

спостерігалися суттєві дисперсії відхилень температури в зоні вогневої камери, що пов'язано із вигоранням палива та нерівністю дека модельного вогнища пожежі. На рисунку 1 наведено показники термопари, яка фіксувала температуру вогнища пожежі за результатом серії експериментальних досліджень, а червоним кольором наведено зону підвищених відхилень дисперсії.

Зважаючи, що проблемним етапом випробувань є відрізок тривалості від 26 до 30 хвилини, визначено, що на даному етапі в деці залишається близько 8–10 л палива, що як показують випробування є критичним рівнем, який не може забезпечити стабільність температурного режиму пожежі. Також, на даному етапі випробувань спостерігалось нестабільна висота вогнища пожежі, а в окремих випадках спостерігалось короткочасне його затухання.

Серед компенсуючих заходів, які можуть дозволити вирішити дану проблему може бути реалізація технічного рішення для підтримання необхідного рівня палива у деці за допомогою підвідного трубопроводу та ємкості з компенсуючим запасом палива об'ємом до 15–18 л. Даний об'єм палива та його подавання після 20 хвилини експериментальних досліджень може забезпечити необхідний його рівень у деці та забезпечити стабільний температурний режим у продовж всієї тривалості проведення натурних експериментальних досліджень з оцінки ефективності фасадних протипожежних перешкод. Разом із цим, ефективність запропонованих заходів слід підтвердити натурними випробуваннями.

Таким чином, визначено перспективне завдання удосконалення установки для прогнозування поширення пожежі по фасадам будівель для забезпечення точності та відтворюваності дослідження процесів обмеження поширення пожежі фасадними протипожежними перешкодами та оцінювання ефективності їх різних типів в залежності від їх геометричних форм та конструкції виконання.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Балло Я. В. Створення експериментального випробувального стенду в рамках досліджень обмеження поширення пожежі по фасадах будівель/ Я. В. Балло // Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – Київ. – 2022 – №2 (13). – С. 21–34.
2. Ballo Ya. Justification of the type of the fire model within the framework of fire spread limitation research building facades. Science and innovation of modern world. Proceedings of the 3rd International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. London, United Kingdom. 2022 pp. 146–152.
3. Ніжник В. В. Фещук Ю. Л., Балло Я. В., Голікова С. Ю. Наукові дослідження теплового впливу факелу модельного вогнища пожежі класа В на сусідні об'єкти *Матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист»*, м. Черкаси, 2019. С. 98–101.

**УДК 614.8**

#### **ПОБУДОВА МОДЕЛІ ТЕПЛОГО ВПЛИВУ ПОЖЕЖІ НА РЕЗЕРВУАР З НАФТОПРОДУКТОМ**

*Олексій БАСМАНОВ, д-р техн. наук, професор,  
Володимир ОЛІЙНИК, канд. техн. наук, доцент,  
Національний університет цивільного захисту України*

Значна кількість надзвичайних ситуацій, що виникають при транспортуванні, переробці і зберіганні нафти і нафтопродуктів, починається з аварійного розливу рідини [1]. Основною небезпекою при цьому є поява джерела запалювання і спалахування парів рідини над розливом. Складність локалізації і ліквідації таких пожеж обумовлена тепловим впливом пожежі на сусідні технологічні об'єкти і, зокрема, на ємності з

горючими рідинами. Нагрів їх сталевих стінок до температури самоспалахування парів рідини може призвести до вибуху пароповітряної суміші у газовому просторі ємності.

При побудові моделі теплового впливу пожежі розливу на вертикальний сталевий резервуар з нафтопродуктом будемо виходити з наступних припущень

1. Зовнішня поверхня стінки ємності приймає участь в променевому теплообміні з поверхнею факела і навколишнім середовищем, а також конвекційному теплообміні з повітряним середовищем.

2. Внутрішня поверхня сухої частини стінки приймає участь в променевому теплообміні з поверхнею рідини, залитої в ємність, та іншими точками на внутрішній поверхні стінки, а також в конвекційному теплообміні з пароповітряною сумішшю в газовому просторі ємності.

3. Внутрішня поверхня змоченої частини стінки приймає участь в конвекційному теплообміні з рідиною, залитою в ємність.

4. Температура на зовнішній і внутрішній поверхнях стінки є однаковою.

5. Тепло розповсюджується по стінці ємності внаслідок теплопровідності матеріалу стінки (сталі).

Із припущення 4 випливає, що для стінки резервуара

$$\frac{\partial T}{\partial r} = 0, \quad (1)$$

де  $T$  – температура стінки резервуара.

Аналогічна ситуація має місце і для покрівлі резервуара: вважаючи температуру однаковою по всій товщині покрівлі, отримуємо

$$\frac{\partial T}{\partial z} = 0. \quad (2)$$

Рівняння теплопровідності в циліндрі має вигляд:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left( \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right), \quad (3)$$

де  $T(r, \varphi, z)$  – температура;  $a$  – коефіцієнт теплопровідності:

$$a = \frac{\lambda_c}{c_c \rho_c};$$

$\lambda_c$ ,  $c_c$ ,  $\rho_c$  – коефіцієнт теплопровідності, коефіцієнт теплоємності та густина сталі відповідно.

Для стінки резервуара із врахуванням (1) вираз (3) перетворюється на

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{R^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right); \quad 0 < z < H; \quad 0 < \varphi < 2\pi,$$

де  $T(\varphi, z)$  – температура стінки резервуара у точці з координатами  $(\varphi, z)$ ;  $R$ ,  $H$  – радіус та висота резервуара відповідно. Враховуючи променевий і конвекційний теплообмін стінки, отримуємо

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{R^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right) + \frac{q}{c_c \rho_c \delta}; \quad 0 < z < H; \quad 0 < \varphi < 2\pi, \quad (4)$$

де  $\delta$  – товщина стінки резервуара. Підстановка (2) в (3) дає рівняння розподілу температур для покрівлі резервуара

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left( \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right); 0 < r < R; 0 < \varphi < 2\pi.$$

Із урахуванням променевого у конвекційного теплообміну покрівлі останнє рівняння перетворюється на

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right) + \frac{q}{c_c \rho_c \delta}; 0 < r < R; 0 < \varphi < 2\pi. \quad (5)$$

Розв'язання диференціальних рівнянь (4)-(5) із відповідними початковими і крайовими умовами методом скінчених різниць дозволяє визначити розподіл температур по стінці і покрівлі резервуара в довільний момент часу. Це, в свою чергу, дає відповідь на запитання щодо частин резервуара, які потребують охолодження і граничного часу початку охолодження.

#### ЛІТЕРАТУРА

4. Raja S., Tauseef S. M., Abbasi T. Risk of Fuel Spills and the Transient Models of Spill Area Forecasting. Journal of Failure Analysis and Prevention. 2018. Vol. 18. P. 445–455.

УДК 614.842

### ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ КОМПОНЕНТІВ НА ВОГНЕЗАХИСНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОКРИТТІВ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ВОДНІЙ ОСНОВІ

*Андрій БЕРЕЗОВСЬКИЙ, канд. техн. наук, доцент, Богдан КОПИЛ,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

Створення полімерних вогнезахисних покриттів для металевих конструкцій завжди було і залишається одним із пріоритетних напрямків протипожежного захисту будівель та споруд, так як матеріальні затрати на відновлення після пожежі багатократно перевищують затрати на профілактичні заходи з вогнезахисту. Необхідність проведення протипожежного захисту будівель та споруд визначається відповідно до діючих в Україні норм, зокрема, ДБН В.1.1-7:2016, ДБН В.1.2-7:2008. Одним з основних методів підвищення вогнестійкості конструкцій з металу є застосування пасивного вогнезахисту – матеріалів, що збільшують час збереження несучої здатності будівельних конструкцій в умовах пожежі [1–5].

Найбільш поширеними вогнезахисними засобами, що масово застосовуються у світовій практиці, є тонкошарові інтумесцентні реактивні матеріали. Механізм вогнезахисної дії інтумесцентної системи полягає в утворенні вуглецевого спученого шару, що діє як бар'єр для тепла, кисню та продуктів піролізу. Збільшуючись в об'ємі та зменшуючись за щільністю, такі покриття сповільнюють нагрівання сталі та продовжують час до руйнування металоконструкції [6–10].

Крім забезпечення властивостей, необхідних для більшості лакофарбових матеріалів, плівкоутворюючий компонент повинен розкладатися в правильному температурному діапазоні разом з іншими вогнезахисними компонентами, щоб змогли пройти хімічні реакції, в результаті яких утворюється пінокок. Більше того,