

В.В. Ніжник, А.С. Борисова

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, Київ, Україна

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗАЛЕЖНОСТІ КРИТИЧНОЇ ПОВЕРХНЕВОЇ ГУСТИНИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКУ ВІД ВІТРОВОГО ВПЛИВУ

У статті проаналізовано сучасний стан щодо дослідження значень поверхневої густини теплового потоку. Розроблено проєкт методики та проведено експериментальні дослідження визначення критичного значення поверхневої густини теплового потоку від вітрового впливу для речовин і матеріалів. В момент проведення експериментальних досліджень визначено закономірності зміни густини теплового потоку залежно від впливу величини потоку повітря введеного у простір дослідження.

Ключові слова: критична поверхнева густина теплового потоку, тепловий потік, теплообмін, променевий теплообмін.

Постановка проблеми

Напрями науки, для яких вимірювання значень теплового потоку має вагомe значення, є вкрай різноманітними.

За результатами опрацювання методів визначення критичного значення поверхневої густини теплового потоку для речовин і матеріалів [1,2,3], а також вивчення нормативних документів встановлено, що єдиного підходу до визначення критичного значення поверхневої густини теплового потоку для речовин і матеріалів на сьогоднішній день не існує. Крім того, опрацьовані методи мають суттєвий недолік, зокрема, вони не дозволяють оцінювати вплив умов середовища, а саме вплив вітру та його характеристики на величину критичного значення поверхневої густини теплового потоку для речовин і матеріалів, що може істотно вплинути на значення променевого теплового потоку та на займість речовин і матеріалів. При цьому у роботі [4] авторами встановлено наявність такого впливу, але не визначені його залежності. Крім цього, на сьогодні відсутня єдина статистична база значень критичної поверхневої густини теплового потоку для речовин і матеріалів, залежно від тривалості впливу теплового потоку та впливу на зразок потоку повітря різної швидкості.

Таким чином розроблення методики експериментальних досліджень залежності критичної поверхневої густини теплового потоку від вітрового впливу, як підґрунтя для обґрунтування закономірності зміни густини теплового потоку від вітрового впливу є актуальною науковою задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проведений аналіз наукових праць показав, що теоретичними дослідженнями з питань теплового потоку в умовах пожежі займалися різні вчені, як вітчизняні так і зарубіжні. Вивчення умов середовища в якому відбувається випромінювання і залежність значення теплового потоку від нього досліджували В.І. Гудим, В.Й. Лабай та А.Ф. Гаврилюк, які експериментально дослідили та визначили, що густина теплового випромінювання різко зменшується у разі збільшення відстані від джерела випромінювання, а також при введенні у простір дрібно розпиленої води [5]. Однак вплив вітру, як умова зміни залежності значення теплового потоку, авторами не досліджувалася.

Авторами [4] було розроблено методику та проведено дослідження впливу густини теплового потоку на елементи суміжних будівельних об'єктів залежно від тривалості теплового впливу та відстані від вогнища пожежі. Вони встановили, що тепловий потік від вогнища пожежі суттєво змінюється у часі та залежить від зовнішніх погодних умов, зокрема наявності вітру.

Під час проведення дослідження інтенсивності теплових потоків обумовлених пожежею в резервуарних парках в залежності від впливу вітру, автор [6] визначив вплив швидкості вітру на кут відхилення факела полум'я, що дало можливість визначити інтенсивність теплового випромінювання на сусідні резервуари залежно від швидкості вітру.

Вчені кафедри пожежної техніки Університета Меріленд США Joseph Panagiotou та J.G. Quintiere у своїй роботі [7] запропонували експериментальні методи спрямовані на визначення ефективності заго-

рання матеріалу під дією падаючого теплового потоку однак без урахування вітрового впливу на досліджуваний зразок.

Для полегшення отримання реальної частки тепла, що випромінюється полум'ям авторами [8] розроблено метод за допомогою якого проводиться єдине вимірювання поблизу поля на основі одноточкової моделі джерела випромінювання.

У роботі [9] автори розробили програму: «Теплообмін випромінюванням при пожежі», яка дозволяє розрахувати інтенсивність теплового випромінювання з урахуванням всіх можливих ситуацій взаємного розташування поверхонь, що випромінює та опромінюється, а також параметрів фронту полум'я і горючості матеріалу. Також розроблена програма дозволяє оцінити мінімальну безпечну відстань при пожежі і передбачає функцію побудови графічної залежності щільності променистого теплового потоку від одного з параметрів розв'язуваної задачі.

Однак, в цих працях не приділено достатньо уваги питанню зміни густини теплового потоку від швидкості вітру. Крім того вирішення поставленої наукової задачі дасть змогу в подальшому створити табличні дані для визначення критичного значення поверхневої густини теплового потоку для різних речовин і матеріалів з урахуванням впливу швидкості вітру різної величини та тривалості теплового впливу.

Формулювання цілей досліджень

Метою даної статті є обґрунтування основних положень методики експериментальних досліджень залежності критичної поверхневої густини теплового потоку від вітрового впливу для речовин та матеріалів. Мета дослідження полягає у виявленні закономірності зміни густини теплового потоку речовин і матеріалів залежно від впливу величини потоку повітря введеного у простір дослідження.

Для досягнення поставленої мети слід вирішити такі задачі:

- обґрунтувати тип та кількість необхідного випробувального та вимірювального обладнання;
- обґрунтувати кількість, форму та конструкцію фрагментів-зразків;
- обґрунтувати методику проведення експериментальних досліджень зразків в умовах впливу потоку повітря різної швидкості введеного у простір дослідження;
- обґрунтувати діапазон швидкості вітру для досліджень.

Виклад основного матеріалу

Сутність методу експериментальних досліджень полягає у моделюванні джерела теплового випромінювання, визначенні проміжку часу від початку дослідження до настання нормованого для речовин і

матеріалів граничного стану за ознакою початку полум'яного горіння під дією на поверхню дослідного зразка променистого теплового потоку та потоку повітря з різною швидкістю. Діапазон швидкості вітру для дослідження обрано на основі дослідження статистичних даних Українського гідрометеорологічного центру [10] та кліматичних даних за період з 1899 по 2019 роки, згідно з якими середня швидкість вітру на території України в залежності від регіону коливається в межах 2,5...4,5 м/с. [11].

Для проведення експериментальних досліджень було використане таке обладнання:

- установка для випробування на займистість;
- вентилятор;
- засоби вимірювальної техніки;
- зразки;
- обладнання для фото - та відео зйомки.

Дослідження проводилися на установці, конструкція якої регламентована ДСТУ Б В.1.1-2-97 Матеріали будівельні. Метод випробування на займистість. Для створення необхідних умов вітрового впливу до конструкції установки було внесено деякі зміни, а саме: джерелом теплового потоку слугувала радіаційна панель, яка забезпечувала задані рівні променистого теплового потоку в діапазоні вимірювань від 5 кВт/м² до 50 кВт/м², без використання газового пальника. Крім цього, для створення потоку вітру було використано промисловий вентилятор з регулятором для встановлення різної швидкості потоку повітря. Схема установки наведена на рисунку 1.

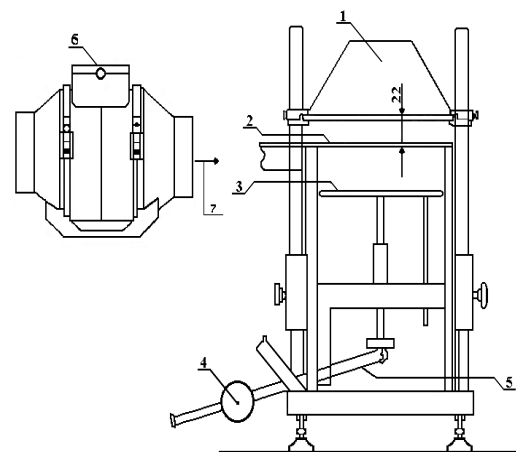


Рис. 1. Опорна станина радіаційна панель та установка: 1 – радіаційна панель; 2 – захисна плита; 3 – рухома платформа 4 – протизвага; 5 – важіль; 6 вентилятор; 7 потік повітря.

У цьому разі, як зразки використовували матеріали, що найбільш розповсюджені в будівництві в якості оздоблювальних, а саме: деревина, лінолеум, ковролін, картон, пінопласт та ін, а також дизельне паливо.

Зразки для експериментальних досліджень являли собою квадрат зі стороною (165 ± 5) мм, товщиною не більше 70 мм рис. 2. Тверді зразки виготовлялись у поєднанні з азбестоцементними листами завтовшки (10 ± 12) мм. До початку експерименту зразки були кондиційовані.

Дизельне паливо, а також зразки у рідкому стані заливалися в спеціальну ємність в об'ємі 0,0001056 м³ або 0,1056 л.

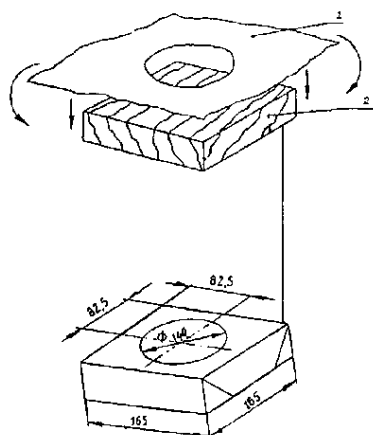


Рис. 2. Підготовка зразка до експерименту
1 лист алюмінію, 2 зразок

Випробування проводились в такій послідовності:

Підготовчі дії: зразок обгортався плоским листом з алюмінію або нержавіючої сталі у центрі якого вирізаний отвір діаметром 140 мм, після чого зразок розташовували у тримач та встановлювали на рухому платформу регулюючи протитягу.

Проведення експериментального дослідження розпочиналось з вмикання електроживлення та по регулюючому термоелектричному перетворювачу задавалась встановлена при калібруванні величину термоелектрорушійної сили, що відповідає поверхневій густині теплового потоку (далі – ПГТП) 30 кВт/м^2 ($646 \pm 3^\circ \text{C}$), у такому режимі установку витримували 5 хвилин. Далі регулюючи протитягу встановлювали зразок під дію радіаційної панелі. Після закінчення часу дослідження (20 хв.) або спалахуванні зразка експериментальне дослідження припиняють. Діапазон впливу поверхневої густини теплового потоку ПГТП радіаційної панелі: $5\text{--}50 \text{ кВт/м}^2$. У разі відсутності займання протягом 20 хв, величину ПГТП збільшували на 5 кВт та повторювали експериментальне дослідження. У разі наявності займання, значення ПГТП зменшували на 5 кВт та продовжували дослідження.

Кожен зразок випробовувався на значеннях поки не було визначено критичну поверхневу густину теплового потоку. Далі експеримент повторювався з урахуванням впливу потоку повітря у діапазоні від $0\text{--}4,5 \text{ м/с}$, а саме зі швидкістю $1,5 \text{ м/с}$, 3 м/с , $4,5 \text{ м/с}$.

Після закінчення експериментального дослідження зразок охолоджували та здійснювали його фотофіксацію. Крім того, проводили візуальне дослідження зразка з описом стану зразка, часу спалахування; місця спалахування; процесу руйнування зразка під дією теплового випромінювання, плавлення та здимання.

Результати кожного окремого випробування подавалися окремо, з визначенням їх середнього значення.

Значення теплового потоку, за яким відбулося займання або тління речовини чи матеріалу приймали як Q_{min} та визначали із розрахунку, як середнє арифметичне значення від усіх результатів досліджень.

Висновки

Представлена методика експериментальних досліджень зміни густини теплового потоку залежно від впливу величини потоку повітря введеного у простір дослідження дасть змогу створити статистичні табличні дані щодо значень критичної поверхневої густини теплового потоку для різних речовин та матеріалів з урахуванням умов навколишнього середовища, а саме дії потоку повітря різної швидкості введеного у простір дослідження. Отримані дані будуть використані для проведення подальших досліджень займистості речовин і матеріалів.

Література

1. Грушевский, Б.В. Пожарная профилактика в строительстве [Текст] / Б.В. Грушевский, А.И. Яковлев, И.А. Кривошеев и др. под ред. В.Ф. Кураленкина. - М.: ВИПТШ, 1985.-451 с.
2. Ройтман, М.Я. Термодинамика и теплопередача в пожарном деле [Текст] / Комиссаров Е.П., Пчелинцев В.А. под ред. Ю.А. Кошмарова. - М.: ВИПТШ, 1977. - 415 с.
3. Еврокод, 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-2. Общие воздействия. Воздействия для определения огнестойкости: ТКП EN 1991-1-2-2009. [Текст] / I. Еврокод - Минск, 2009. 52 с
4. Жартовський, С.В. Оцінювання небезпеки поширення пожежі на суміжні будівельні об'єкти за критерієм теплового потоку [Електронний ресурс] / С.В. Жартовський, С.В. Поздеев, В.В. Ніжник та Ю.Л. Фецул // International Scientific Journal "Internauka" - Режим доступу: <http://www.inter-nauka.com/>.
5. Лабай, В. Й. Дослідження та шляхи зменшення теплового випромінювання під час пожежі [Електронний ресурс] / В. Й. Лабай, В. І. Гудим, А. Ф. Гаврилюк // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. - 2013. - № 755. - С. 221-226. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPTPB_2013_755_42.
6. Семерак, М. М. Вплив швидкості вітру на процеси теплообміну між вертикальними сталевими резервуарами (на прикладі пожежі на нафтобазі "БРСМ Нафта") [Електронний ресурс] / М. М. Семерак, М. Р. Михайлишин // Пожежна безпека. - 2017. - № 30. - С. 137-147. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pb_2017_30_18.

7. Panagiotou, J., Quintiere, J.G. (n.d.) Fire performance as a Function of Incident Heat Flux, *The Fifth Triennial International Fire & Cabin Safety Research Conference, 31X 2007*;10.
8. Sivathanu, Y.R., Gore, J.P. (1933) *Combust. Flame* 94, 265-270.
9. Гоман, П.Н. *Разработка программы расчёта интенсивности теплового излучения при пожаре [Электронный ресурс] / Гоман П.Н. Соболевская С.С.// Интернет-журнал "технологии техносферной безопасности" выпуск № 1 (65), 2016 г. – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb/>*
10. Сайт Українського гідрометеорологічного центру [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://meteo.ua/ua/vocabulary/shkala-boforta-539>.
11. Інформаційний сервер погоди Українського гідрометеорологічного центру [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate_stations/

References

1. Grushevskiy, B.V., Yakovlev, A.I., Krivosheev, I.A. i dr. pod red. Kuralenkina, V.F. (1985) *Pozharnaya profilaktika v stroitelstve*, 451.
2. Roymman, M.Ya. Komissarov, Ye.P., Pchelintsev, V.A. pod red. Koshmarova, Yu.A. (1977) *Termodinamika i teploperedacha v pozharom dele*, 415.
3. Yevrokod, I. (2009) *Vozdeystviya na konstruksii. Chast 1-2. Obshchie vozdeystviya. Vozdeystviya dlya opredeleniya ognestoykosti: TKP EN 1991-1-2-2009*. Minsk, 52.
4. Zhartovskiy, S.V., Pozdejev, S.V., Nizhnyk, V.V. ta Feshhuk, Ju.L. (n.d.) Ocinjuvannja nebezpeky poshyrennja pozhezhi na sumizhni budivelnji objekty za kryterijem teplovogho potoku. *International Scientific "Internauka"*. Retrieved from <http://www.inter-nauka.com/>.
5. Labay, V. Y., Gudim, V.I., Gavriyuk, A.F. (2013) *Doslidzhennya ta shlyakhi zmenshennya teplovogo viprominyuvannya pid chas pozhezhi. Visnik Natsionalnogo universitetu "Lvivska politehnika". Teoriya i praktika budivnitstva.*, 755, 221-226. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPTPB_2013_755_42
6. Semerak, M. M., Mikhaylishin, M.R. (2017) *Vpliv shvidkosti vitru na protsesi teploobminu mizh vertikalnimi stalevimi*

- rezervuarami (na prikladi pozhezhi na naftobazi "BRSM Nafta") *Pozhezna bezpeka*, 30, 137-147. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pb_2017_30_18.
7. Panagiotou, J., Quintiere, J.G. (n.d.) Fire performance as a Function of Incident Heat Flux, *The Fifth Triennial International Fire & Cabin Safety Research Conference, 31X 2007*;10.
8. Sivathanu, Y.R., Gore, J.P. (1933) *Combust. Flame* 94, 265-270.
9. Ghoman, P.N., Sobolevskaia, Je.S. (2016) *Razrabotka programmy rascheta yntensyvnoy teplovogho yzluchenyja pry pozhare. Ynternet-zhurnal "tekhnologhyu tekhnosfernoy bezopasnosti"*, 1 (65). Retrieved from: <http://ipb.mos.ru/ttb/>
10. Sayt Ukraïnskogo gidrometeorologichnogo tsentru (n.d.) Retrieved from <https://meteo.ua/ua/vocabulary/shkala-boforta-539>.
11. Informatsiyiny server pogodi Ukraïnskogo gidrometeorologichnogo tsentru (n.d.) Retrieved from https://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate_stations/.

Рецензент: д-р техн. наук проф. С.В. Поздеев, Черкаський Інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ, Черкаси, Україна.

Автор: НІЖНИК Вадим Васильович
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідного центру проти-пожежний заходів
Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту
E-mail – nignyk@ukr.net
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3370-9027>

Автор: БОРИСОВА Анна Сергіївна
науковий співробітник відділу розвитку цивільного захисту НДЦ цивільного захисту
Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту
E-mail – borysova_anna@ukr.net
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8700-0761>

METHOD OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE DEPENDENCE OF THE CRITICAL SURFACE DENSITY OF THE HEAT FLOW FROM THE WIND INFLUENCE

A. Borysova, V. Nizhnyk

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kiev, Ukraine

According to the results of the analysis of methods for determining the critical value of the surface heat flux density for substances and materials, it is established that there is no single approach to determining the critical surface heat flux density for substances and materials today. The development of the method of experimental research of the dependence of the critical surface density of the heat flow from the wind influence as a basis for substantiation of the regularity of change of density of a heat stream from wind influence is an actual scientific task. The article analyzes the current state of the study of the critical surface heat flux density. A method has been developed and experimental studies of the values of the surface heat flux density from wind exposure for substances and materials have been carried out. At the time of experimental research, the regularities of the change in the heat flux density depending on the influence of the amount of airflow introduced into the study space were determined.

The purpose of the study is to identify the pattern of changes in the heat flux density of substances and materials depending on the influence of the amount of airflow introduced into the study space.

To achieve this goal it is necessary to justify the type and quantity of required test and measuring equipment, as well as the number, shape, and design of sample fragments, justify the methodology of experimental studies of samples under the influence of airflow of different speeds, justify the range of wind speed.

The article briefly presents the procedure for conducting experimental research.

The obtained data will be used for further research of the flammability of substances and materials.

Keywords: critical surface heat flux density, heat flux, heat transfer, radiation heat transfer