

Т. М. Шналь, С. В. Прохоренко*, І. П. Данкевич,
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра будівельних конструкцій та мостів,
* кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ПОЖЕЖ В ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ НА МОДЕЛЯХ ЗМЕНШЕНОГО МАСШТАБУ

© Шналь Т. М., Прохоренко С. В., Данкевич І. П., 2016

Наведено результати експерименту із вивчення динаміки розвитку пожеж у приміщеннях житлових будівель на моделях зменшених розмірів та вдосконалення методики визначення температурних режимів руху газів та прогрівання ними елементів конструкцій з використанням температурних маркерів та тепловізора. Проведені випробування на моделях зменшеного масштабу показали можливість дослідження динаміки розвитку пожеж у житлових приміщеннях та використання отриманих даних для верифікації моделей пожеж на основі CFD. Виявлено температурно-часові залежності між факторами, що впливають на температурний режим пожежі: пожежне навантаження, розмір приміщення, теплова інерція огорожувальних конструкцій, вентиляцію, щільністю пожежного навантаження та швидкістю піролізу пожежного навантаження. Виявлено, що вигорання пожежного навантаження відбувається з постійною швидкістю, залежність між швидкістю та часом практично лінійна і не залежить від фази розвитку пожежі.

Ключові слова: пожежа, вогнестійкість, температурні моделі пожеж, термопари, тепловізійна камера, температурно-часові залежності режимів пожеж, будівельні конструкції.

This paper is the results of the experiment to study the dynamics of fire in the premises of residential buildings on models size reduction and improvement of methods for determining the temperature conditions of movement of gases and warming their structural elements using markers and thermal imager. The tests on models of small-scale examination demonstrated the dynamics of fires in residential areas and make for verification of the data model based on fires CFD. Discovered temperature-time relationship between factors influencing the temperature regime of fire: fire load, room size, thermal inertia walling, ventilation, fire load density and speed pyrolysis fire load. Found that the rate of burning fire load occurs at a constant rate, the relationship between speed and sometimes almost linear, and does not depend on the phase of fire

Key words: fire, fire, fire temperature model, thermocouples, thermal imaging cameras, temperature and time regimes depending fires constructions.

Постановка проблеми. Технічний прогресу збільшує ризики, пов'язані із безпекою. Забезпечення пожежної безпеки є важливою складовою в загальній концепції безпеки. Дані про руйнування конструкцій будівель та споруд, руйнування WTC, пожежі в тунелях свідчать про потребу вдосконалення існуючих методик розрахунку конструкцій на вогнестійкість.

Одним із важливих факторів оцінювання вогнестійкості є визначення сценарію пожежі та температурного впливу на конструкції. Існуючі моделі розвитку пожеж [1] для оцінювання

вогнестійкості будівельних конструкцій (номінальні криві температура-час, зонові моделі, модель CFD) мають свої певні області застосування, але в окремих випадках недостатньо точно описують розвиток пожеж у приміщеннях, що відповідно приводить до не коректної оцінки вогнестійкості.

Експериментальні дослідження. Проведене дослідження є продовженням серії експериментів [2] з вивчення температурних режимів пожеж. Метою дослідження є вивчення динаміки розвитку пожеж у приміщеннях житлових будівель на моделях зменшених розмірів та вдосконалення методики визначення температурних режимів руху газів та прогріву ними елементів конструкцій з використанням температурних маркерів та тепловізора.

Випробування проводили на моделі розміром 4.4×1.89 м заввишки 1,7 м. Конструкція моделі з метою наближення умов вентиляції складалась з двох приміщень, кімнати з вогнищем та коридором. Монтували конструкцію моделі на платформі, на якій встановлювали динамометр (вагу) для контролю швидкості вигорання пожежного навантаження. Огородження моделі виконано із гіпсокартонних листів з метою виявлення особливостей прогрівання огорожувальних конструкцій. Загальний вигляд фрагмента будівлі перед випробуваннями показано на рис. 1, а.

Пожежне навантаження створювалось дерев'яними дошками, складеними у виглядів штабелю розміром $0,9 \times 0,9 \times 0,9$ м. Пожежне навантаження розташовувалось по центру кімнати.

Вимірювали температуру хромель-алюмелевими термопарами, встановленими як в самих приміщеннях, так і по товщині перерізів огорожувальних конструкцій із реєстрацією та записом їх показів приладами ПКРТ-0103.



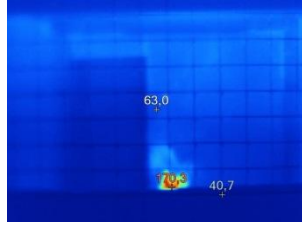


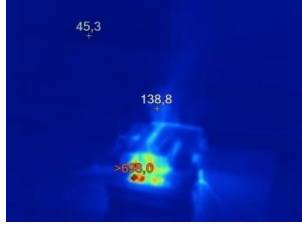


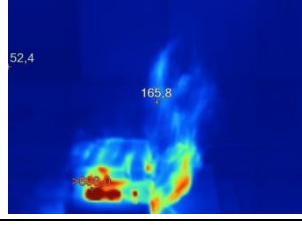


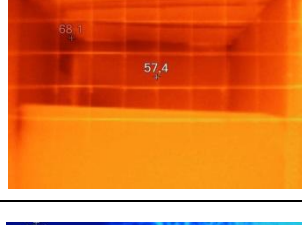


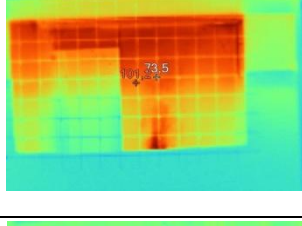


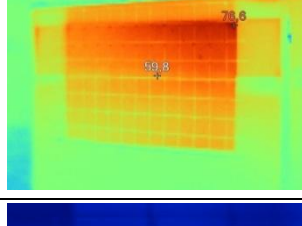


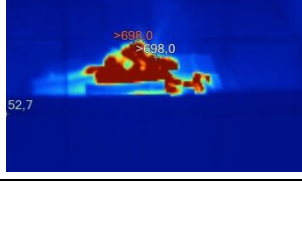


Рис. 1. Конструкція модельного приміщення



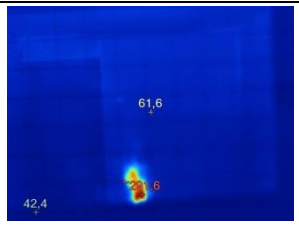


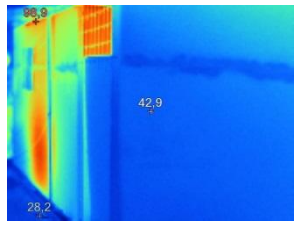


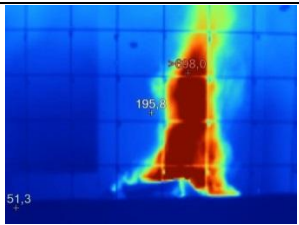


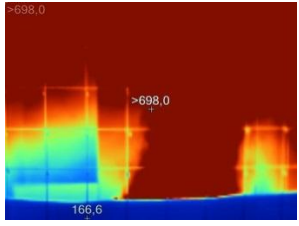


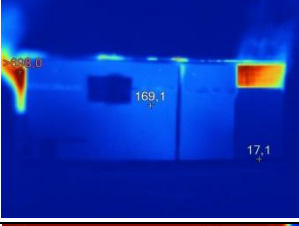


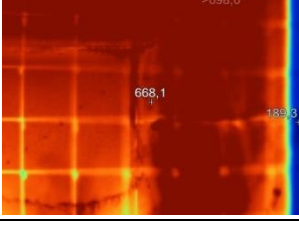


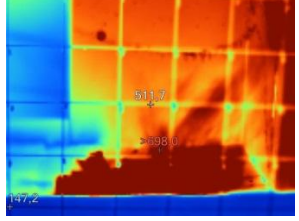
Визначали динаміку викиду газів крізь огорожувальні конструкції за способом визначення температурних режимів руху газів та прогріву ними елементів конструкцій [3], який передбачав встановлення в площині отвору топологічно-регулярно розташованих керамічних міток (сенсорну матрицю на основі регулярної топологічної сітки з температурними мітками (об'єктами з характеристиками, термодинамічно відмінними від матриці) в її вузлах), покази котрих реєструються за допомогою тепловізійної камери.

У табл. 1 наведено етапи проведення експерименту з пожежним навантаженням 10 кг, в табл. 2 – з пожежним навантаженням 80 кг, а також основні параметри пожежі: тривалість, максимальні та мінімальні температури в досліджуваному об'ємі, фази розвитку, інтенсивність випромінювання, задимленість.

Експеримент 1

Камера1	Камера2	Тепловізор	Опис
			Час: 17:14; Температура: θ_{\max} - 440 °С, θ_{\min} - 12 °С, $t_{\text{сер}}$ -25 °С; Фаза пожежі: розвиток; Факел: маленький;
			Час:17:24; Температура: θ_{\max} - 57 °С, θ_{\min} - 17 °С, $t_{\text{сер}}$ -330С; Фаза пожежі: розвиток; Факел: маленький;
			Час:17:34; Температура: θ_{\max} - 92 °С, θ_{\min} - 22 °С, $t_{\text{сер}}$ -47 °С; Фаза пожежі: розвиток; Факел:незначний;
			Час: 17:54; Температура: θ_{\max} - 368 °С, θ_{\min} - 29 °С, $t_{\text{сер}}$ -166,5 °С; Фаза пожежі: повний розвиток; Факел: середній;
			Час: 18:14; Температура: θ_{\max} - 715 °С, θ_{\min} - 31 °С, $t_{\text{сер}}$ -355 °С; Фаза пожежі: повний розвиток; Факел: середній;
			Час: 18:34; Температура: θ_{\max} - 354 °С, θ_{\min} - 270 °С, $t_{\text{сер}}$ -212 °С;Фаза пожежі: загасання;Факел: незначний;
			Час:19:04; Температура: θ_{\max} - 93 °С, θ_{\min} - 20 °С, $t_{\text{сер}}$ -68 °С; Фаза пожежі: загасання; Факел: відсутній;

Експеримент 2

Камера1	Камера2	Тепловізор	Опис
			Час: 19:58;Температура: t_{\max} - 84 °С, t_{\min} - 12 °С, $t_{\text{сер}}$ -56 °С;Фаза пожежі: розвиток;Факел: маленький;Інтенсивність випромінювання: низька.
			Час: 20:05;Температура: t_{\max} - 127 °С, t_{\min} - 15 °С, $t_{\text{сер}}$ -86 °С;Фаза пожежі: розвиток;Факел: незначний;Інтенсивність випромінювання: середня.
			Час: 20:16;Температура: t_{\max} - 398 °С, t_{\min} - 30 °С, $t_{\text{сер}}$ -196 °С;Фаза пожежі: повний розвиток;Факел: великий; Інтенсивність випромінювання: велика.
			Час: 20:22;Температура: t_{\max} - 544 °С, t_{\min} - 45 °С, $t_{\text{сер}}$ -345 °С;Фаза пожежі: повний розвиток;Факел: великий;Інтенсивність випромінювання: велика.
			Час: 20:28;Температура: t_{\max} - 715 °С, t_{\min} - 59 °С, $t_{\text{сер}}$ -428 °С;Фаза пожежі: повний розвиток;Факел: великий;Інтенсивність випромінювання: велика
			Час: 20:33;Температура: t_{\max} - 576 °С, t_{\min} - 54 °С, $t_{\text{сер}}$ -394 °С;Фаза пожежі: повний розвиток;Факел: великий;Інтенсивність випромінювання: велика
			Час: 20:47;Температура: t_{\max} - 289 °С, t_{\min} - 34 °С, $t_{\text{сер}}$ -131 °С;Фаза пожежі: загасання;Факел: середній;Інтенсивність випромінювання: середня

У результаті проведеного експерименту отримано температурні профілі в огорожувальних конструкціях з використанням тепловізора та термопар; температурні профілі полум'я вогнища пожежі, епюри викиду гарячих газів крізь отвори.

Експеримент №1 – час тривання експерименту 105хв; пожежне навантаження – 10 кг; максимальна температура 715 °С; мінімальна температура -12 °С; найбільша середня температура 350 °С; фаза розвитку пожежі тривала -50 хв; фаза повного розвитку тривала – 45 хв; фаза загасання тривала 10 хв. Експеримент № 2 – час тривання експерименту – 72 хв; пожежне навантаження – 80 кг; максимальна температура – 715 °С; мінімальна температура –12 °С; найбільша середня температура 428 °С; фаза розвитку пожежі тривала – 23 хв; фаза повного розвитку тривала – 33 хв; Фаза загасання тривала 16 хв.

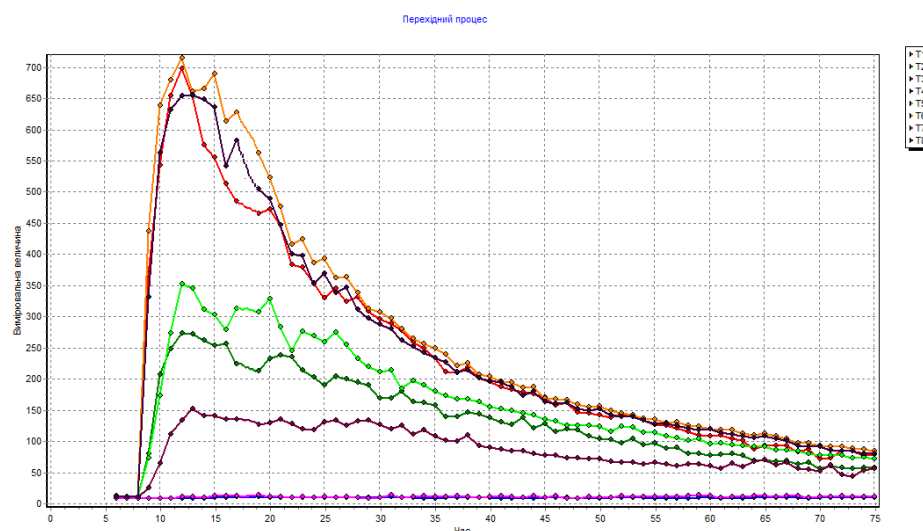


Рис. 2. Покази термопар, експеримент 2

Висновки. Проведені випробування на моделях зменшеного масштабу показали можливість дослідження динаміки розвитку пожеж у житлових приміщеннях та використання отриманих даних для верифікації моделей пожеж на основі CFD. Виявлено температурно-часові залежності між факторами, що впливають на температурний режим пожежі: пожежне навантаження, розмір приміщення, теплова інерція огорожувальних конструкцій, вентиляція, щільність пожежного навантаження та швидкість піролізу пожежного навантаження. Виявлено, що швидкість вигорання пожежного навантаження є постійною, залежність між швидкістю та часом практично лінійна, і не залежить від фази розвитку пожежі. Отримані дані термопар, температурні профілі полум'я пожежі, температурні профілі прогрівання огорожуючих конструкцій, характеристики швидкості вигорання пожежного навантаження дають змогу вдосконалити температурні моделі пожеж, підвищити їх точність та адекватність. Вдосконалено методику визначення температурних режимів руху газів та прогріву ними елементів конструкцій. За уточненими моделями пожеж можна достовірніше оцінювати вогнестійкість будівельних конструкцій, що підвищить рівень пожежної безпеки об'єктів.

1. EN 1991-1-2 (2002). *Eurocode 1: Actions and Structures. Part 1-2: General Actions on Structures Exposed to Fire.* – 2002. – 60 p. 2. Шналь Т. М., Коваль М. С., Демчина Б. Г., Коваль П. М., Кархут І. І. Повномасштабні пожежні випробування фрагменту великопанельної будівлі. Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Теорія і практика будівництва № 600. Львів – 2008 с. 8. 3. С. Прохоренко, І. Данкевич, Т. Шналь, К. Кашипор. Комплексна методика оцінки термічних параметрів дії вогневого навантаження на огорожувальні конструктивні елементи житлових приміщень // Міжвідомчий збірник “Вимірювальна техніка та метрологія”. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2013. – № 74. – С. 37–39.