

- продукти горіння пульсують із проемів в кімнаті, це знак недостатньо проветриваних умов;
- свистячий звук в проемах може бути пов'язаний з пульсуючим пожежем;
- оранжеве свечення або погано видимий пожеж може сигналізувати, що пожеж проходить з недостатнім кількістю кисню;
- нейтральна площина знаходиться поблизу підлоги.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Lambert K. Backdraft: fire science and firefighting, a literature review – 2013 -43 p.
2. Bengtsson, L-G., Övertändning, backdraft och brandgasexplosion sett ur räddningstjänstens perspektiv, Institutionen för brandteknik, Lunds universitet, Lund, 1999.

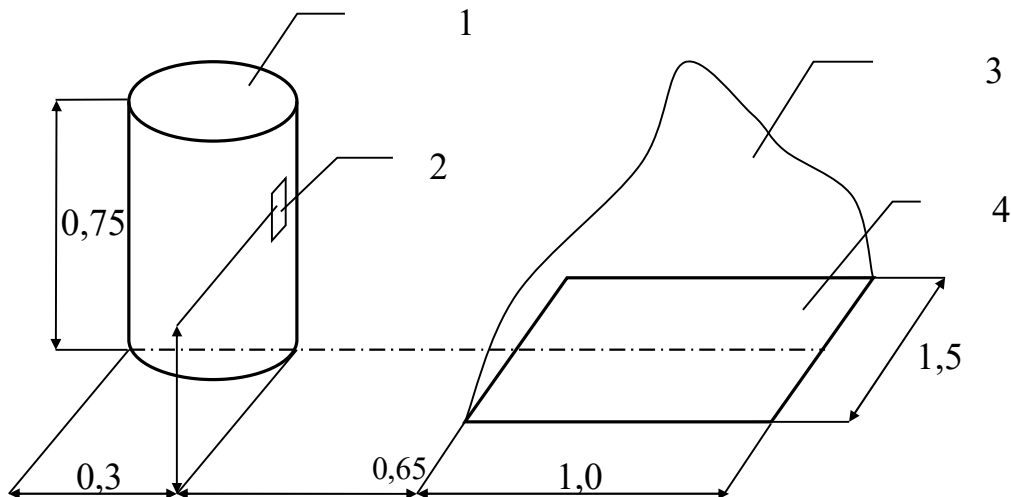
*О. С. Басманов, д. т. н., професор, гол. наук. співр., Я. С. Кулик, викладач,  
Національний університет цивільного захисту України*

#### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА МОДЕЛІ НАГРІВУ РЕЗЕРВУАРУ ВІД ПОЖЕЖІ РОЗЛИВУ ГОРЮЧОЇ РІДИНИ

Пожежі в резервуарних парках є одними із найнебезпечніших. Їх ліквідація ускладнена загрозою розповсюдження пожежі на сусідні резервуари. Тому розробка ефективного плану пожежогасіння в резервуарному парку неможлива без врахування теплового впливу пожежі горючої рідини в обвалуванні на резервуар з нафтопродуктом.

В роботах [2, 3] запропоновано математичну модель теплового впливу пожежі в обвалуванні на резервуар з нафтопродуктом і тепловий датчик. При цьому, на відміну від попередніх робіт, розглядається розлив довільної форми. Експериментальну перевірку такої моделі не проведено. Її проведення ускладнене випадковим характером теплового випромінювання від осередку горіння і, відповідно, випадковим характером температури об'єкта, що нагрівається. В роботі [1] побудовано стохастичну модель нагріву резервуару під тепловим впливом пожежі і показано, що температура випромінюючої поверхні полум'я і площа його поперечного перерізу може бути описана стаціонарним нормальним процесом.

В ході експерименту [4] досліджувалося горіння розливу автотракторного мастила АК-10 (горюча в'язка рідина густиною  $930 \text{ кг/м}^3$ , ступінь чорноти полум'я – 0,85) на прямокутному піддоні зі сторонами 1 м і 1,5 м (рис. 1). Висота стінок піддона – 0,2 м, товщина – 2 мм. На відстані  $l = 0,65 \text{ м}$  від більшої сторони піддону було розміщено циліндричну модель вертикального сталюого резервуара вистотою 0,6 м і діаметром 0,3 м.



**Рис. 1. Схема експерименту: 1 – модель резервуара; 2 – термопара; 3 – полум'я; 4 – піддон з нафтопродуктом**

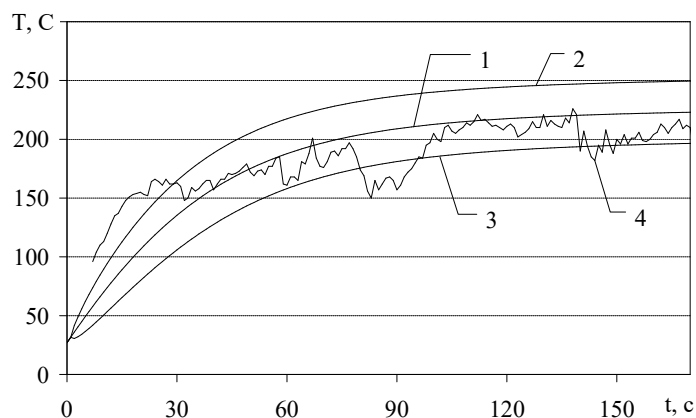
На боковій поверхні моделі резервуара, оберненій у бік полум'я, було закріплено термопару, підключену до цифрового датчика температури. В ході експерименту за допомогою цього датчика фіксувалася температура на поверхні резервуара, оберненій в бік полум'я.

Диференціальне рівняння, що описує нагрів елементарної площадки на поверхні резервуара під тепловим впливом пожежі, має вигляд [2, 3]

$$\frac{dT}{dt} = \frac{c_0 \varepsilon_f \varepsilon_w}{\rho \delta c} \left[ \left( \frac{T_f}{100} \right)^4 - \left( \frac{T}{100} \right)^4 \right] \psi_f + \frac{c_0 \varepsilon_w}{\rho \delta c} \left[ \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 - \left( \frac{T}{100} \right)^4 \right] (1 - \psi_f) + \frac{\alpha (T_a - T)}{\rho \delta c}, \quad (1)$$

де  $c_0 = 5,67 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}^4$ ;  $\varepsilon_f$  – ступінь чорноти факела ( $\varepsilon_f = 0,85$ );  $T_f$  – температура поверхні факела ( $T_f = 800^\circ \text{C}$ );  $T_0$  – температура навколишнього середовища;  $T$  – температура площадки;  $\varepsilon_w$  – ступінь чорноти площадки ( $\varepsilon_w = 0,8$ );  $\rho, c$  – густина і теплоємність матеріалу стінки резервуара;  $\delta$  – товщина стінки;  $T_a$  – температура повітряного середовища в місці дотику до елементарної площадки;  $\alpha$  – коефіцієнт конвекційного теплообміну;  $\psi_f$  – коефіцієнт взаємного опромінення з факелом

На рис. 2 наведено динаміку зміни температури термопар на стінці моделі резервуара, оберненої в бік пожежі (лінія 4) і результати розрахунку за формулою (1) – лінія 1.



**Рис. 2. Динаміка зміни температури термопар на стінці моделі резервуара, оберненої в бік полум'я: 1 – математичне очікування; 2, 3 – верхня і нижня межі інтервалу  $\pm 3\sigma$ ; 4 – результати експерименту**

В [1] побудовано стохастичну модель нагріву сухої стінки резервуара під тепловим впливом пожежі у випадку, коли температура випромінюючої поверхні полум'я і площа поперечного перерізу факела описуються стаціонарними випадковими процесами з нормальним розподілом. Показано, що температура сухої стінки резервуара також має нормальний розподіл, а її математичне очікування  $\bar{T}(t)$  співпадає з детермінованим розв'язком  $T(t)$  рівняння (1). Проведення перетворень, аналогічних викладеним в [1, 5], дозволяє отримати систему диференціальних рівнянь для визначення дисперсії розподілу температури на сухій стінці резервуара.

Лініями 2 і 3 на рис. 2 показано межі інтервалу  $T(t) \pm 3\sigma(t)$ . Аналіз графічних залежностей на рис. 3 свідчить, що експериментальні значення задовільно вкладаються в інтервал  $\pm 3\sigma$ , а розв'язок рівняння (1) може бути використаний як математичне очікування температури.

Отримані результати можуть бути використані для оцінки теплового впливу пожежі в обвалуванні на резервуар з нафтопродуктом.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А. Моделирование пожаров, их обнаружения, локализации и тушения / Ю.А. Абрамов, А.Е. Басманов, А.А. Тарасенко. – Харьков: НУГЗУ, 2011. – 927 с.
2. Basmanov A.E. Modelling an emergency hazard in the presence of wind / A.E. Basmanov, Y.S. Kulik // Проблеми надзвичайних ситуацій – Харків: НУЦЗУ, 2015. – Вип. 22. – С. 3-7.
3. Басманов А.Е. Моделирование теплового воздействия пожара на резервуар с нефтепродуктом / А.Е. Басманов, Я.С. Кулик // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: НУГЗУ, 2013. – №34. – С. 25-29.
4. Basmanov A.E. Experimental verification of the model of heating the tank in case of pool fire / A.E. Basmanov, A.A. Mikhailiuk, Y.S. Kulik // Проблеми пожарной безопасности. – Харьков: НУГЗУ, 2016. – №40. – С. 35-39.
5. Абрамов Ю.А. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций в резервуарных парках с нефтепродуктами / Ю.А. Абрамов, А.Е. Басманов. – Харьков: АГЗУ, 2006. – 251 с.