

МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНОГО ПРОГРІВУ ВОГНЕЗАХИЩЕНИХ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ В УМОВАХ ПОЖЕЖІ

¹Ковальов А.І. ²Максимова М.О., ³Малігонова Ю.М., ³Магдій С.М.

¹Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобилья
НУЦЗ України, Черкаси

²Національний університет цивільного захисту України, Харків

³Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Київ

Abstract. The analysis of the results of the experimental determination of the temperature from a non-heating surface of the steel plates with a flame retardant under conditions of fire exposure under the hydrocarbon fire temperature mode is made.

Keywords: modelling, flame retardant coating, temperature mode of the hydrocarbon fire.

Дослідження вогнестійкості сталевих конструкцій і вогнезахисної здатності покриттів таких конструкцій експериментальними методами є найбільш точними, проте становить серйозну проблему, що полягає в трудомісткості проведення експериментів, складності отримання повного спектру інформації, яка відображає поведінку всіх елементів конструкції під впливом пожежного навантаження. Тому з'являється необхідність у використанні методик чисельного комп'ютерного моделювання, що дозволяють отримувати необхідні параметри максимально точно і достовірно для всіх елементів конструкції, що випробовується, з подальшим порівнянням результатів з випробуваннями на вогнестійкість. Цими питаннями займалися і займаються багато вчених, а реалізації зазначеного підходу присвячено велику кількість робіт як у нашій країні, так і за її межами [1-3]. Метою даної роботи було оцінювання вогнезахисної здатності покриттів для сталевих конструкцій в умовах вогневого впливу за температурного режиму вуглеводневої пожежі та розрахункового визначення нестационарного прогріву сталевий пластини з системою вогнезахисту у вигляді вогнезахисного покриття, що спучується, за

допомогою програмного забезпечення ANSYS R17.1, та розрахунок часу досягнення критичної температури прогріву сталеві пластина (в даному дослідженні прийнято 500 °C) визначеної товщини при заданих умовах випробування.

Для досягнення поставленої мети було поставлено такі завдання дослідження:

- провести серію вогневих випробувань з експериментального визначення температури з необігрівної поверхні сталевих пластин визначеної товщини з вогнезахисним покриттям за температурного режиму вуглеводневої пожежі;

- визначити теплофізичні характеристики досліджуваного вогнезахисного покриття;

- розробити фізичну та комп'ютерну моделі в програмному середовищі ANSYS R17.1, яка б точно і достовірно відтворювала процеси, що відбуваються в системі «сталеві пластина – вогнезахисне покриття – теплоізоляція» при її нагріванні в умовах температурного режиму вуглеводневої пожежі. При цьому науково обґрунтувати параметри моделі, які задаються при розрахунковому визначенні часу прогріву такої системи при заданих умовах: початкові умови, граничні умови з обігрівної та необігрівної поверхонь, властивості матеріалів системи (теплопровідність покриття та сталі, теплоємність покриття та сталі, коефіцієнт температурного розширення для сталі і т.д.);

- порівняти результати експериментального визначення температури з необігрівної поверхні сталевих пластин з вогнезахисним покриттям в умовах впливу вуглеводневого температурного режиму пожежі з результатами моделювання.

Для цього було сплановано та проведено експерименти по визначенню температури з необігрівної поверхні сталеві пластина з вогнезахисним покриттям в умовах вогневого впливу за температурним режимом вуглеводневої пожежі. Експерименти проводили із застосуванням металевих пластин зі сталі Ст. 3 розмірами 500 мм×500 мм×5 мм [1].

За експериментальними даними вимірювання температури сталевих пластин та температури в печі шляхом розв'язання обернених задач теплопровідності визначали теплофізичні характеристики досліджуваного вогнезахисного покриття. При цьому застосовували таку математичну модель, яку побудовано для прийнятої фізичної моделі теплового стану в системі «вогнезахисне покриття – сталеві пластина». При розв'язанні теплотехнічної задачі визначали залежність температури сталі від часу вогневого впливу за температурним режимом вуглеводневої пожежі і використовували

математичну модель процесу теплопровідності в одновимірній полінійній постановці із застосуванням чисельного методу розв'язання за певною кінцево-різницевою схемою апроксимації.

Проведено розрахунки розподілу температури в перерізі сталеві пластини з вогнезахисним покриттям методом скінченних елементів при режимі вуглеводневої пожежі. Для цього було побудовано скінченно-елементну модель системи «сталеві пластина-вогнезахисне покриття» в програмному комплексі ANSYS R17.1.

Отримані температури порівнювали з даними експериментального визначення температури сталевих пластин з вогнезахисним покриттям в умовах вогневого впливу за температурного режиму вуглеводневої пожежі. В результаті встановлено, що експериментальні дослідження і чисельний аналіз в програмі ANSYS R17.1 для перших 5 хвилин досить суттєво відрізняються у всіх контрольних точках, проте в подальшому ця відмінність стабілізується, і аж до закінчення експерименту не перевищує 10 %, а становить близько 7 %, що можна вважати прийнятним результатом [4].

В результаті проведеного дослідження запропоновано підхід до визначення меж вогнестійкості вогнезахисних сталевих конструкцій, що ґрунтується на експериментальному визначенні нестационарного прогріву сталевих пластин (зразків зменшених розмірів) за умов випробувань при температурному режимі вуглеводневої пожежі.

1. Kovalov, A., Otrosh, Y., Vedula, S., Danilin, O., Kovalevska, T. (2019). Parameters of fire-retardant coatings of steel constructions under the influence of climatic factors. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 3, 46–53.

2. Kovalov, A., Slovinskyi, V., Udianskyi, M., Ponomarenko, I., Anszczak, M. (2020) Research of fireproof capability of coating for metal constructions using calculation-experimental method. *Materials Science Forum*, 2020, 1006 MSF, 3–10.

3. De Silva D., Bilotta A., Nigro E. Experimental investigation on steel elements protected with intumescent coating. *Construction and Building Materials*. 2019, 205, 232–244.

4. Ковальов А.І. Моделювання теплового стану сталевих конструкцій за температурного режиму вуглеводневої пожежі / А.І. Ковальов, Ю.А. Отрош, В.І. Томенко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2020. – № 31. – С.187–197.