Міністерство надзвичайних ситуацій України

Академія пожежної безпеки
імені Героїв Чорнобиля

№8'2011

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА: ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА

Збірник наукових праць

ББК 38.96
П 46

П 46 Пожежна безпека: теорія і практика : збірник наукових праць. – Черкаси : АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2011. – № 8. – 128 с.

Редакційна колегія:

к.психол.н., професор *Кришталь М.А.* – головний редактор
д.т.н., професор *Осипенко В.І.* – заступник головного редактора
д.ф.-м.н., професор *Акіньшин В.Д.* – науковий редактор
к.т.н., доцент *Поздєєв С.В.* – заступник наукового редактора
к.т.н. *Качкар Є.В.* – відповідальний секретар
д.т.н., професор *Ващенко В.А.*
д.психол.н, професор *Грибенюк Г.С.*
д.т.н., професор *Жартовський В.М.*
д.т.н., професор *Круковський П.Г.*
д.військ.н., професор *Мосов С.П.*
д.психол.н, професор *Охременко О.Р.*
к.т.н, доцент *Баракін О.Г.*
к.психол.н., доцент *Бут В.П.*
к.психол.н., доцент *Вареник В.В.*
к.ф.-м.н., доцент *Виноградов А.Г.*
к.т.н., доцент *Григор'ян Б.Б.*
к.т.н., доцент *Заїка П.І.*
к.т.н., доцент *Кириченко О.В.*
к.т.н., доцент *Левченко А.Д.*
к.т.н., доцент *Маладика І.Г.*
к.т.н., доцент *Стась С.В.*
к.психол.н., доцент *Теслюк П.В.*
к.т.н., доцент *Тищенко О.М.*
к.т.н. *Цвіркун С.В.*

Рекомендовано до видання
Вченою радою Академії пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
(Протокол № 1 від 18.11.11 р.)

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ № 17574-6424 ПР, видане Міністерством юстиції України 21.03.11 р.

Включено ВАК до переліку фахових видань в галузі технічних наук, в яких можуть публікуватись результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Постанова ВАК від 27 травня 2009 року № 1-05/2)

За точність наведених фактів, а також за використання відомостей, що не рекомендовані до відкритої публікації, відповідальність несуть автори опублікованих матеріалів.
При передрукуванні посилання на збірник «Пожежна безпека: теорія і практика» обов'язкове.

70-річний ювілей святкує доктор фізико-математичних наук, професор, головний науковий співробітник Академії пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля, науковий редактор нашого збірника

Валерій Дмитрович Акіньшин

Редколегія збірника щиро вітає шанованого науковця і бажає щасливого творчого довголіття та нових досягнень на освітянській ниві.

ЗМІСТ

Алексєєв А.Г., Левченко А.Д., Левченко Д.Є, Землянський О.М., Кришталь В.М. Проблеми визначення стійких органічних забруднювачів у навколишньому середовищі 5
Андрієнко М.В., Кириченко О.В., Тищенко Є.О. Контроль та визначення параметрів аварійного витоку водню 11
Бабич А.В., Буханцов А.В., Имшенецкий А.А. Обеспечение безопасности предприятий зерновой и масложировой индустрии 15
Биченко С.М., Бурляй І.В., Кучер П.П., Юрченко К.М. Дослідження антено-фідерних пристроїв системи радіозв'язку пожежно-рятувального автомобіля в програмному комплексі numerical electromagnetic code 22
Дидук В.А., Коваленко А.М., Петлёваный П.В., Дядюшенко А.А., Томенко В.И., Мусиенко М.П. Разработка полисенсорных гетерогенных беспроводных пожарно-охранных систем 28
Ковалишин В.В., Улинець Е.М., Пашковський П.С., Зінченко І.М. Математичне моделювання великомасштабних пожеж в протяжних каналах і порівняння результатів розрахунку з експериментальними даними 33
Кукуєва В.В. Квантово-хімічне дослідження інгібітора горіння трифлуорометану 38
Лазаренко О.В., Желяк В.І. Визначення захисної дії радіального водяного екрана 43
Мосов С.П., Школяр Є.В., Блащук О.Д. Аналіз підходів щодо формування професійно важливих якостей у майбутніх офіцерів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України 48
Мусиенко М. П., Коваленко А. М., Петлёваный П. В., Куценко С. В. Схемо-функциональное моделирование пьезоэлектрических информационно-измерительных систем *52*
Новак С.В., Якименко О.П. Аналіз сучасних методів визначення характеристики вогнезахисної здатності покриттів та облицювань 56
Отрош Ю.А., Голоднов О.І., Рудешко І.В. Експериментальне дослідження впливу локальних температурних впливів на залишкові напруження в колонних елементах 62
Охременко О. Р. Дослідження характерологічних симптомокомплексів у постстресовий період 67
Поздєєв С.В., Тищенко О.М., Нуянзін О.М., Нуянзін В.М. Дослідження метрологічних параметрів вогневих випробувань залізобетонних будівельних конструкцій за допомогою математичного моделювання 73
Потеха А. В., Потеха В. Л. Размещение роботизированных пожарных комплексов на одно- и многоэлементных одноуровневых объектах 80
Пурський О.І., Федоренко С.С. Спеціалізована експертна система функціональної діагностики стану організму пожежників 88
Рябцев В.Г., Баракін О.Г., Квашніна О.В. Система автоматичного управління електронагрівача колони синтезу аміаку 92
Снісаренко А.Г. Професійно-психологічна підготовка начальників караулів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту як умова ефективності управлінської діяльності 96
Стась С.В., Мирошник О.М., Бурляй І.В., Таран Є.О. Визначення області компромісу між вартістю житла та його пожежною безпекою багатоповерхових житлових будинків з позицій системного підходу 102
Анотації/abstracts 107
Автори (алфавітний покажчик) 116
Вимоги до оформлення статей 117

УДК 614.842.6

О.В. Лазаренко, В.І. Желяк, к.т.н., доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАХИСНОЇ ДІЇ РАДІАЛЬНОГО ВОДЯНОГО ЕКРАНА

В роботі наведено результати експериментальних досліджень ефективності використання радіальної водяної завіси від теплового випромінювання. Експериментами встановлено, що коефіцієнт екранування від теплового випромінювання в основному залежить від товщини водяної завіси. Отримані залежності дають можливість визначити величину коефіцієнта екранування водяною завісою як функцію її відстані від джерела випромінювання, товщини завіси та координати точки, яка сприймає теплове випромінювання.

Ключові слова: захисний водяний екран, теплове випромінювання, математична модель, коефіцієнт екранування.

Постановка проблеми

Здійснення захисту особового складу від теплового випромінювання під час гасіння пожеж є необхідним та загальновідомим тактичним прийомом, який може здійснюватись за рахунок використання захисних водяних екранів (ЗВЕ). Але разом з тим на сьогоднішній день не чітко визначено захисні властивості водяних екранів, не отримано аналітичних залежностей для визначення їхньої захисної дії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження питання теплопередачі під час пожежі [2, 3] дали змогу виявити, що основними характерними шляхами теплопередачі від осередку пожежі до навколишнього середовища є конвекція та теплове випромінювання .

В роботах [4, 5] проаналізовано процеси екранування конвективної та променистої складової теплового потоку вертикальною водяною завісою, а в роботі [6] запропоновано вираз для визначення коефіцієнта екранування теплового випромінювання радіальною водяною завісою. При цьому експериментальних досліджень по визначенню коефіцієнта екранування водяною завісою для підтвердження аналітичних досліджень не було проведено в жодній з розглянутих вище робіт.

Постановка завдання та його вирішення.

Для перевірки виконаних теоретичних досліджень та їх уточнення необхідно провести експериментальні дослідження по визначенню захисної дії радіального водяного екрана, зокрема визначити величину теплового випромінювання без ЗВЕ та при його наявності.

Визначення захисних властивостей радіального водяного екрана проводилося на полігоні вогневих випробувань ЛДУБЖД.

Радіальну водяну завісу отримували за рахунок використання експериментального комбінованого ручного ствола з можливістю утворення ЗВЕ [7] під кутом розкриття $\psi = 70^\circ$, рис.1.

Ширину розсіювальної щілини змінювали в межах $\delta_{щ} = (1 \div 2{,}5) \cdot 10^{-3}$ м.

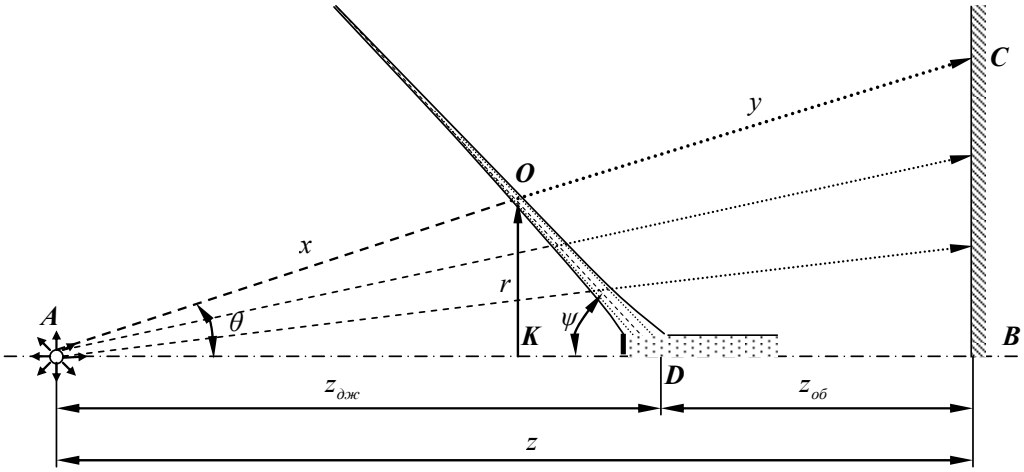

Рисунок 1- Схема поширення потоку теплового випромінювання.
А – осередок пожежі;
В – об'єкт захисту; D – розсіювальна щілина ствола, шириною $\delta_щ$.

Рисунок 2- Установка для визначенню величини теплового випромінювання. (1- манометр для визначення тиску на стволі, 2- датчик приладу ВТП – 01, 3- розсіювальна щілина змінної ширини $\delta_щ$, 4- модельне вогнище з живильним трубопроводом)

Джерело випромінювання осередку пожежі створювали за допомогою спалювання дизельного палива на площі 0,75 м^2 з постійною його подачею через під'єднаний трубопровід. Відстань від джерела пожежі до щілини становила $z_{дж} = 0{,}8$. Вид дослідної установки приведено на рис. 2.

Вимірювання густини потоку теплового випромінювання здійснювали з допомогою приладу радіометра ВТП - 01 розробленого Львівським державним університетом безпеки життєдіяльності спільно з ЗАТ НВО «Термоприлад» який здатний здійснювати вимірювання густини теплового потоку від 0,1 до 50 кВт/м^2 з похибкою 1 %.

Коефіцієнт екранування водяної завіси визначали як співвідношення теплового випромінювання перед та за водяною завісою, $\frac{\Phi}{\Phi_з}$, а вираз для визначення середньої швидкості витікання води через щілину υ_0 отримали з рівняння нерозривності:

$$\upsilon_0 = \frac{Q_щ}{2\pi r_щ \delta_щ} \qquad (1)$$

Результати проведених експериментальних досліджень приведено в табл. 1.

Таблиця 1 - Результати експериментальних досліджень екранування теплового випромінювання радіальною водяною завіси.

№ п/п	Ширина розсіювальної щілини, мм	Тиск перед стволом, кПа	Витрата води, л/с	Середня швидкість витікання води через щілину, м/с	Потужність теплового потоку, без завіси кВт/м^2	Потужність теплового потоку, з завісою кВт/м^2	Коефіцієнт екранування ε
1.	1	156,8	5,65	22,48	17,65	11,1	1,59
2.	1	401,8	9,04	35,97	16,66	10,79	1,54
3.	1	421,4	9,26	36,84	17,21	10,62	1,62
середнє	1						1,58
4.	1,5	156,8	6,61	17,53	19,22	10,55	1,82
5.	1,5	470,4	11,46	30,40	19,75	11,23	1,76
6.	1,5	534,1	12,21	32,39	20,55	12,15	1,69
середнє	1,5						1,76
7.	2	206,78	8,84	17,59	28,97	14,01	2,07
8.	2	339,08	11,32	22,52	30	13,29	2,26
9.	2	402,78	12,34	24,55	29,15	13,55	2,15
середнє	2						2,16
10.	2,5	245	10,72	17,06	30,12	11,12	2,71
11.	2,5	439,04	14,34	22,82	20,11	7,15	2,81
12.	2,5	486,08	15,09	24,02	20,15	7,11	2,83
середнє	2,5						2,78

За результатами експериментальних досліджень на рис. 3 представлено залежність екрануючої здатності ЗВЕ від ширини розсіювальної щілини.

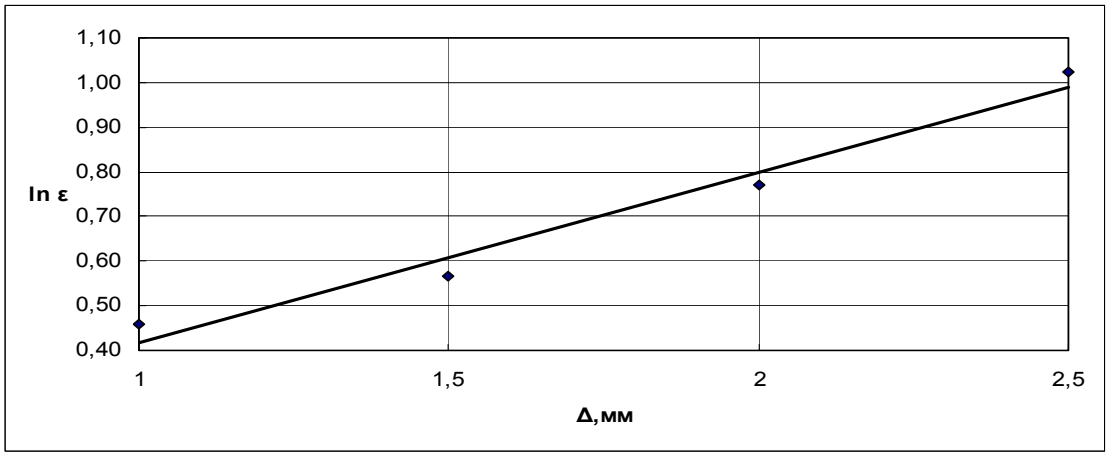

Рисунок 3- Залежність екрануючої здатності від ширини розсіювальної щілини (точки – експеримент, пряма - апроксимація).

За отриманими експериментальними даними можна визначити інтегральну поглинаючу здатність повітря $K_п$ та води $K_в$, а також інтегральну відбиваючу здатність на межі повітря-вода V, які входять які входять у рівняння для визначення коефіцієнта радіальної водяної завіси отримане в роботі [6]:

$$\varepsilon = \frac{1}{(1-V)^2} e^{\frac{(K_B - K_П)\cdot r_щ}{\sin\theta} \cdot \frac{\delta_щ}{z_{дж}} \cdot \frac{\upsilon_0}{\upsilon}} \qquad (2)$$

Прологарифмувавши співвідношення (2) отримаємо:

$$\ln\varepsilon(\theta) = \ln\frac{1}{(1-V)^2} + \frac{(K_B - K_П)\cdot r_щ}{\sin\theta \cdot z_{дж}} \cdot \frac{\upsilon_0}{\upsilon} \cdot \delta_щ \qquad (3)$$

Звідки слідує, що залежність $\ln\varepsilon(\theta) = f(\delta_щ)$ описується лінійною залежністю виду:

$$\ln\varepsilon(\theta) = a + b \cdot \delta_щ \qquad (4)$$

де $a = \ln\frac{1}{(1-V)^2}$, $b = \frac{(K_B - K_П)\cdot r_щ}{\sin\theta \cdot z_{дж}} \cdot \frac{\upsilon_0}{\upsilon}$.

Параметри a та b в рівнянні (4) були визначені за результатами проведених експериментальних досліджень:

$$a = 0{,}0389,\ b = 0{,}38.$$

Отже, величини V та $(K_B - K_П)$ для екранування осередку пожежі від дизельного палива водяною завісою:

$$V = 1 - \frac{1}{\sqrt{e^a}} = 1 - \frac{1}{\sqrt{e^{0{,}0389}}} = 0{,}0193 \qquad (5)$$

$$(K_B - K_П) = \frac{b \cdot \sin\theta \cdot z_{дж}}{R_щ} \cdot \frac{\upsilon}{\upsilon_0} = \frac{0{,}38 \cdot \sin 20 \cdot 1}{0{,}04} \cdot \frac{\upsilon_0 \pm \Delta\vartheta}{\upsilon_0} \qquad (6)$$

Величина зміни швидкості $\Delta\vartheta$ залежить від кута між напрямом швидкості витікання води зі щілини та напрямом сили тяжіння. Очевидно, що максимальна зміна швидкості буде відбуватися для струменя води, який рухається в вертикальному напрямі. Оцінимо на скільки максимально зміниться швидкість рідини на відстані r, що складає кут $\theta_c = 20^\circ$.

Згідно закону збереження енергії для елементу водяної завіси масою m можна записати, що:

$$\Delta\vartheta = \sqrt{2g(r - r_щ)} = \sqrt{2g(z_{дж} \cdot tg\theta_c - r_щ)} = \sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot (0{,}8 \cdot tg20 - 0{,}04)} \qquad (7)$$

де $\Delta\upsilon$ – зміна вертикальної складової швидкості води у водяній завісі, $g = 9{,}81 м/с^2$ - прискорення вільного падіння.

Як слідує з (7) зміна швидкості $\Delta\vartheta$ на заданій відстані рівна $\Delta\vartheta = 2{,}22(м/с)$, що складає в межах $(0{,}05 \div 0{,}15)\upsilon_0$ (табл.1). Тому зміною швидкості в радіальному напрямку можна знехтувати:

$$\frac{\upsilon_0 \pm \Delta\vartheta}{\upsilon_0} \approx 1 \qquad (8)$$

Враховуючи (8) отримаємо:

$$(K_B - K_П) \approx \frac{0{,}38 \cdot \sin 20 \cdot 1}{0{,}04} = 3{,}248 \qquad (9)$$

Підставивши отримані значення (5) і (9) в (2) отримаємо вираз для визначення коефіцієнта екранування від теплового випромінювання радіальною водяною завісою при використанні в якості продукту згорання дизельного палива:

$$\varepsilon = \frac{1}{(1-0{,}0193)^2} e^{3{,}248 \frac{\delta_{щ} \cdot r_{щ}}{\sin\theta \cdot z_{дж}} \cdot \frac{\upsilon_0}{\upsilon}} \qquad (10)$$

Очевидно, якщо в якості джерела теплового випромінювання буде використовуватись речовина з відмінною від використаної в даних експериментах теплотворною здатністю, то зміниться й величина числових значень у виразах (5) та (9).

Висновки:

Проведені експериментальні дослідження дали змогу:

- визначити коефіцієнт екранування теплового випромінювання радіальною водяною завісою в залежності від товщини розсіювальної щілини;
- підтвердити адекватність математичної моделі по визначенню коефіцієнта екранування теплового випромінювання радіальним водяним екраном;
- отримати кінцеву математичну залежність по визначенню коефіцієнта екранування теплового випромінювання радіальною водяною завісою.

Відповідно до отриманих результатів подальші дослідження повинні бути спрямованні на визначення параметрів та характеристик пожежогасіння, які покращаться в результаті використання радіального водяного екрана зі змінними фізичними характеристиками.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Михеев М.А. Основы теплопередачи: изд. 2-е / М. Михеев, И Михеева. – М.: «Энергия»., 1977. – 344 с.
2. Теплопередача при пожаре. Под ред. П. Блэкшера. - М.: Стройиздат, 1981. – 64 с.
3. Основы пожарной теплофизики / [Башкирцев М.П., Бубырь Н.Ф., Минаев Н.А., Ончуков Д.Н]. – М.: Стройиздат., 1984. – 200 с.
4. Виноградов А.Г. Конвективний теплообмін розпиленої води з повітрям / А.Г. Виноградов // Пожежна безпека: теорія і практика . – 2008. – №1. – С. 26-32.
5. Виноградов А.Г. Аналіз процесу екранування теплового випромінювання водяною завісою / А.Г. Виноградов // Пожежна безпека: теорія і практика. – 2008. – №1. – С. 20-25.
6. Лазаренко О.В. Математичне моделювання процесу екранування / О.В. Лазаренко, В.І. Желяк // Пожежна безпека. – 2011. – № 18. – С. 86-91.
7. Лазаренко О.В. Дослідження гідравлічних параметрів ствола для одночасної подачі суцільного та розпиленого струменя / О.В. Лазаренко, В.І. Желяк // Пожежна безпека. – 2010. – № 17. – С. 108-113.
8. Simo Hostikka Numerical modeling of radiative heat transfer in water sprays / Simo Hostikka, Kevin McGrattan // Fire Safety Journal. – 2006. – № 46. – С. 76-86.
9. K. Hald Thermal shielding by impinging water sprays curtains / K. Hald, J.M. Buchlin // In Proceedings of Eurotherm 73 on Computational Thermal Radiation in Participating Media, Mons. – 2003. – pages 379–387.