

УДК 614.841.332

**А.І. КОВАЛЬОВ** (канд. техн. наук, с.н.с.)**Є.В. КАЧКАР** (канд. техн. наук, доц.)**І. Я. ОЛІЙНИК** (фахівець відділу соціально-гуманітарної роботи)**Я.Я. СТАНЬКО** (магістрант)

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, м. Черкаси

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ОБЛИЦЮВАЛЬНИХ ЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВОГНЕЗАХИСТУ МЕТАЛЕВИХ ГАЗОПРОВОДІВ

Проведено аналіз застосування вогнезахисних матеріалів для захисту металевих повітропроводів, в тому числі і газопроводів систем дегазації вугільних шахт, в сучасному будівництві та фізико-механічні характеристики таких матеріалів. Розглянуто питання вогнезахисної здатності матеріалів на основі базальтового волокна та параметри, від яких вона залежить. Розглянуто можливість та особливості застосування розрахунково-експериментального методу для визначення вогнезахисної здатності матеріалів на основі базальтового волокна

**Ключові слова:** металеві газопроводи, вогнестійкість, розрахунково-експериментальний метод, вогнезахисна здатність.

**Постановка задачі та її розв'язання.** Основними елементами припливно-витяжної вентиляції зі штучним спонуканням є: газопроводи систем дегазації вугільних шахт, повітропроводи, протипожежні клапани (вогнезатримуючі та димові, вентилятори димовидалення). Вогнестійкість елементів систем штучної та припливної вентиляції є важливою характеристикою, яку необхідно враховувати при проектуванні будівель і споруд. Дані щодо вогнестійкості елементів систем вентиляції необхідні для виробників цих систем різного призначення, розробників проектно-документації на будівництво та працівників Державної служби України з надзвичайних ситуацій та її територіальних органів в областях [1]. Для забезпечення необхідної межі вогнестійкості таких конструкцій здійснюється їх обробка та захист вогнезахисними речовинами, а для підтвердження значень їх межі вогнестійкості використовується експериментальний, розрахунковий та розрахунково-експериментальний методи. Для вогнезахисту металевих будівельних конструкцій, а саме металевих повітропроводів використовується велика кількість засобів та технічних рішень, які неодноразово описані в літературі [2-6]. Поряд з тим, ще не достатньо досліджені композиційні вогнезахисні рулонні матеріали на основі базальтових волокон, що мають покращені властивості, добру адгезію до поверхні, що захищається, і при більш детальному дослідженні властивостей і науково-технічному обґрунтуванні їх застосування, – кращі вогнезахисні властивості та економічно вигідніше застосування, в порівнянні з існуючими системами вогнезахисту.

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** Для конструктивного вогнезахисту металевих повітропроводів використовуються різноманітні матеріали: вогнезахисні покриття, що спучуються, штукатурки, листові (рулонні) матеріали, захисні екрани. Фізико-механічні характеристики деяких вогнезахисних матеріалів представлені в табл. 1.

Як видно з табл. 1, для більшості вогнезахисних матеріалів фізико-механічні характеристики є невідомими або дані про них не надаються фірмами-виробниками. Тому проектування таких систем стає обмеженим або зовсім неможливим у зв'язку з відсутністю даних щодо теплофізичних характеристик цих матеріалів. Також, вогнезахисні матеріали, наведені в табл. 1, мають в своїй основі базальтові волокна, що вказує на переваги рулонних матеріалів на основі базальтових волокон в порівнянні з іншими вогнезахисними системами, до яких відносяться: зручність монтажу, контролю якості, вогнезахисна ефективність, адгезійна міцність, вібростійкість, гідрофобність, можливість застосування на нерівній поверхні.

Базальтові волокна, на відміну від широко застосовуваних скляних, мають високу схильність до кристалізації, більш високу хімічну та температурну стійкість. Залежно від температури й часу нагрівання в них суттєво змінюється вміст оксиду заліза [7]. У базальтових супертонких волокнах (БСТВ) перехід FeO в Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> відбувається при температурі вище за 600°C. При нагріванні базальтових волокон до 450-500 °C відзначається невелике зниження маси, зу-

мовлене втратою хімічно зв'язаної води, а при подальшому нагріванні – збільшення маси, викликане приєднанням молекули кисню при окисненні двовалентного заліза в тривалентне. При цьому модуль кислотності ( $M_k$ ), розрахований по формулі Хана [7], змінюється для БСТВ від 2,73 до 3,38 при 800°C, на відміну від інших базальтових вогнематеріалів, де модуль кислотності має більший діапазон змін (1,2 – 9,0) та суттєво впливає на термін експлуатації всієї вогнезахисної системи.

**Таблиця 1.** Фізико-механічні характеристики вогнезахисних матеріалів

№ п/п	Назва матеріалу	Основа вогнезахисного матеріалу	Густина, кг/м <sup>3</sup>	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·К	Теплоємність, Дж/кг·К	Межа вогнестійкості повітропротода з вогнезахистом	Товщина вогнезахисту, мм
1	Вогнезахисне покриття «Фіброгейн»	мінеральні волокна	290-320	0,0041	0,9	EI 30 – EI 90	7 – 18,3
2	Плити «Екопласт»	вермикуліт	500-900	0,12-0,18	немає даних	EI 120	25
3	Вогнезахисне покриття «ОВПФ-1М»	суміш на неорганічній основі	немає даних	немає даних	немає даних	EI 60 EI 90 EI 150	4 9 13,5
4	Комплексний вогнезахист повітроводів «ОГНЕМАТ»	матеріал прошивний базальтовий вогнезахисний рулонний	немає даних	немає даних	немає даних	EI 30 – EI 180	
5	Мати вогнезахисні (МБП)	базальтове волокно	до 60	0,038-0,06	немає даних	EI 60 EI 120 EI 180	40 50 60
6	Покриття Вогне Вент-Базальт	базальтове супертонке волокно	35	0,104-0,45	немає даних	EI 60 EI 120 EI 180	20 40 70
7	Вогнезахисне покриття «Ферум-Вент»	неорганічна полімерна основа	немає даних	немає даних	немає даних	EI 30 EI 60	2,5 3,5
8	Вогнезахисний склад «Файрек-300»	неорганічне в'язуче, цільові добавки, інертні наповнювачі	1300	немає даних	немає даних	EI 30 – EI 90	4–8
9	Ендотерм 210104	гідралічне в'язуче, легкі інертні наповнювачі, цільові добавки	450-600	немає даних	немає даних	EI 30 – EI 60	5–10
10	Ізовент	базальтовий рулонний матеріал	100	немає даних	немає даних	EI 30 – EI 90	7–8

При нагріванні базальтових волокон спостерігається їхнє укорочування, яке після одноденної термічної обробки при 800°C для волокон БСТВ становить близько 0,5 %. При цьому відбувається підвищення щільності волокон – ущільнення, яке починається для волокон БСТВ при температурі обробки вище 700 °C. У результаті термічної обробки при 900 °C щільність волокон зростає до 3,03–3,07 г/см<sup>3</sup>, у порівнянні з 2,84–2,88 г/см<sup>3</sup> у вихідному стані. Зменшення довжини й ущільнення волокон – взаємозалежні явища, що зумовлені кристалізацією базальтових волокон при їхній термічній обробці.

Оскільки при використанні волокнистих матеріалів в якості ізоляції діють навантаження, важливо знати, як змінюється об'ємна маса при дії на припливно-витяжну вентиляцію додаткового навантаження. Проведені дослідження показали [8], що при збільшенні навантаження до 30 кг/см<sup>2</sup>, об'ємна маса для БСТВ зростає в 5–6 разів.

Зміна пружних властивостей волокон мінеральної вати при нагріванні характеризується усадкою, яка залежить від вихідної об'ємної маси (щільності) вати. Усадка базальтової вати при нагріванні зумовлена, насамперед, її кристалізацією. Як правило, усадка є вкрай небажаним і недопустимим явищем, тому що в процесі експлуатації при високих температурах це може призвести до утворення порожнин між ізолюючою поверхнею та теплоізоляційним матеріалом. На практиці допустимою вважається усадка до 2 %. Для базальтової вати БСТВ при щільності 150 кг/м<sup>3</sup> це відповідає температурному впливу в 700 °C.

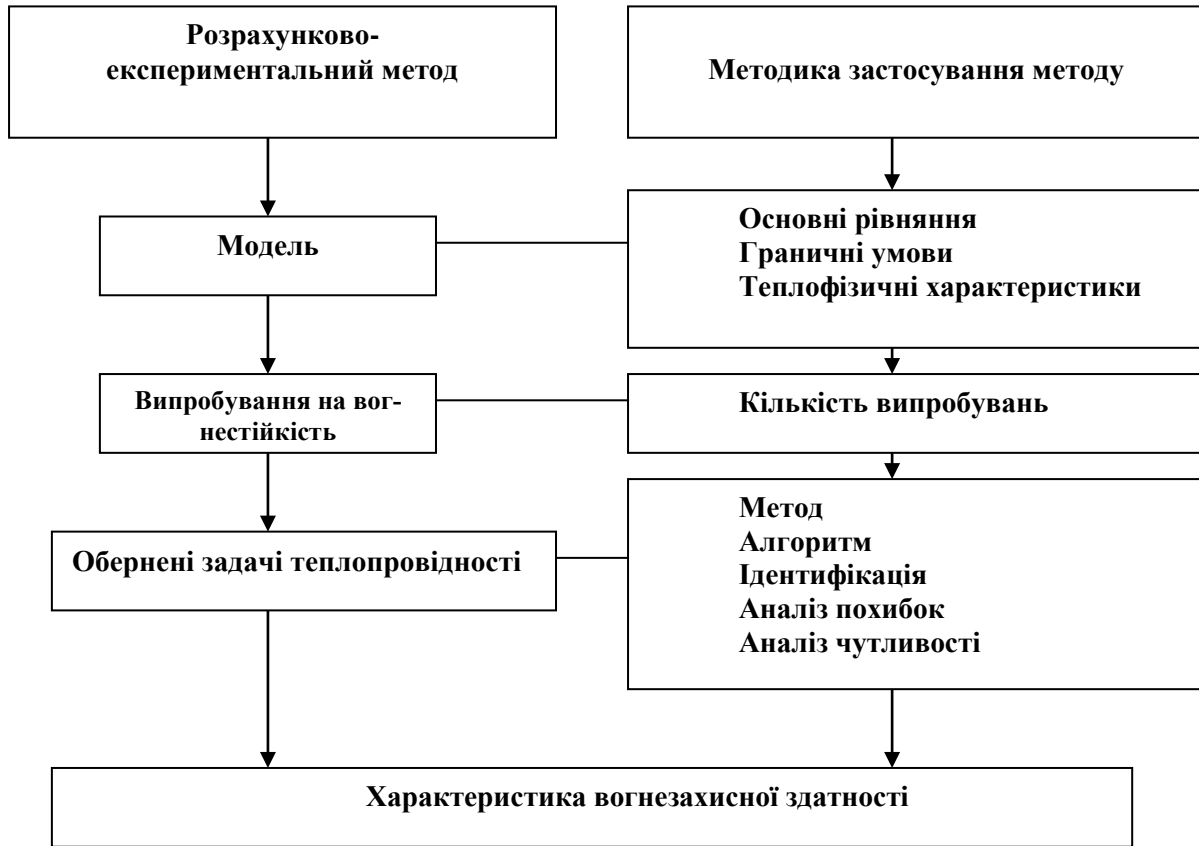
Таким чином, при застосуванні БСТВ в якості складової рулонного теплоізоляційного матеріалу в конструкціях припливно-витяжної вентиляції важливо враховувати щільність базальтової вати. При ущільненні базальтової вати щільністю до 150 кг/м<sup>3</sup> така система ефективно може бути застосована в діапазоні температур до 700 °C.

**Вклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** При застосуванні вогнезахисних рулонних матеріалів на основі БСТВ постає питання про визначення залежності товщини захисного матеріалу від товщини металу повітропроводу для нормованих меж вогнестійкості цих будівельних конструкцій. В роботах Круковського П.Г., Новака С.В., Цвіркуна С.В., Качкара Є.В., Ковальова А.І., Якименко О.П. наведені методики визначення характеристики вогнезахисної здатності (ХВЗ) покриттів для захисту металевих чи залізобетонних будівельних конструкцій та внутрішнього заповнення тришарових мінераловатних панелей, однак питання визначення ХВЗ покриттів металевих повітропроводів не розглядалися. Як відомо, визначення ХВЗ можливе за допомогою 3 методів: експериментального, розрахункового та розрахунково-експериментального (РЕМ). Найбільш оптимальним, точним і економічним, у порівнянні з іншими, є РЕМ, який дозволяє за результатами одного або двох експериментів визначати ХВЗ для різних меж вогнестійкості [9-12].

Як відомо, дослідження вогнестійкості будівельних конструкцій з покриттями експериментальними методами являє собою трудомістке завдання, вирішення якого потребує наявності енергоємного дорогого обладнання, але навіть воно дозволяє випробовувати лише фрагменти великогабаритних конструкцій. Розмір дослідних зразків обмежений габаритами печей. При проведенні повномасштабних натурних випробувань можливо отримати тільки обмежені дані про поведінку конструкцій при тепловому впливі, оскільки в конкретному експерименті реалізується єдиний температурний режим, а для отримання достовірного прогнозу можуть знадобитися відомості про поведінку конструкцій і при інших температурних режимах [9].

Для розрахункового визначення межі вогнестійкості розробляються і використовуються спеціальні моделі, методи їх інтегрування та комп'ютерні програми, основою яких є метод кінцевих елементів і кінцевих різниць. Застосування методів математичного моделювання для вирішення задач теплового проектування вогнестійкості конструкцій досить поширене, але точність моделювання сильно залежить від точності завдання теплофізичних характеристик (ТФХ) покриттів, які визначаються окремо [10]. В основному ці методи застосовуються при проектуванні вогнезахисту сталевих та залізобетонних конструкцій для проектувальних і перевірочних розрахунків і визначення оптимальної товщини вогнезахисного покриття (при відомих ТФХ матеріалу покриття), наприклад вогнезахисного шару бетону мінімальної товщини, при якій забезпечується необхідна межа вогнестійкості конструкції [11].

Тому найбільш ефективним методом для проведення досліджень зміни параметрів вогнестійкості таких конструкцій є розрахунково-експериментальний метод, основні складові якого наведені на рис.1. Метод є сукупністю експериментальних і розрахункових процедур, що дозволяють з необхідною точністю визначати характеристику вогнезахисної здатності об'єкту дослідження [12].



**Рис. 1.** Схема розрахунково-експериментального методу і методики його застосування для визначення характеристики вогнезахисної здатності рулонного вогнезахисного матеріалу металевих повітропроводів.

Як видно із рис. 1, при застосуванні РЕМ необхідно підняти питання про уточнення складових такої методики застосування (рис.1), сутність якої полягає у визначенні залежності мінімальної товщини вогнезахисного мінераловатного покриття від приведеної товщини металу, при яких забезпечується необхідна межа вогнестійкості металевих повітропроводів за даними випробувань на вогнестійкість, заснований на вдосконаленій математичній моделі теплових процесів, що відбуваються в покриттях, і визначенні їх ТФХ методом розв'язання прямих і обернених задач теплопровідності [12].

Тому розгляд особливостей підвищення вогнестійкості елементів припливно-втяжної вентиляції за допомогою рулонних вогнезахисних матеріалів на основі базальтового волокна і можливості застосування розрахунково-експериментального методу для визначення вогнезахисної здатності композиційних вогнезахисних матеріалів металевих повітропроводів є *актуальною* науково-технічною задачею і основною *метою* подальших досліджень.

До особливостей і труднощів визначення вогнезахисної здатності рулонних матеріалів для захисту металевих повітропроводів слід віднести:

1. Сильну залежність коефіцієнта теплопровідності рулонного матеріалу на основі базальтового волокна від темпу нагріву, що в свою чергу залежить від режиму пожежі (рівня і темпу зміни температур) і товщини конструкції, що захищається.

2. Наявність процесу дегідратації води при нагріванні, що призводить до виходу її парів у бік нагрівання і може бути причиною руйнування (відшаровування) вогнезахисного матеріалу під час нагрівання.

3. Невизначеність у виборі адекватних математичних моделей, що описують теплові процеси в системі «металевий повітропровід – система вогнезахисту».

4. Неясність у визначенні мінімальної кількості випробувань та кількості зразків металевих повітропроводів з вогнезахистом, необхідних для визначення теплофізичних характеристик й вогнезахисної здатності системи вогнезахисту.

5. Оцінка похибок, які виникають при застосуванні розрахунково-експериментального методу, для визначення вогнезахисної здатності системи вогнезахисту металевих повітропроводів.

Для досягнення поставленої мети і вирішення перерахованих особливостей необхідно вирішити такі **завдання**:

– провести аналіз стану питання визначення параметрів вогнестійкості металевих повітропроводів з вогнезахисними матеріалами і без них, а також методів її оцінки;

– визначити переваги та недоліки існуючих систем вогнезахисту металевих повітропроводів;

– провести аналіз можливості оцінювання вогнезахисної здатності системи вогнезахисту металевих повітропроводів за допомогою розрахунково-експериментального методу за результатами випробувань на вогнестійкість на основі існуючого національного стандарту України;

– розробити математичну модель теплового стану системи "металевий повітропровід – система вогнезахисту", що враховує теплообмінні процеси в ній, та дозволяє визначати теплофізичні характеристики і характеристику вогнезахисної здатності системи вогнезахисту;

– розробити методику застосування розрахунково-експериментального методу для визначення характеристики вогнезахисної здатності системи вогнезахисту за ознаками граничного стану з вогнестійкості по втраті цілісності та (або) втраті теплоізолювальної здатності.

### Библиографический список

1. Новак С.В., Нефедченко Л.М., Абрамов О.О. Методи випробувань будівельних конструкцій та виробів на вогнестійкість. – Київ: Пожінформтехніка, 2010. – 132 с.

2. Вогнезахист металевих повітропроводів плитами Екопласт. Режим доступу: [http://www.aplusb.kiev.ua/ua/?mp=simplecat&category\\_id=19&photo\\_id=20](http://www.aplusb.kiev.ua/ua/?mp=simplecat&category_id=19&photo_id=20).

3. Огнезащита воздуховодов и систем дымоудаления. Покрытия и системы. Режим доступу: <http://www.rosizol.com/mbor.php>.

4. Комплексная огнезащита воздуховодов ОГНЕМАТ. Режим доступу: <http://www.bztm.su/katalog/ogn1.php>.

5. Огнезащита воздуховодов. Режим доступу: [http://www.rusprotect.ru/ognezashita\\_vozduxovodov](http://www.rusprotect.ru/ognezashita_vozduxovodov).

6. Огнезащита воздуховодов. Режим доступу: [http://terra-plus.com.ua/services/fireprotection/fireprotection\\_vent.html](http://terra-plus.com.ua/services/fireprotection/fireprotection_vent.html).

7. Базальтволокнистые материалы: Сборник статей // под ред. Костикова В.И., Смирнова Л.Н. – М.: Информконверсия, 2001 – 307с.

8. Григорьян Б.Б., Поздеев С.В., Качкар Е.В. Анализ состояния вопроса об использовании минераловатных изделий в качестве огнезащиты для строительных конструкций. Проблемы ПБ.- Харьков: УГЗУ, 2007.– Вып.21. – С.58–65.

9. Милованов А. Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре / Анатолий Федорович Милованов. – М.: Стройиздат, 1998. – 304 с.

10. Новак С.В. Математическое моделирование процессов теплообмена в огнестойких конструкциях: автореферат дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.14.05 «Теоретическая теплотехника» / С.В. Новак. - Харьков, 1996, 24 с.

11. Ковалев А.И. Усовершенствование метода оценки огнезащитной способности покрытий железобетонных перекрытий: дисс. ... кандидата техн. наук : 21.06.02 / Ковалев Андрей Иванович. – К., 2012. – 163 с.

12. Качкар С.В. Обгрунтування параметрів тришарових перегородок з мінераловатними плитами для будівель та споруд з урахуванням їх вогнестійкості: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 21.06.02 «Пожежна безпека» / Є.В. Качкар. – Київ, 2009. – 22 с.

Надійшла до редакції 06.03.2017

**A. Kovalov, Ye. KACHKAR, Ya. Oliinyk, YA. Stanko**

Cherkasy institute of fire safety named after Chernobyl Heroes of National university of civil defense of Ukraine, Cherkasy

#### FEATURES OF USING FACING PROTECTIVE MATERIAL FOR FIRE PROTECTION OF METAL GAS PIPELINES

The analysis of the use of fireproof materials to protect metal air pipes, including gas pipelines of degassing systems of coal mines in modern construction and physical and mechanical properties of such materials was conducted. The question of fireproof ability of materials based on basalt fiber and parameters on which it depends was examined. The possibility and features of settlement and experimental method for determining fireproof ability of materials based on basalt fiber was considered.

**Keywords: metal pipelines, fire resistance, settlement and experimental method, fireproof ability.**

**А.И. Ковалев, Е.В. Качкар, И.Я. Олийник, Я.Я. Станько**

Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля НУГЗ Украины, г. Черкассы

#### ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЛИЦОВОЧНЫХ ЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОГНЕЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ГАЗОПРОВОДОВ

Проведен анализ применения огнезащитных материалов для защиты металлических воздуховодов, в том числе и газопроводов систем дегазации угольных шахт, в современном строительстве и физико-механические характеристики таких материалов. Рассмотрены вопросы огнезащитной способности материалов на основе базальтового волокна и параметры, от которых она зависит. Рассмотрена возможность и особенности применения расчетно-экспериментального метода для определения огнезащитной способности материалов на основе базальтового волокна

**Ключевые слова: металлические газопроводы, огнестойкость, расчетно-экспериментальный метод, огнезащитная способность.**