

УДК 614.841.332

А.І. Ковальов, к.т.н., с.н.с., Є.В. Качкар, к.т.н., доц., Н.В. Зобенко, Тищенко О.М., к.т.н., доц.,
Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОКРИТТІВ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМАХ ПОЖЕЖІ

В статті розглянуті особливості визначення вогнестійкості металевих конструкцій в умовах їх випробувань при режимах пожежі, відмінних від стандартного, та можливості застосування розрахунково-експериментального методу для визначення характеристики вогнезахисної здатності покриттів металевих конструкцій при режимові вуглеводневої пожежі.

Ключові слова: металеві конструкції, вогнестійкість, температурний режим вуглеводневої пожежі, розрахунково-експериментальний метод, вогнезахисна здатність.

Постановка проблеми. Широке використання у будівництві сталевих конструкцій пояснюється швидкістю зведення будівель зі сталі, зручністю монтажу та міцністю. Проте, поряд із беззаперечними перевагами застосування сталевих конструкцій в будівництві супроводжується необхідністю їх вогнезахисту для підвищення межі вогнестійкості конструкцій, в якому одним із пріоритетних методів є застосування вогнезахисних покриттів, що спучуються під дією температури.

В даний час на Україні вогнестійкість металевих конструкцій та їх елементів, захищених вогнезахисними покриттями, нормується і визначається випробуваннями на вогнестійкість при стандартному температурному режимі пожежі [1], що не завжди задовольняє сучасним вимогам пожежної безпеки до будівель і споруд, наприклад на об'єктах нафтогазового і нафтохімічного комплексів, пожежі на яких характеризуються швидким підвищенням температури до 1100 °С на початку свого розвитку. Тому дослідження поведінки металевих конструкцій з вогнезахисними покриттями в умовах випробування при температурному режимові пожежі, що відрізняється від стандартного, є **актуальною** науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Спроби визначення вогнестійкості будівельних конструкцій, використовуючи результати випробувань на вогнестійкість, та в подальшому виявлення взаємозв'язку між мінімальною товщиною вогнезахисного покриття і межею вогнестійкості будівельних конструкцій були зроблені в роботах таких вчених, як Яковлев А.І., Ройтман В.М., Романенков І.Г., Круковський П.Г., Харченко І.О., Новак С.В., Демчина Б.Г., Бартелемі Б., Магнусон С., Накамура К., Цвіркун С.В., Поздєєв С.В., Качкар Є.В., Довбиш А.В., Ковальов А.І., Якименко О.П. та ін. Проте, в цих роботах переважна більшість експериментальних та розрахункових даних отримані при врахуванні умов теплового впливу за стандартним температурним режимом пожежі. Так, в роботі [2] визначено залежності мінімальної товщини вогнезахисного покриття від нормованої межі вогнестійкості залізобетонної оправи для діапазону її значень від 30 до 120 хвилин і проведено їх порівняння для різних температурних режимів. При цьому приймалося допущення, що для визначення такої залежності при режимові вуглеводневої пожежі теплофізичні характеристики (ТФХ) вогнезахисного покриття задавали знайдені розв'язанням обернених задач теплопровідності (ОЗТ), використовуючи дані випробувань на вогнестійкість при стандартному температурному режимі пожежі.

За припущенням авторів, товщина вогнезахисного покриття, розрахована при стандартному температурному режимі, може не задовольняти вимогам з безпеки у випадку виникнення пожежі при температурному режимові вуглеводневої кривої.

Постановка задачі та її розв'язання. Тому метою даної роботи є розкриття особливостей застосування вогнезахисних покриттів металевих конструкцій при різних температурних режимах пожежі, а саме температурному режимові вуглеводневої пожежі.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Металеві конструкції широко застосовуються при зведенні різних будівель і споруд. Завдяки значній міцності і щільності металу, ефективності сполук елементів, високого ступеня індустріальності виготовлення і монтажу, металеві конструкції характеризуються порівняно малою власною вагою, володіють газо- і водонепроникністю, забезпечують швидкісний монтаж будівель і споруд та прискорюють введення їх в експлуатацію. Проте, в умовах пожежі метал швидко втрачає свою міцність, що в кінцевому випадку призводить до втрати несучої здатності аж до руйнування будівлі.

Це відбувається приблизно при температурі 450-650 °С, і, навіть при 750 °С в залежності від марки сталі, приведеної товщини металу та навантаження на конструкцію. В Україні на даний момент в якості основної критичної (проектної) температури сталевих конструкцій з вогнезахисними покриттями і облицюваннями згідно [1] визначена температура близько 500 °С.

Вимоги до меж вогнестійкості будівельних конструкцій наведено у таблиці 4 [3], в якому вказано, що у будівлях та спорудах I–III ступеню вогнестійкості застосування незахищених сталевих конструкцій неможливо.

Основними підходами до забезпечення нормативної вогнестійкості металевих будівельних конструкцій (колон, балок, ферм, повітропроводів та інших конструкцій) є:

- нанесення на їх поверхню вогнезахисних речовин або облицювань;
- застосування вогнезахисних екранів, рулонних матеріалів та підвісних стель;
- заповнення пустотілих металевих конструкцій теплоносієм (наприклад, водою).

Одним із пріоритетних методів є застосування вогнезахисних покриттів, що спучуються під дією температури. Цей спосіб вогнезахисту має ряд переваг у порівнянні з іншими: незначне навантаження на металеву конструкцію, зручність нанесення, контроль якості нанесення і багато інших. Основним критерієм при виборі покриття є його вогнезахисна здатність, тобто здатність покриття забезпечувати вогнезахист цієї конструкції, а характеристикою вогнезахисної здатності (ХВЗ) покриттів є залежність мінімальної товщини вогнезахисного покриття від профільного (коробчастого) коефіцієнта перерізу будівельних несучих металевих конструкцій та нормованої межі вогнестійкості конструкції [5,6].

В даний час вогнестійкість металевих конструкцій та їх елементів, захищених вогнезахисними покриттями, нормується і визначається випробуваннями на вогнестійкість при стандартному температурному режимі пожежі, що не завжди задовольняє сучасним вимогам пожежної безпеки до будівель і споруд.

Так, аналіз резонансних пожеж, що відбулися на об'єктах із застосуванням металевих конструкцій, проведений за останні роки, показав, що однією із причин невідповідності межі вогнестійкості металевих конструкцій та, як наслідок, обвалення будівель, є неправильне визначення залежності товщини покриття від товщини металевої конструкції для нормованих значень межі вогнестійкості [4]. Можливо припустити, що визначення характеристики вогнезахисної здатності покриттів при тих режимах пожеж, які відповідають реальним умовам роботи, дало б змогу уникнути таких випадків.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

Для підтвердження вогнестійкості в умовах більш інтенсивного впливу, чим при стандартному температурному режимі, використовується вуглеводнева крива, яка визначається залежністю:

$$T=1080[1-0,325 \exp(-0,167t)-0,675 \exp(-2,5t)+20] \quad (1)$$

Вуглеводнева пожежа (рис. 1, крива 2) характеризується стрімким зростанням температури до показників, що перевищують температуру стандартної (целюлозної) пожежі (температура 1000 °С досягається протягом перших 5 хвилин), а також супроводжується

ударом хвилі полум'я по вогнезахисним покриттям, що утворюються на поверхні металевої конструкції. У таких умовах традиційні вогнезахисні матеріали не забезпечують необхідний рівень вогнезахисної ефективності.

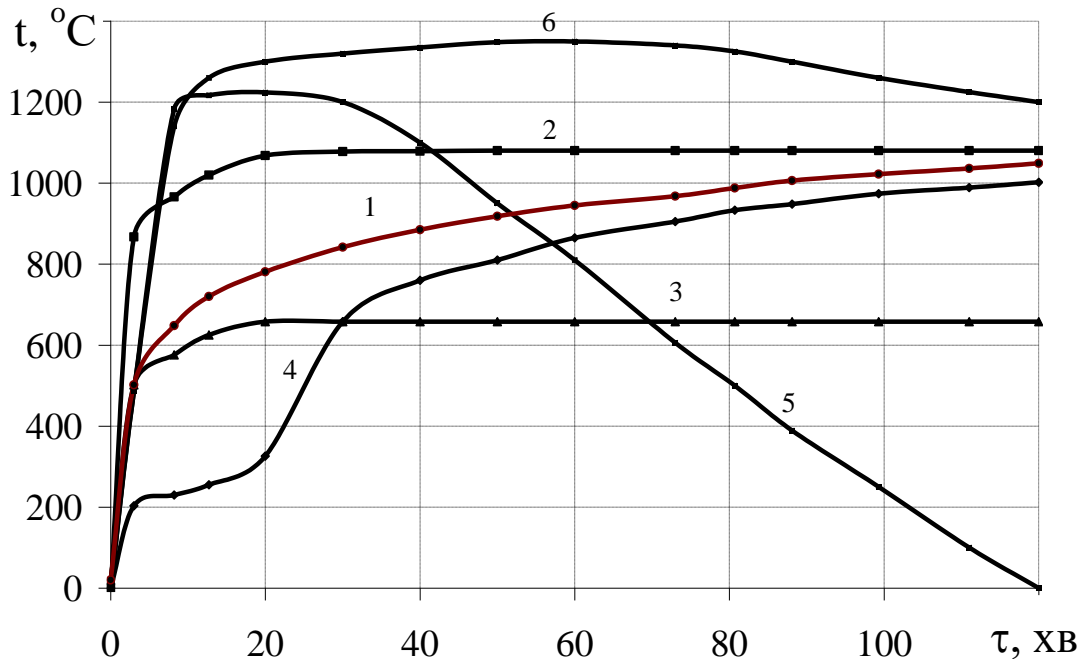


Рисунок 1 – Залежність зміни температури від тривалості вогневого впливу при різних темпах нагріву, де:

- 1 – стандартна температурна крива по ISO 834 і ГОСТ 30247.0-94;
- 2 – вуглеводнева крива по EN 1363-2: 1999;
- 3 – мінімізована єдина стандартна температурна крива по ISO 834;
- 4 – крива тліючого пожежі по EN 1363-2: 1999;
- 5 – тунельна крива за стандартами Німеччини (RABT);
- 6 – тунельна крива за стандартами Нідерландів (RWS).

Із рис. 1 видно, що крива вуглеводневої пожежі на 5 хвилині досягає значення 1100 °С, що майже вдвічі більше температури стандартної пожежі на цьому ж проміжку часу. Можливо припустити, що і фізико-хімічні процеси, що відбуваються у вогнезахисному покритті будуть проходити по різному, а теплофізичні характеристики цього покриття при різних режимах будуть відрізнятись.

Тому для того, щоб правильно визначити характеристику вогнезахисної здатності покриттів металевих конструкцій саме для температурної кривої вуглеводневої пожежі, потрібно провести вогневі випробування цієї конструкції з визначеним вогнезахисним покриттям саме при цьому режимі пожежі. Дані, отримані при проведенні вогневих випробувань (температури), використати для знаходження теплофізичних характеристик покриття.

Для цього пропонується застосувати розрахунково-експериментальний метод (РЕМ), що є найбільш оптимальним, точним і економічним, у порівнянні з іншими, який дозволяє за результатами одного або двох вогневих випробувань визначати характеристику вогнезахисної здатності покриття металевої конструкції для різних меж її вогнестійкості [7-10].

Метод є сукупністю експериментальних і розрахункових процедур, що дозволяють з необхідною точністю визначати характеристику вогнезахисної здатності об'єкту дослідження. Схема застосування РЕМ для визначення характеристики вогнезахисної здатності покриттів металевих конструкцій представлена на рис. 2.

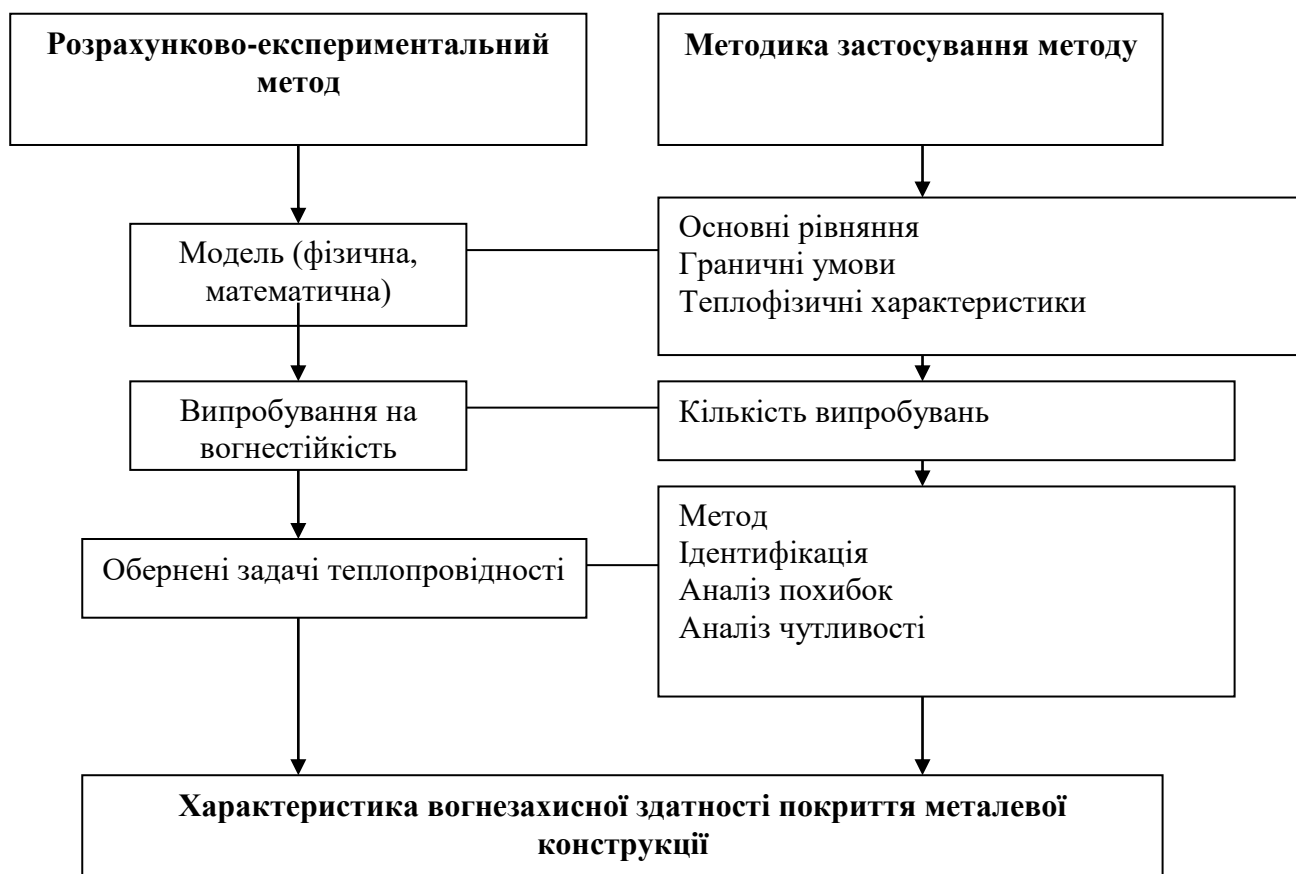


Рисунок 2 – Схема розрахунково-експериментального методу і методики його застосування для визначення характеристики вогнезахисної здатності покриття металевої конструкції.

Як видно із рис. 2, при застосуванні РЕМ необхідно підняти питання про уточнення складових методики застосування, сутність якої полягає у визначенні залежності мінімальної товщини вогнезахисного покриття від (приведеної) товщини металу, при яких забезпечується необхідна межа вогнестійкості металевих конструкцій за даними випробувань на вогнестійкість при температурному режимі вуглеводневої пожежі, визначенні теплофізичних характеристик вогнезахисного покриття методом розв’язання обернених задач теплопровідності і визначенні характеристики вогнезахисної здатності покриття методом розв’язання прямих задач теплопровідності.

До основних проблем і труднощів при визначенні вогнезахисної здатності покриттів металевих конструкцій при різних температурних режимах пожежі слід віднести:

- сильну залежність коефіцієнта спучування вогнезахисного покриття металевих конструкцій від темпу нагріву самого покриття, що в свою чергу залежить від режиму пожежі (рівня і темпу зміни температур) і товщини конструкції;
- сильну залежність теплофізичних характеристик вогнезахисних покриттів на металевих конструкціях від темпу нагріву самого покриття з тих же причин;
- проведення випробувань на вогнестійкість металевих конструкцій саме при режимах пожежі, відмінних від стандартного (нормами не передбачено проведення таких випробувань, тому фірми-виробники покриттів не проводять таких випробувань);
- у разі застосовування розрахункових методів визначення вогнезахисної здатності покриттів металевих конструкцій, постає питання про використання теплофізичних характеристик вогнезахисних покриттів, які були визначені саме при стандартному температурному режимові пожежі.

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

- провести аналіз статистики пожеж в будівлях і спорудах, зведених з використанням металевих конструкцій, та виявити фактори і параметри, які впливають на оцінку вогнестійкості будівель і споруд, зокрема металевих конструкцій;
- дослідити особливості і область застосування вогнезахисних покриттів металевих конструкцій різних видів при різних темпах нагріву;
- вивчити особливості роботи вогнезахисних покриттів, що спучуються, для металевих конструкцій при температурному режимі вуглеводневої пожежі;
- визначити залежність теплофізичних характеристик вогнезахисних покриттів металевих конструкцій при температурному режимі вуглеводневої пожежі, використовуючи дані випробувань на вогнестійкість металевої конструкції з покриттям саме при цьому режимі пожежі;
- удосконалити методику визначення характеристики вогнезахисної здатності покриттів металевих конструкцій при застосуванні розрахунково-експериментального методу, шляхом використання теплофізичних характеристик вогнезахисного покриття, отриманих розв'язанням обернених задач теплопровідності на основі даних випробувань металевої конструкції з покриттям при температурному режимі вуглеводневої пожежі;
- розглянути можливість удосконалення нормативної бази щодо визначення характеристики вогнезахисної здатності покриттів металевих конструкцій при їх випробуваннях на вогнестійкість при температурному режимі пожежі, відмінному від стандартного.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги (ISO 834:1975): ДСТУ Б В.1.1-4-98. – [Чинний від 1998-10-28]. - К.: Укрархбудінформ, 1999. – 21с. – (Державний стандарт України).
2. Якименко О.П. Підвищення вогнестійкості залізобетонних опор тунельних споруд : дис. ... кандидата техн. наук : 21.06.02 / Якименко Олена Пилипівна. – К., 2012. – 141 с.
3. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва : ДБН В.1.1-7-2002. – [Чинний від 2003-05-01]. – К. : Держпожбезпека, 2003. – 87с. – (Державні будівельні норми).
4. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Державної служби України з надзвичайних ситуацій. – Електрон. дан. (9 файлів). – 2004-2012. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/national_lecture.html. – Назва з екрана
5. Цвіркун С. В. Удосконалення методу визначення вогнезахисної здатності покриттів металевих конструкцій : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 21.06.02 "Пожежна безпека" / С. В. Цвіркун. – Київ, 2006. – 20 с.
6. Захист від пожежі. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності (EN 13381-4:2002, NEQ) : ДСТУ Б В 1.1-17:2007. – [Чинний від 2008-01-01] – К.: Укрархбудінформ, 2009. – XIV, 105 с. – (Національний стандарт України).
7. Милованов А. Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре / Анатолий Федорович Милованов. – М. : Стройиздат, 1998. – 304 с.
8. 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.
9. 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.
10. Качкар Є.В. Обґрунтування 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.