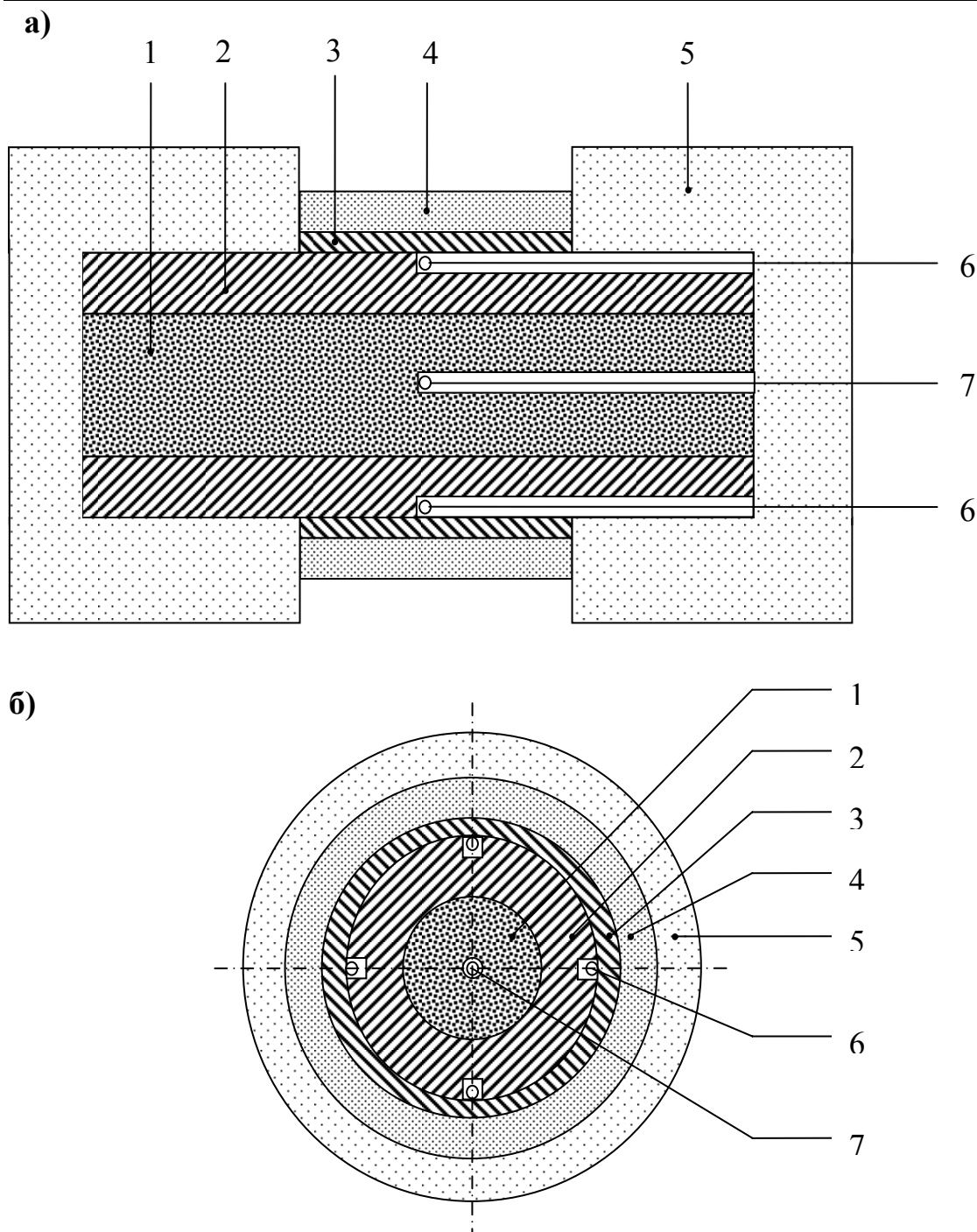


Рис. 5 – Вимірювальний блок лабораторної установки для оцінки вогнезахисної здатності реактивних вогнезахисних покриттів для металевих конструкцій: а) поздовжній розріз; б) поперечний розріз;

1 - теплоізоляція сталевого вкладиша, 2 - сталевий циліндричний вкладиш, 3 - сталевий циліндричний зразок, 4 - реактивне покриття, що випробовується, 5 - ізолятор охоронної зони вимірювального блоку, 6 - термопари для виміру температури на контакті між зовнішньою поверхнею сталевого циліндричного вкладиша й внутрішньою поверхнею сталевого циліндричного зразка, 7 - термопара для виміру температури в центрі теплоізоляції сталевого вкладиша

В якості вимірювального блоку (рис. 5) використовується сталевий циліндричний вкладиш, теплоізольований по краям та зсередини. На нього надівається сталевий циліндричний зразок, захищений реактивним покриттям, властивості якого досліджуються. На границі контакту зовнішньої поверхні сталевого циліндричного вкладиша з внутрішньою поверхнею сталевого циліндричного зразка та в центрі теплоізоляції сталевого вкладиша (по середині довжини робочої частини зразка), розташовані термопари для виміру температури.

Термопари від вимірювального блоку підключаються до приладу прийому показників термопар, який в свою чергу підключається через USB - інтерфейс до персонального комп'ютера. За допомогою пакету прикладних програм показники термопар вимірювального блоку фіксуються у вигляді таблиць та графіків.

Висновки. Представлена лабораторна установка дозволить проводити повністю автоматизовані випробування по оцінці вогнезахисної здатності реактивних вогнезахисних покриттів. Також розміри та конструкція даної установки дозволяє проводити випробування різноманітних зразків на вогнестійкість та показник горючості та варіювати режимами нагрівання.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ Б В 1.1-17:2007 (EN 13381-4:2002, NEQ) "Захист від пожежі. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності".

2. ДСТУ Б.В. 1.1-4-98. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. – К. – Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 1998. – 45 с.

3. НПБ 236-97. Огнезащитные составы для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности.

4. Определение теплоизолирующих свойств огнезащитных покрытий по металлу: Методика. – М.: ВНИИПО, 1998. - 19 с.

5. Круковский П.Г., Цвиркун С.В. Определение теплофизических характеристик вспучивающегося покрытия по данным испытаний на огнестойкость // Науковий вісник УкрНДПБ, 2005, №1(11), – С. 5-13.

6. Яковлева Р.А., Фомин С.Л., Сафонов Н.А., Безуглый А.М. Новые огнезащитные покрытия по металлу и идентификация их теплофизических свойств // Науковий вісник будівництва, 2008, №48, – С. 250-268.

7. Демехин В.Н., Мосалков И.Л., Плюснина Г.Ф. и др. Здания и сооружения и их устойчивость при пожаре. – М.: ГПС МЧС России, 2003. – 656 с.

8. Мосалков И.Л., Плюснина Г.Ф., Фролов А.Ю. Огнестойкость строительных конструкций. – М.: ЗАО «СПЕЦТЕХНИКА», 2001. – 496 с.

9. Материалы для электротермических установок: Справочное пособие / Н.В. Большаков, К.С. Борисанова, В.И. Бурцев и др.; под ред. М.Б. Гутмана. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 296 с.

10. ГОСТ 16139-76 «Электронагреватели трубчатые для печей сопротивления».

nuczu.edu.ua

В.А. Андронов, Е.А. Рыбка

Лабораторная установка для определения огнезащитных свойств реактивных огнезащитных покрытий для металлических конструкций.

Представлена усовершенствованная лабораторная установка для оценки огнезащитной способности и теплофизических характеристик реактивных огнезащитных покрытий для металлических конструкций позволяющая задавать разнообразные температурные режимы пожара.

Ключевые слова: лабораторная установка, огнезащитная способность, температурный режим пожара, карбидокремниевые электронагреватели, камерная печь, измерительный блок.

V.A. Andronov, Ye.A. Rybka

Laboratory installation for definition of fireproof properties of reactive fireproof coverings for metal constructions.

Advanced improving laboratory installation for an estimation of fireproof efficiency and thermophysical characteristics of reactive coverings for metal constructions allowing to set various temperature modes of a fire.

Key terms: laboratory installation, fireproof efficiency, a temperature mode of a fire, silicon carbide electric heaters, the chamber furnace, the measuring block.