

призводить до порушення матеріально-теплового балансу полум'я, і як результат – ефективного флегматизування об'єму.

Поєднання зазначених вогнегасних факторів призведе до розширення спектру застосування зазначених сумішей та ефективного гасіння газопароповітряних і пароповітряних сумішей в резервуарах, підземних ємностях, трубопроводах, каналах, а також флегматизування вибухових сумішей в різноманітних технологічних об'ємах. Подаватись при цьому бінарна газоаерозольна суміш для гасіння може через шар горючої рідини, безпосередньо в зону горіння з поверхні горящої рідини та об'ємно в приміщення.

Отже, бінарні газоаерозольні суміші на основі вогнегасного аерозолу, вогнегасних газів  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  володіють високою вогнегасною та флегматизувальною ефективністю за рахунок синергізму та значної кількості вогнегасних чинників, що забезпечує значне зменшення вогнегасних концентрацій та розширення спектру їх застосування.

### **Цитована література**

1. Balanyuk V.M. Extinguishment of n-heptane diffusion flames with the shock wave / V. M. Balanyuk. – ВіТР, 2016. – Vol. 42, Issue 2. – P. 103-111.
2. Gregory T. Linteris Ph.D., Clean Agent Suppression of Energizer Equipment Fires, National Institute of Standards and Technology Technical Note 1622 Natl. Inst. Stand. Technol. Tech. Note 1622, 108 pages (January 2009).

*Басманов О.Є., д.т.н., професор,  
Кулакова Г.О.*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ОХОЛОДЖЕННЯ РЕЗЕРВУАРА ПРИ ПОЖЕЖІ В ЙОГО ОБВАЛУВАННІ**

Основна небезпека пожежі в обвалуванні полягає в нагріві резервуара під тепловим впливом пожежі. Досягнення окремими елементами конструкції резервуара температури самоспалахування парів нафтопродукту, що зберігається, здатне призвести до полум'яного горіння парів на дихальній арматурі резервуара або до вибуху у газовому просторі резервуара. Саме тому охолодження резервуарів є першочерговою задачею при локалізації пожежі в резервуарному парку.

В [1] побудовано модель теплового впливу пожежі на резервуар з нафтопродуктом, яка враховує променевий і конвекційний теплообмін стінки резервуара з полум'ям і навколишнім середовищем:

$$\frac{dT_w}{dt} = \frac{c_0 \varepsilon_{fr} \varepsilon_w}{\rho \delta_w c} \left[ \left( \frac{T_{fr}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_w}{100} \right)^4 \right] \psi + \frac{c_0 \varepsilon_w}{\rho \delta_w c} \left[ \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_w}{100} \right)^4 \right] (1 - \psi) +$$

$$+ \frac{\alpha_2(T_f - T_w)}{\rho\delta_w c} + \frac{c_0 \varepsilon_w^2}{\rho\delta_w c} \left[ \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_w}{100} \right)^4 \right] + \frac{\alpha_5(T_0 - T_w)}{\rho\delta_w c}, \quad (1)$$

де  $T_w$  – температура елементарної площадки на стінці резервуара;  $c_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}^4)$ ;  $\varepsilon_{fr}$ ,  $\varepsilon_w$  – ступені чорноти факела і елементарної площадки;  $T_{fr}$ ,  $T_w$  – температури випромінюючої поверхні факела і елементарної площадки відповідно;  $\delta_w$  – товщина стінки резервуара;  $\rho$ ,  $c$  – густина і теплоємність матеріалу стінки резервуара;  $\psi$  – коефіцієнт взаємного опромінення;  $\alpha_2$  – коефіцієнт конвекційного теплообміну стінки з навколишнім середовищем;  $T_f$  – температура навколишнього середовища;  $\alpha_5$  – коефіцієнт конвекційного теплообміну стінки резервуара з газовим простором всередині резервуара.

При конвекційному теплообміні стінки резервуара з пароповітряною сумішшю в газовому просторі має місце вільна конвекція [2], і коефіцієнт конвекційного теплообміну має вигляд:

$$\alpha_5 = \left[ -4,1 \cdot 10^{-3}(T_w + T_0) + 15,904 \right] \left| \frac{T_w - T_f}{T_w + T_f} \right|^{1/3}. \quad (2)$$

Якщо охолодження відсутнє, то аналогічна залежність буде мати місце для коефіцієнта  $\alpha_2$ :

$$\alpha_2 = \left[ -4,1 \cdot 10^{-3}(T_w + T_f) + 15,904 \right] \left| \frac{T_w - T_f}{T_w + T_f} \right|^{1/3}. \quad (3)$$

При використанні кілець охолодження на стінці резервуара утворюється водна плівка, товщина  $\delta$  і швидкість стікання  $w_c$  якої описуються виразами [3]

$$\delta = 0,055 I^{0,6}, \quad (4)$$

$$w_c = 18,2 I^{0,4}. \quad (5)$$

де  $I$  – інтенсивність подачі води на охолодження стінки ( $l/(m \cdot s)$ ). Коефіцієнт конвекційного теплообміну між стінкою резервуара і водною плівкою має вигляд [3]:

$$\alpha_2 = (238,53 T_c - 45098) I^{0,25}, \quad (6)$$

де  $T_c$  – температура водної плівки.

Таким чином, розроблені моделі є основою для розрахунку інтенсивності подачі води для охолодження резервуара у випадку пожежі в його обвалуванні. Вони можуть бути використані при розробці оперативних планів пожежегасіння під час штабних навчань, розробці планів локалізації і ліквідації пожежі в бойовій обстановці, моніторингу надзвичайної ситуації в ході локалізації і ліквідації пожежі.

### **Цитована література**

1. Abramov Y.A. Model of thermal effect of fire within a dike on the oil tank / Y.A. Abramov, O.E. Basmanov, A.A. Mikhayluk, J. Salamov // *Naukovyi Visnyk NHU*, 2018, № 2. P. 95-100.

2. Басманов А.Е. Локализация пожаров в резервуарах с нефтепродуктами / А.Е. Басманов, А.А. Михайлюк. Харьков: НУГЗУ, 2011. 108 с.

3. Basmanov O.E. Estimation of the convection heat exchange rate for tank shells covered with falling water film / O.E. Basmanov, Y.S. Kulik // *East journal of security studies*, 2017. V. 1. P. 145-154.

*Белюченко Д.Ю.,*

*Стрілець В.М., д.т.н., с.н.с.*

## **ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ОПЕРАТИВНІ РОЗГОРТАННЯ ПОЖЕЖНИХ АВТОЦИСТЕРН**

Дослідження питань розробки рекомендацій особовому складу оперативних розрахунків пожежних автомобілів на сьогоднішній день відбувається за результатами дослідження процесу виконання рятувальниками операцій та процесів, які є типовими під час гасіння пожеж та проведення аварійно-рятувальних робіт. В доповіді відмічено, що існують чинники, які впливають на час оперативного розгортання пожежних автоцистерн це клас пожежних автоцистерн, рівень підготовленості особового складу та метеорологічні чинники, які можуть значно ускладнювати дії оперативного розгортання пожежно-рятувальної техніки. До таких чинників відноситься: опади, висота сніжного покриву, вітер, стан ґрунту, температура, а також інші метеорологічні умови, котрі можуть бути тривалими, наприклад мінусова температура та сніжний покрив в зимовий час, та короткочасні – осадки, туман, ожеледиця.

Показано, що оперативне розгортання в умовах низьких температур ускладнюється можливістю пробоїв в роботі насосна рукавних систем, відмовою роботи пожежної техніки та протипожежного водопостачання, скутість рухів при проведенні дій з оперативного розгортання та можливістю обмороження особового складу. У цих умовах дії особового складу повинні бути спрямовані на прискорення оперативного розгортання сил і засобів пожежно-рятувальних підрозділів.

Згідно з нормативними документами одним із критеріїв, за яким оцінюється ефективність підготовки пожежних-рятувальників до проведення