

*Ю.М. Сенчихін, канд. техн. наук, доцент, нач. факультету, УЦЗУ,
О.В. Бабенко, канд. техн. наук, доцент, УЦЗУ*

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГУСТИНИ ТЕП- ЛОВОГО ПОТОКУ ТА ВИСОТИ ПОЛУМ'Я БЕНЗИНУ У РЕ- ЗЕРВУАРІ, НАКРИТОМУ МЕТАЛЕВОЮ СІТКОЮ

(представлено доктором техн. наук О.М. Ларіним)

Наведені результати експериментальних досліджень густини теплового потоку та висоти полум'я при горінні бензину у модельному вогнищі пожежі класу В2 при розміщенні над його поверхнею металевої сітки.

Постановка проблеми. Виникнення пожежі у резервуарі із нафтопродуктами у більшості випадків призводить до часткового або повного руйнування покрівлі [1]. При цьому виникає небезпека поширення пожежі на сусідні резервуари. При відсутності вітру теплопередача від резервуару, що горить, до сусіднього резервуара здійснюється, переважним чином, випромінюванням [2]. При наявності сильного вітру полум'я може нахилитись, що додатково збільшує конвективну складову теплообміну та підвищує небезпеку виникнення пожежі у сусідніх резервуарах. Прогріті випромінюванням стінки сусідніх резервуарів не викликають втрати їх несучої спроможності, але можуть викликати займання пароповітряної суміші, яка знаходиться всередині або виходить назовні з резервуару. Особливою є небезпека виникнення горіння на дихальних клапанах, які постійно містять насичену пароповітряну суміш [3].

Таким чином, проблема полягає у тому, що гасіння пожеж у резервуарах із нафтопродуктами ускладнюється великим тепловим випромінюванням, що вимагає залучення додаткової кількості сил та засобів для охолодження стінок та дихальної арматури сусідніх резервуарів, захисту позицій ствольщиків розпиленими водяними струменями, а також екранування техніки та технологічних апаратів.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Попередження поширення пожежі від резервуару до резервуару в межах резервуарного парку полягає у [4]:

- дотриманні нормованої відстані між сусідніми резервуарами та групами резервуарів [5];
- обвалуванням резервуарів [5];
- нанесенням теплоізолюючих покриттів на стінки резервуарів [6];
- використанням вогнеперешкоджуючих пристроїв на дихальній арматурі [7];

- використанням стаціонарних систем пожежогасіння та зрощування [5].

Виходячи з економічної доцільності та аналізу ефективності перелічених заходів, найбільш ефективним на сьогоднішній день є охолодження стінок резервуарів водою. Більшість стаціонарних систем охолодження виходять з ладу внаслідок дії надлишкового тиску вибуху пароповітряного середовища. До того ж такі системи мають високу вартість та вимагають наявності модернізованої водопровідної мережі. Виконання оперативних дій з охолодження стінок резервуарів лягають на пересувну пожежну техніку. Таким чином, на сьогоднішній день, практично відсутні ефективні технічні рішення, спрямовані на зменшення висоти полум'я та обмеження теплового потоку при горінні резервуару.

Постановка задачі та її розв'язання. Таким чином, актуальною задачею є зменшення теплового потоку при горінні нафтопродукту у резервуарі. При проведенні попередніх експериментальних досліджень на модельному вогнищі пожежі класу В2 було встановлено, що дана задача може бути розв'язана шляхом розміщення над поверхнею рідини у резервуарі металевої сітки. Механізм дії сітки можливо пояснити тим, що маючи підвищений гідродинамічний опір, сітка погіршує умови надходження кисню у зону сумішоутворення чим зменшує інтенсивність горіння та, у свою чергу, знижує тепловий потік пожежі [8].

Як вже відмічалось, основним механізмом теплопередачі при пожежі у резервуарі є випромінювання. Тепловий потік випромінюванням від факелу до інших тіл може бути визначений за формулою [2]

$$F = \varepsilon c_0 \left(\left(\frac{T_{\phi}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right) \cdot \psi, \quad (1)$$

де: F - тепловий потік, Вт; ε - наведений ступінь чорноти; T_{ϕ} - середня температура факелу; T - температура поверхні тіла, що обернена до факелу; ψ - площа взаємного опромінювання, м².

Виходячи з експериментальних даних, за наведеною залежністю можна визначити критичний тепловий потік для будь-якої поверхні, яка обернена до факелу. Недоліком використання даної залежності є складність визначення ψ , яке вимагає висунення припущень відносно форми факелу полум'я. Звичайно приймають конічну форму факелу, а висоту пов'язують із діаметром резервуару співвідношенням $h=1,4D$ для легкозаймистих рідин, $h=1,2D$ для горючих рі-

дин. Таким чином, теплове навантаження на оточуючі конструкції залежить від діаметру резервуару та параметрів рідини, що в ньому знаходиться.

Для визначення кількісного впливу геометричних параметрів сіток на тепловий потік пожежі у модельному вогнищі були проведені експериментальні дослідження. Для проведення досліджень використовувалась експериментальна лабораторна установка [8]. У якості дослідної рідини використовувався бензин А-76 за ГОСТ 2084-77 "Бензины автомобильные. Технические условия". Об'єм бензину у одному досліді складав 0,2 л. При даній площі ємності та об'ємі бензину товщина шару ЛЗР складає 0,006 м. У якості функції відклику визначалась густина теплового потоку q , кВт·м⁻² на відстані 0,5 м від вісі резервуару. Густина теплового потоку вимірювалась актинометром АП-1, який встановлювався на рівні дзеркала горіння.

Густина теплового потоку визначалась як функція двох змінних (x_1) – висота вільного борту резервуару; (x_2) – співвідношення сумарної площі отворів сітки та площі резервуару [9]. Інтервали варіювання факторів складали: для x_1 – $(5 \div 25) \cdot 10^{-2}$ м; x_2 – $(0,25 \div 1,0)$.

Для розрахунку статистичних оцінок та забезпечення відтворення результатів експерименту у кожній точці експериментального плану проводились три паралельних вимірювання.

Методика проведення досліджень полягала у наступному. До модельного вогнища пожежі класу В2 заливались вода та бензин виходячи з розрахунку встановлення заданої висоти вільного борту. Верхня частина резервуара накривалась металевим диском із концентричним по відношенню до вісі резервуару отвором.

Отвір закривався сіткою. Після чого система герметично закривалась кришкою та залишалась упродовж 10 хв. для встановлення постійного тиску насичених парів у системі.

Після чого верхня кришка знімалася та система підпалювалась. За допомогою актинометра визначалась густина теплового потоку.

Отримані при проведенні експериментальних досліджень результати, свідчать, що використання металевої сітки дозволяє зменшити висоту полум'я, а при висоті вільного борту $\geq 15 \cdot 10^{-2}$ м полум'я практично обмежити його поверхню резервуару (див. рис. 1).

При проведенні досліджень спостерігалось поступове зменшення висоти полум'я при збільшенні висоти вільного борту резервуара. Для резервуара, що не закривався кришкою висота полум'я над верхнім краєм резервуара складала $(15,0 \div 30,0) \cdot 10^{-2}$ м при висоті вільного борту $(25,0 \div 5,0) \cdot 10^{-2}$ м, що добре узгоджується із теоретичними даними.

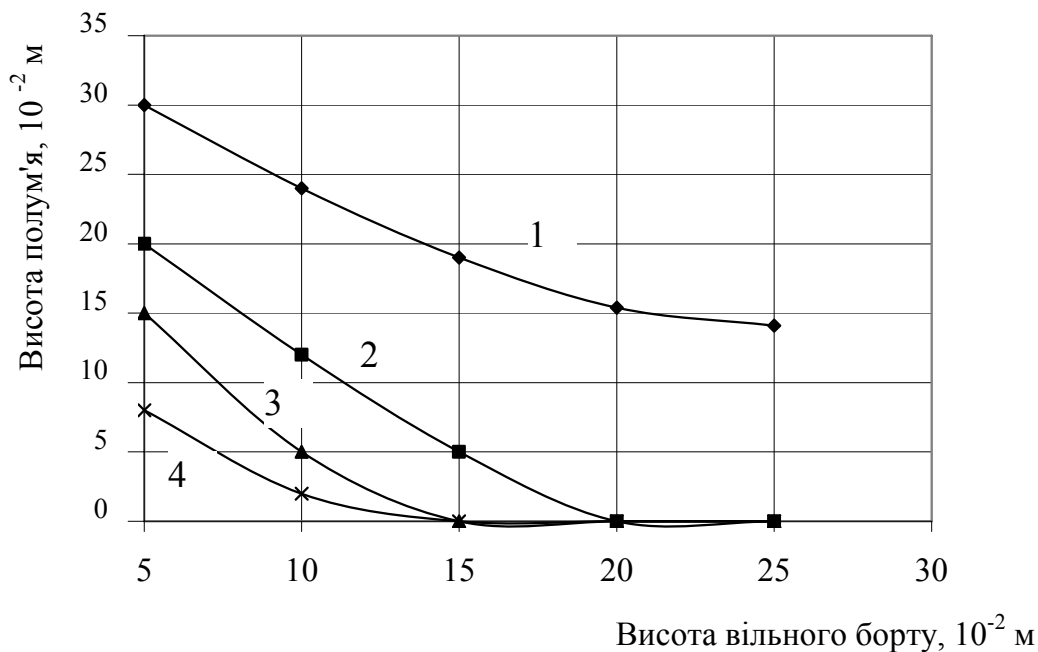


Рисунок 1 – Графічні залежності висоти полум'я над верхнім краєм резервуару від висоти вільного борту: 1 – вільний резервуар; 2 – $x_2 = -0,75$; 2 – $x_2 = -0,5$; 2 – $x_2 = -0,25$

Обробка отриманих результатів досліджень виконувалась з використанням пакету прикладних програм Excel за методом найменших квадратів. Для апроксимації експериментальних даних був обраний поліном третього ступеня.

Після розрахунку коефіцієнтів поліному була отримана модель для визначення густини теплового потоку при горінні бензину у резервуарі

$$q = 3,55 + 1,34 \cdot x_1 + 1,81 \cdot x_2 + 0,54 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,12 \cdot x_1^2 \cdot x_2 + 0,066 \cdot x_1 \cdot x_2^2, \quad (2)$$

де: x_1, x_2 – кодовані значення змінних.

Припустимість апроксимації отриманої залежності перевірялась з використанням критерію R^2 , розраховане значення якого становить 0,998.

На рис. 2 приведена графічна залежність q від x_1, x_2 .

Так, при фіксованому значенні висоти вільного борту $5 \cdot 10^{-2}$ м зменшення сумарної площі вільних отворів металевої сітки дозволяє знизити густину теплового потоку з 12,0 до 3,5 кВт·м⁻² (див. рис. 2).

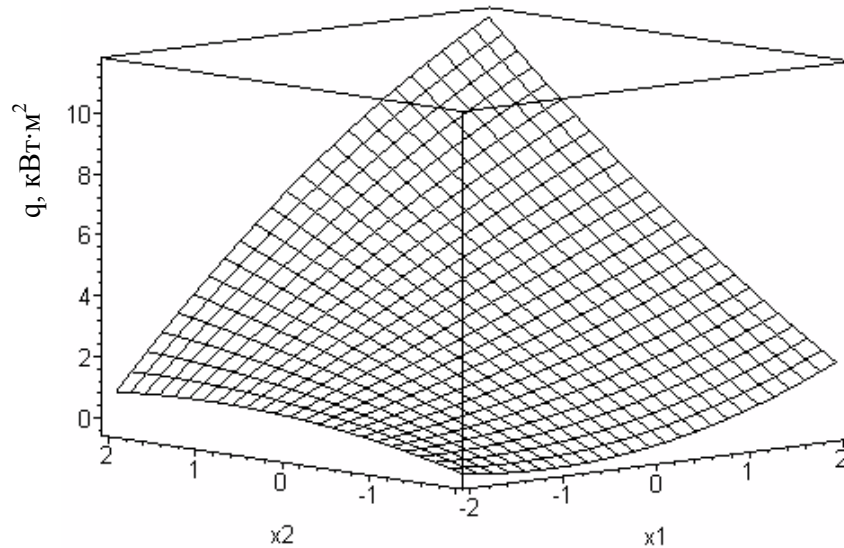


Рисунок 2 – Графічна залежність густини теплового випромінювання полум'я бензину у модельному вогнищі В2 від x_1 , x_2

Отримана залежність дозволяє зробити висновок про можливість зниження густини теплового випромінювання з використанням металевих сіток як при заповненому резервуарі так і при зниженні рівня нафтопродукту.

Висновки. Результати проведених експериментальних досліджень дозволяють зробити висновки про:

- використання пристроїв на основі металевих сіток для зниження теплового потоку пожежі у резервуарі є перспективним напрямком досліджень;

- поряд із діаметром резервуару значний вплив на тепловий потік при пожежі у резервуарі, який накритий металевою сіткою, чинитиме співвідношення сумарної площі вільних отворів сітки та площі резервуару;

- використання металевих сіток для зниження теплового навантаження пожежі у резервуарі на навколишні апарати та поверхні можливе на будь-якій стадії технологічного процесу зливу-наливу нафтопродуктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шароварников А.Ф., Молчанов В.П., Воєвода С.С. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. – М.: Издательский дом «Колан», 2002 – 448 с.
2. Кошмаров Ю.А., Башкирцев М.П. Термодинамика и теплопередача в пожарном деле. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1987. – 444 с.

3. Тушение нефти и нефтепродуктов: Пособие / Безродный И.Ф., Гилетич А.Н., Меркулов В.А. и др. – М.: ВНИИПО, 1996. – 216 с.

4. Протипожежний захист складів нафти і нафтопродуктів. Оглядова інформація /Бабенко Ю.В., Дудченко В.Г., Басаєв А.М., Савельєв І.В., Деревинський Д.М., Боровиков В.О., Антонов А.В. – К.: УкрНДПБ, 2002. – 142 с.

5. Шароварников А.Ф. Научное обеспечение противопожарной защиты объектов переработки, хранения и транспортировки нефти. // Юбилейный сборник трудов Академии ГПС МЧС России, 2003. – С. 49 – 65.

6. Иванов А.Н., Воевода С.С. Способы тушения пожаров нефтепродуктов в резервуарах с использованием новых технологий // Энергосбережение и водоподготовка, 2004, №2. – С. 89 – 90.

7. А.с. 787046 СССР, МКИ А 62 С 3/12. Устройство для тушения горящих жидкостей / И.А. Болодьян, Э.И. Долгов, В.И. Калинин, А.С. Мелихов, и др. (СССР). – №2711995/29-12; Заявлено 12.01.79; Опубл. 15.12.80, Бюл. №46. – 2с.

8. Бабенко О.В., Мельниченко А.О. Экспериментальна лабораторна установка для визначення вогнегасних властивостей сітчастих конструкцій // Проблемы пожарной безопасности. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 20. – Харків: Фоліо, 2006. –С. 12 - 17.

9. Бабенко О.В., Крамарчук О.В. Експериментальне дослідження часу згасання бензину при зміні висоти вільного борту резервуару // Проблемы пожарной безопасности. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 21. – Харків: Фоліо, 2006. –С. 37 - 41.

nuczu.edu.ua

Стаття надійшла до редакції 12.09.2008 р.