

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДИК РОЗРАХУНКУ ЗАХИСНИХ ВОДЯНИХ ЗАВІС

*Виконано порівняльні розрахунки коефіцієнту пропускання теплового випромінювання для типової захисної водяної завіси за двома методиками: традиційною і новою, розробленою автором на основі математичної моделі. За допомогою нової розрахункової методики визначено конструктивні параметри та режими технологічного обладнання, які дозволяють при тих самих витратах води отримати зниження інтенсивності теплового випромінювання у декілька разів. Отримані результати свідчать про необхідність перегляду методів проектування захисних водяних завіс і впровадження нових розрахункових методик.*

*Ключові слова:* захисна водяна завіса, теплове випромінювання, методика розрахунку.

**Вступ.** Одним із поширених засобів захисту людей і матеріальних цінностей від потужного теплового випромінювання є водяні завіси, тобто відповідним чином розташовані струмені розпиленої води (СРВ) [1–4]. Інтенсивність теплового випромінювання  $I_1$  від деякого джерела (наприклад, осередку пожежі) після проходження через СРВ зменшується до певної величини  $I_2$  (рис. 1). Основним параметром водяної завіси, який характеризує її здатність екранувати теплове випромінювання, є коефіцієнт пропускання:

$$H = \frac{I_2}{I_1}. \quad (1)$$

Аналіз літературних джерел свідчить про те, що на даний час відсутні стандартні методики розрахунків захисних водяних завіс, у яких була б врахована їхня здатність екранувати теплове випромінювання. На практиці для розрахунків водяних завіс застосовується методика, розроблена на основі навчально-методичного посібника [5], в якій розпилена вода розглядається не як засіб захисту від теплового випромінювання, а як вогнегасний засіб. Основним кінцевим параметром, який забезпечується в результаті такого проектування, є інтенсивність зрошення водою поверхні, на яку спрямований СРВ. Відповідно до цієї розрахункової методики, не має значення, в якому вигляді виливається вода, тому що такий параметр, як розмір крапель, у цій методиці не представлений. Також у ній не розглядається теплове випромінювання, а отже, не визначаються й зазначені вище параметри  $H$ ,  $I_1$ ,  $I_2$ . Прикладом такого

розрахунку є методика, рекомендована в роботі [6] для проектування дренажних завіс з використанням зрошувачів марки «ЗВН» виробництва ЗАТ ВО «Спецавтоматика» (Росія).

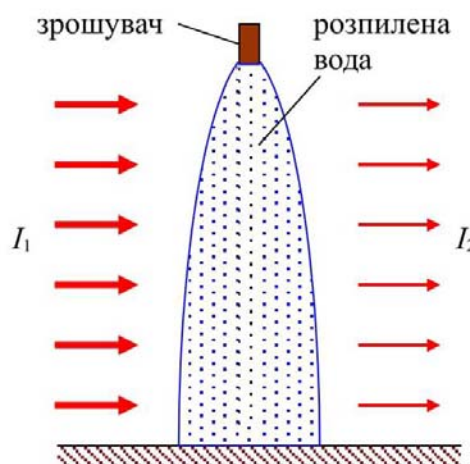


Рис. 1. Водяна завіса

Такий підхід до розрахунків властивостей водяних завіс суперечить їхньому призначенню. Водяна завіса – це захисний засіб, і вона не призначена для гасіння пожежі. Тому в основу розрахунків захисних властивостей водяної завіси повинні бути покладені розрахунки ослаблення теплового випромінювання. Саме таку функцію виконують водяні завіси в гарячих цехах металургійних і машинобудівних підприємств [7–9]. Ця ж функція є для них основною і при виникненні пожежі, що підтверджується прикладами, описаними в літературних джерелах (див, наприклад, [1–4]).

Альтернативою до методик [5, 6] може бути математична модель, розроблена з метою теоретичного аналізу процесу екранування теплового випромінювання водяними завісами [10]. На основі цієї моделі розроблено методику розрахунку захисної водяної завіси. Зокрема, розрахунок її коефіцієнта пропускання теплового випромінювання може бути виконаний за формулою:

$$H = \exp \left[ -1,4 \cdot (1 - \eta) \cdot \frac{l_{eq}}{D_{eq}} \right], \quad (2)$$

де  $D_{eq}$  – еквівалентний діаметр крапель водяної завіси;  $\eta$  – коефіцієнт пропускання окремої краплі діаметром  $D_{eq}$ ;  $l_{eq}$  – товщина еквівалентного шару води. Кожна з трьох величин у правій частині співвідношення (2) є складною функцією від ряду технічних і фізичних параметрів, що впливають на результат розрахунку величини  $H$ . В роботі [10] визначено методики розрахунків кожної з цих величин та залежності коефіцієнту пропускання  $H$  від основних параметрів захисної системи і режиму її роботи.

Представлені в роботі [10] наукові основи екранування потужних теплових випромінювань за допомогою СРВ спрямовані до певної практичної мети: одержати просту й надійну методику для теоретичного аналізу екрануючих властивостей дисперсних водяних завіс і для конструкторських розрахунків відповідних захисних систем, призначених для застосування на виробництвах з високим термічним впливом. Дотепер такі розрахункові методики не були створені, оскільки для них була відсутня необхідна теоретична база. Математична модель, представлена в роботі [10], відкриває нові можливості для розробки таких методик. Але в цьому випадку виникає закономірне питання: наскільки запропонована методика розрахунків водяних завіс є кращою в порівнянні з тією розрахунковою методикою, яка використовувалася раніше? Іншими словами: якщо порівняти дві водяні завіси, одна з яких розрахована за допомогою нової методики, а друга – за допомогою старої, те наскільки суттєво коефіцієнт пропускання теплового випромінювання першої завіси є меншим, ніж другої?

#### Мета роботи

Метою даної роботи є практичне застосування на конкретному прикладі розробленої математичної моделі захисної водяної завіси і виконання порівняльних розрахунків її коефіцієнту пропускання за двома методиками: традиційною, наведеною в роботі [6], і новою, розробленою на основі математичної моделі [10].

**Основна частина.** Для досягнення поставленої мети спочатку розглянемо приклад розрахунків за традиційною методикою, опублікований у роботі [6]. Відповідний фрагмент цієї роботи представлено повністю, без скорочень. Позначення у формулах відповідають оригінальному документу.

Порядок проектування дренажних завіс із використанням зрошувачів марки «ЗВН» виробництва ЗАТ ВО «Спецавтоматика».

Даний документ носить рекомендаційний характер і визначає послідовність розрахунків необхідної кількості зрошувачів марки «ЗВН» і відстаней між ними для захисту прорізів висотою до 2,5 м і будь-якої довжини відповідно до головної вимоги НПБ 88-2001 (п. 4.24.), що стосується завіс: «Відстань між зрошувачами дренажних завіс слід визначати з розрахунку витрати води або розчину піноутворювача 1,0 л/с на 1 м ширини прорізу».

*Порядок проектування:*

1. Вибрати тип зрошувача «ЗВН» («3», «5» або «8»), беручи до уваги коефіцієнт продуктивності зрошувача й ширину прорізу, що захищається:

- до 2 м – будь-який тип;
- від 2 м до 4 м – «ЗВН-5» або «ЗВН-8»;
- понад 4 м – «ЗВН-8».

2. По таблиці технічних характеристик на конкретний зрошувач (далі за текстом – «таблиця») прийняти рівень тиску  $P$  (вільного напору) перед диктуючим зрошувачем.

3. З таблиці для зрошувача вибрати ширину  $B$  (м) завіси при тиску  $P$  і висоті установки  $H$  (2 м або 2,5 м).

4. Визначити розрахунок витрати води через диктуючий зрошувач за формулою:

$$Q = 10 \cdot K \cdot \sqrt{P}$$

де  $Q$  – витрата, л/с;  $K$  – коефіцієнт продуктивності;  $P$  – прийнятий в п. 2 тиск, МПа.

5. Для зрошувача вибрати з таблиці значення інтенсивності  $J$  (середньої питомої витрати) на 1 м ширини завіси (враховуючи  $P$  і  $H$ ), або визначити інтенсивність за формулою:

$$J = Q / B, \text{ (л/м*с)}.$$

6. Визначити, виходячи з вимоги «1,0 л/с на 1 м ширини прорізу», необхідну мінімальну кількість зрошувачів  $n$  для захисту лівої й правої сторін прорізу за формулою:  $n = 1 / J$ , (шт.).

*Примітки.*

1. Отримане значення необхідно округлити в більшу сторону до найближчого цілого числа.

2. При ширині прорізу менш 4 м для зрошувачів «ЗВН-8» на даному етапі відразу ухвалюється кількість  $n + 1$  за значення  $N$  (див. нижче п. 9), а відстань (крок) між зрошувачами, враховується з умови розташування всіх зрошувачів над прорізом.

7. Прийняти відстань  $l_{кр}$  (м) від краю прорізу до першого зрошувача, дотримуючи умови перекриття завісою кута прорізу (тобто, враховуючи кут розпилу зі зрошувача при тиску  $P$ ) і при висоті установки зрошувачів щодо верхнього краю прорізу  $h$  (м):

– при  $h = 0$  (зрошувачі на рівні верхнього краю прорізу) прийняти  $l_{кр} = 0$ ;

– при  $h = 0,25$  м –  $l_{кр} = 0,35$  м ( для «ЗВН-3» –  $l_{кр} = 0,1$  м);

– при  $h = 0,5$  м –  $l_{кр} = 0,7$  м ( для «ЗВН-3» –  $l_{кр} = 0,2$  м).

*Примітка.* Для прорізів шириною менш 3 м рекомендується приймати  $l_{кр} = 0$ .

8. Визначити максимальну відстань (крок)  $l$  між зрошувачами  $n$  (див. п. 6) за формулою (позначення величин – див. вище):

$$l = \frac{0,5 \cdot B - l_{кр}}{n - 1}, \text{ (м)}.$$

9. Визначити максимальну кількість зрошувачів  $N$  (шт.) по довжині прорізу  $L$  (м) за формулою:

$$N = \frac{L - l_{кр}}{l}.$$

*Примітка.* Отримане значення необхідно округлити в більшу сторону до найближчого цілого числа.

10. Скоригувати значення  $l_{кр}$  (праворуч і ліворуч), щоб вони були рівні, а зрошувачі симетрично, щодо центру прорізу, розставлені на відстані  $l$ .

11. Уточнити кількість зрошувачів  $N$ . Якщо значення  $h$  прийнято від 0,25 м до

0,5 м, а кількість зрошувачів  $N > 2n+3$ , то допускається середні зрошувачі встановлювати через один із кроком  $2l$ .

*Приклад розрахунку дренажної секції-завіси*

Потрібно визначити кількість зрошувачів і розрахувати відстані між ними для захисту прорізу висотою 2 м і шириною 10 м.

1. Вибираємо зрошувачі «ЗВН-8» з коефіцієнтом продуктивності  $K = 0,19$ .

2. Приймаємо по таблиці характеристик зрошувача  $P = 0,4$  МПа.

3. Зрошувачі будемо встановлювати на висоті 2,5 м над рівнем підлоги. Ширина завіси одного зрошувача  $B$  становить 7 м.

4. Витрату води через диктуючий зрошувач обчислимо за формулою. Одержимо  $Q = 1,2$  л/с.

5. Розрахуємо значення інтенсивності за формулою. Одержимо  $J = 0,17$  л/м\*с.

6. Визначимо мінімальну кількість зрошувачів  $n$  для захисту правої й лівої сторін прорізу. Округливши результат до найближчого більшого цілого одержимо  $n = 6$  шт.

7. Висота установки зрошувачів над прорізом  $h = 0,5$  м, отже прийємо  $l_{кр} = 0,7$  м.

8. Визначимо крок установки зрошувачів по краях прорізу – одержимо  $l = 0,56$  м.

9. Визначимо кількість зрошувачів по ширині прорізу. Знову округливши, одержимо  $N = 17$  шт.

10. Скоригуємо відстані до крайніх зрошувачів щодо прорізу. Одержимо відстані

$$l_{кр} = 1/2 \cdot (10\text{м} - 16l) = 0,5\text{ м}.$$

11. Уточнимо кількість зрошувачів  $N$ . У нашому випадку виконується умова  $N > 2n+3$ , тому зі схеми установки слід забрати 3 зрошувача, а 2 встановити через відстань  $2l = 1,1$  м.

Результат розв'язку графічно представлений на рис. 2. Як видно з рисунку, будь-яка ділянка прорізу перебуває під дією не менш, як 6 зрошувачів, (тобто мінімальної кількості зрошувачів, рівної  $n$ , для якої розрахована сукупна інтенсивність  $J$  не менша, як 1 л/м\*с (див. п. 6)).

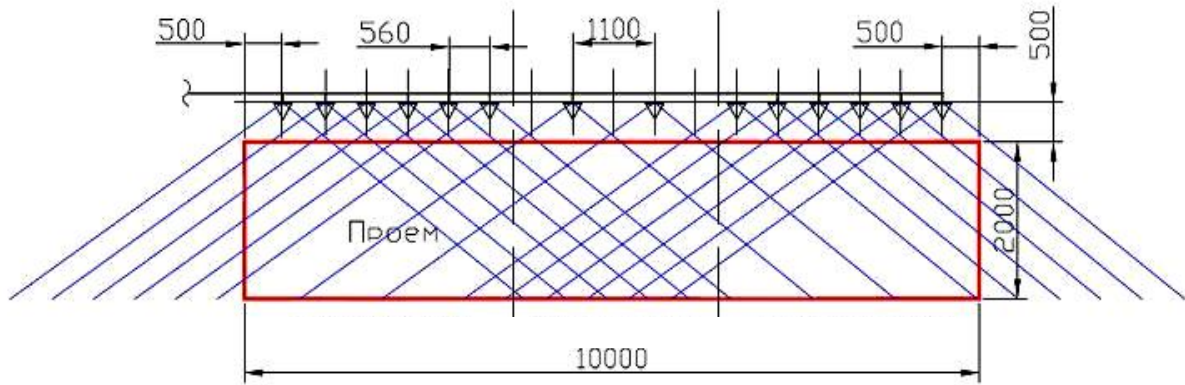


Рис. 2. Результат розрахунків [6]

Головним недоліком представленої вище традиційної методики розрахунків є принцип, покладений в основу даної методики: «Відстань між зрошувачами дренчерних завіс слід визначати з розрахунку витрати води або розчину піноутворювача 1,0 л/с на 1 м ширини прорізу». Цей норматив із НПБ 88-2001 нічим не обґрунтований і жодним чином не пов'язаний із процесом екранування теплового випромінювання водяною завісою. Виходячи з нього, вода в даній кількості може бути вилита в проріз у будь-якому вигляді, в тому числі у вигляді крапель будь-якого розміру. Це відразу вказує на помилковість даної методики, оскільки з експериментальних даних [10] відомо, що при заданій витраті води дрібнодисперсний СРВ має кращі екрануючі властивості, ніж крупнодисперсний. З усією очевидністю помилковим є також

примітивний розрахунок взаємного накладення струменів від різних зрошувачів без урахування їх взаємодії й викривлення траєкторій крапель.

Щоб досягти поставленої мети даної роботи, розглянутий приклад дренчерної секції-завіси з тими ж параметрами був розрахований за новою методикою, представленою в [10]. У якості вихідних даних для розрахунків були задані паспортні параметри зрошувача ЗВН-8 і конструктивні параметри, отримані в [6]. Зокрема, довжина прорізу, що захищається,  $Z_c = 10$  м, висота прорізу 2 м, висота розміщення зрошувачів 2,5 м. Виходячи із цих розмірів, робоча висота (відстань від зрошувачів)  $x = 1,5$  м. У якості джерела теплового випромінювання прийнято абсолютно чорне тіло (АЧТ) з температурою  $T_f = 1200$  К.

Результати виконаних розрахунків представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результат розрахунків параметрів водяної завіси, представленої в [6]

$d_0$ , мм	$\varphi$ , рад	$K$ , $\frac{m^3}{(c \cdot \sqrt{Pa})}$	$N$	$\Delta z$ , м	$\mu_f$	$p$ , бар	$D_{eq}$ , мм	$\eta$	$u_0$ , м/с	$l_{eq}$ , мм	$Q$ , л/с	$H$
8	2,5	$1,9 \cdot 10^{-6}$	14	0,71	0,85	4	0,44	0,14	24	0,23	16,8	0,53

Застосовано наступні позначення величин:

- $p$  – тиск води у зрошувачі;
- $d_0$  – діаметр вихідного отвору зрошувача;
- $\mu_f$  – коефіцієнт витрат води зрошувача;
- $\varphi$  – кут розкриття віялового СРВ;
- $C$  – коефіцієнт дисперсності СРВ;
- $u_0$  – початкова швидкість крапель СРВ;

$\Delta z$  – відстань між зрошувачами;

$x$  – відстань від лінійки зрошувачів до робочої ділянки СРВ.

Даний розрахунок виконано у програмі MathCAD. Відповідна роздрукована представлена нижче (усі величини в одиницях СІ).

$$\rho_a := 1.2 \quad \rho_w := 10^3 \quad \sigma_w := 0.073 \quad C := 2.5 \quad \sigma := 0.5$$

$$d_0 := 8 \cdot 10^{-3} \quad \phi := 2.5 \quad K := 1.9 \cdot 10^{-6} \quad p := 4 \cdot 10^5 \quad Z := 10$$

$$T := 1200 \quad x := 1.5 \quad N := 14 \quad \Delta z := \frac{Z}{N} \quad \Delta z = 0.7143$$

$$\mu := K \cdot \sqrt{\frac{\rho_w}{2}} \cdot \frac{4}{\pi \cdot d_0^2} \quad \mu = 0.8452$$

$$D := C \cdot \left(\frac{\sigma_w}{2}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{d_0}{\mu}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot p^{\frac{-1}{3}} \cdot e^{\frac{-\sigma^2}{2}} \quad D = 4.4444 \times 10^{-4}$$

$$a(T) := 1.25 \cdot 10^{-35} \cdot (T - 207.6)^{11.02}$$

$$b(T) := -2.329 + 1.6362 \cdot 10^{-3} \cdot T + 1.0519 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 - 1.386 \cdot 10^{-9} \cdot T^3 + 5 \cdot 10^{-13} \cdot T^4 - 0.651 \cdot 10^{-16} \cdot T^5$$

$$c(T) := -9.59 \times 10^{-5} \cdot 10^{0.002495 \cdot T}$$

$$a(T) = 0.0132 \quad b(T) = -0.371 \quad c(T) = -0.0946$$

$$\eta := a(T) \cdot D^{b(T)} + c(T) \quad \eta = 0.1367$$

$$u_0 := \mu \cdot \sqrt{\frac{2p}{\rho_w}} \quad u_0 = 23.9064$$

$$l_{eq} := \frac{0.41 \cdot \rho_a \cdot x}{\rho_w \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{4 \cdot 0.42 \cdot \rho_a \cdot \Delta z \cdot x \cdot \sin\left(\frac{\phi}{2}\right)}{\rho_w \cdot \phi \cdot d_0^2}} - 1 + \frac{4 \cdot 300 \cdot D \cdot \rho_a \cdot \Delta z \cdot x}{\rho_w \cdot u_0 \cdot d_0^2} \right)} \quad l_{eq} = 2.3321 \times 10^{-4}$$

$$Q_{noz} := K \cdot \sqrt{p} \quad Q_{noz} = 1.2017 \times 10^{-3}$$

$$Q := N \cdot Q_{noz} \quad Q = 0.0168$$

$$H := e^{-1.4 \cdot (1-\eta) \cdot \frac{l_{eq}}{D}} \quad H = 0.5304$$

Таким чином, дана водяна завіса має коефіцієнт пропускання 0,53, тобто інтенсивність випромінювання послаблюється менш, ніж в 2 рази. Очевидно, що в більшості випадків така якість екранування є недостатньою.

Щоб поліпшити екрануючі властивості завіси (зменшити  $H$ ) при тій самій витраті

води, ми можемо замінити зрошувачі ЗВН-8 на зрошувачі ЗВН-3, зменшивши середній діаметр крапель СРВ. При цьому загальна витрата води буде визначатися кількістю зрошувачів і тиском води. Прийемо тиск води  $p = 8$  бар, що є звичайною величиною для таких систем. Результат розрахунків представлено в табл. 2.

Таблиця 2 – Розрахунки параметрів водяної завіси із застосуванням зрошувачів ЗВН-3

$d_0$ , мм	$\phi$ , рад	$K$ , $\frac{m^3}{(c \cdot \sqrt{Па})}$	$N$	$\Delta z$ , м	$\mu_j$	$p$ , бар	$D_{eq}$ , мм	$\eta$	$u_0$ , м/с	$l_{eq}$ , мм	$Q$ , л/с	$H$
3	2,5	$2,3 \cdot 10^{-7}$	82	0,12	0,73	8	0,2	0,21	29	0,23	16,8	0,29

Коефіцієнт пропускання зменшився майже вдвічі, але суттєво зросла кількість зрошувачів. Однак зрошувачі можна замінити отворами спеціальної геометрії в товстостінній трубі. У цьому випадку

вартість усієї системи не буде суттєво залежати від їхньої кількості.

Якщо зменшити діаметр вихідного отвору зрошувачів ще в 2 рази, одержимо більш високі параметри теплового екранування (див. табл. 3).

Таблиця 3 – Розрахунки параметрів водяної завіси для зрошувачів з  $d_0 = 1,5$  мм

$d_0$ , мм	$\varphi$ , рад	$K$ , $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \sqrt{\text{Па}})$	$N$	$\Delta z$ , м	$\mu_j$	$p$ , бар	$D_{eq}$ , мм	$\eta$	$u_0$ , м/с	$l_{eq}$ , мм	$Q$ , л/с	$H$
1,5	2,5	$5,5 \cdot 10^{-8}$	340	0,03	0,7	8	0,13	0,27	28	0,24	16,8	0,16

Отже, застосування нової методики розрахунків дозволило не лише визначити коефіцієнт пропускання водяної завіси із певними конструктивними параметрами, але й запропонувати метод суттєвого поліпшення її екрануючих властивостей. У старій розрахунковій методиці такої можливості немає.

**Висновки.** Традиційна методика розрахунку захисних водяних завіс не дозволяє визначити їх коефіцієнт пропускання теплового випромінювання і отримати оптимальні характеристики щодо теплового екранування. Ця методика не призначена для розрахунків, пов'язаних із тепловим випромінюванням, а тому її застосування до систем захисту від теплового випромінювання є недоцільним.

У даній роботі виконано порівняльні розрахунки коефіцієнту пропускання теплового випромінювання для типової захисної водяної завіси за двома методиками: традиційною і новою, розробленою на основі математичної моделі. Результати розрахунків довели суттєву перевагу нової розрахункової методики над традиційною. За допомогою нової розрахункової методики визначено конструктивні параметри та режими технологічного обладнання, які дозволяють при тих самих витратах води отримати покращення параметрів теплового екранування у декілька разів. Отримані результати свідчать про необхідність перегляду методів проектування захисних водяних завіс і впровадження нових розрахункових методик.

### Список літератури

1. Buchlin J.-M. **Thermal shielding by water spray curtain** / J.-M. Buchlin // *J. Loss Prev. Process Industries*. – 2005. – V. 18, No. 4-6. – P. 423–432.
2. Parent G. Radiative shielding effect due to different water sprays used in a real scale application / G. Parent, R. Morlon et al // *International Journal of Thermal Sciences*. – 2016. – V. 105. – P. 174–181.
3. Santangelo P.E. Fire control and suppression by water-mist systems / P.E. Santangelo, P. Tartarini // *Open Thermodyn. J.* – 2010. – V. 4. – P. 167-184.

4. Собошанський Д.І. Водяні завіси в системах забезпечення протипожежного захисту об'єктів різного призначення / Д.І. Собошанський, Г.О. Анохін, Л.А. Склизкова // *Науковий вісник УкрНДІПБ*. – 2010. – № 2 (22). – С. 148-153.

5. Мешман Л.М. Проектирование водяных и пенных автоматических установок пожаротушения / Л.М. Мешман, С.Г. Цариченко и др.; под ред. Н.П. Копылова. – М.: ВНИИПО МЧС РФ, 2002. – 413 с.

6. Порядок проектирования дренчерных завес с использованием оросителей марки «ЗВН» производства ЗАО «ПО «Спецавтоматика» [Электронный ресурс] / Информационный портал Орбита-Союз / Пожаротушение / Дренчерные завесы. – 2009. – Режим доступа: <http://os-info.ru/pojarotuschenie/drenchernye-zavesy.html> – Название с экрана.

7. Бринза В.Н. Охрана труда в черной металлургии / В.Н. Бринза, М.М. Зиньковский. – М.: Металлургия, 1982. – 336 с.

8. Глиняна Н.М. Охорона праці у ливарному виробництві: курс лекцій / Н.М. Глиняна. – Краматорськ: ДДМА, 2009. – 184 с.

9. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: Підручник / В.Ц. Жидецький. – Львів: УАД, 2008. – 336 с.

10. Виноградов А.Г. Взаимосвязь параметров противопожарных водяных завес с эффективностью экранирования теплового излучения / А.Г. Виноградов., О.М. Яхно, В.А. Дунюшкин // *Науковий вісник УкрНДІПБ*. – 2015. – № 1 (31). – с. 36-45.

### References

1. Buchlin J.-M. (2005), "Thermal shielding by water spray curtain", *J. Loss Prev. Process Industries*, V. 18, No. 4-6, pp. 423–432.
2. Parent G., Morlon R. et al (2016), "Radiative shielding effect due to different water sprays used in a real scale application", *International Journal of Thermal Sciences*, V. 105, pp. 174–181.
3. Santangelo P.E., Tartarini P. (2010), "Fire control and suppression by water-mist systems", *Open Thermodyn. J.*, V. 4, pp. 167-184.
4. Sobeshans'kyj D.I., Anohin G.O., Sklyzkova L.A. (2010), "Water curtains in systems of providing of fire protection of objects of different purpose" ["Vodjani zavisy v systemah zabezpechennja protypozhezhnogo zahystu ob'ektiv riznogo pryznachennja"], *Naukovyj visnyk UkrNDIPB*, No 2 (22), pp. 148-153 (in Ukrainian).
5. Meshman L.M., Carichenko S.G., Bylinkin V.A., Aleshin V.V., Gubin R.Ju. (2002), "Designing of water and foam automated firefighting systems" ["Proektirovanie vodjanyh i pennyh avtomaticheskikh ustanovok pozharotushenija"], Pod red. N. P. Kopylova, *Moscow, VNIIPPO*, 413 p. (in Russian).
6. "The procedure for the design of deluge curtains with the use of sprinklers brand "ZVN" produced by CJSC PO «Spetsavtomatika»" ["Porjadok proektirovanija

drenchernyh zaves s ispol'zovaniem orositelej marki «ZVN» proizvodstva ZAO PO «Specavtomatika»], (2009), *Informacionnyj portal Orbita-Sojuz / Pozharotusheniye / Drenchernyje zavesy*, available at: <http://os-info.ru/pozharotuschenie/drenchernye-zavesy.html> (in Russian)

7. Brinza V.N., Zinkovsky M.M. (1982), "Labor protection in ferrous metallurgy" ["Ohrana truda v chernoj metallurgii"], M.: *Metallurgyja*, 336 p. (in Russian).

8. Glynjana N.M. (2009), "Occupational safety in the foundry production: course of lectures" ["Ohorona praci u lyvaromomu vyrobnyctvi: kurs lekcij"], *Kramators'k: DDMA*, 184 p. (in Ukrainian).

9. Zhydec'kyj V.C. (2008), "Basics of Occupational Safety: Textbook" ["Osnovy ohorony praci: Pidruchnyk"], *L'viv: UAD*, 336 p. (in Ukrainian).

10. Vinogradov A.G., Jahno O.M., Dunjushkin V.A. (2015), "Interrelation of the parameters of fire water curtains with the efficiency of shielding thermal radiation" ["Vzaimosvjaz' parametrov protivopozharnyh vodjanyh zaves s jeffektivnost'ju jekranirovanija teplovogo izluchenija"], *Naukovij visnik UkrNDIPB*, No 1 (31), pp. 36-45 (in Russian).

Надійшла до редакції 25.10.2017

Рецензент д-р. техн. наук, проф. В.К. Костенко.

**Виноградов Анатолий Григорович** – доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри фізики, Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького (бульв. Шевченка, 81, Черкаси, 18031, Україна)

E-mail: [vynogradov.ag@gmail.com](mailto:vynogradov.ag@gmail.com)

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА ЗАЩИТНОЙ ВОДЯНОЙ ЗАВЕСЫ

**Аннотация.** Выполнены сравнительные расчеты коэффициента пропускания теплового излучения типичной защитной водяной завесы по двум методикам: традиционной и новой, разработанной автором на основе математической модели. С помощью новой расчетной методики определены конструктивные параметры и режимы технологического оборудования, которые позволяют при тех же расходах воды получить снижение интенсивности теплового излучения в несколько раз. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости пересмотра методов проектирования защитных водяных завес и внедрение новых расчетных методик.

**Ключевые слова:** защитная водяная завеса, тепловое излучение, методика расчета.

**Виноградов Анатолий Григорьевич** – доктор технических наук, доцент, доцент кафедры физики, Черкасский национальный университет им. Б. Хмельницкого (ул. Шевченко, 81, Черкасы, 18031, Украина)

E-mail: [vynogradov.ag@gmail.com](mailto:vynogradov.ag@gmail.com)

### COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CALCULATION METHODS OF PROTECTIVE WATER CURTAIN

**Purpose.** This work represents further development of earlier received results of simulation of water curtains used for protection from thermal radiation. Subject of the theoretical analysis is the flat fan sprays which flow from the slot-hole sprinkler. The central objective of the study is to develop calculation method of one of the main parameters of this mathematical model. This is a parameter such as the transmittance of the water curtain discharged from a drencher system. Previously, there was no such mathematical model, and the calculation of the water curtain was similar to the calculation of fire fighting system (traditional method), which did not allow obtaining the optimal result.

**Approach.** Comparative calculations of the transmission coefficient of thermal radiation of a typical protective water curtain are carried out according to two methods: traditional and new, developed by the author on the basis of a mathematical model. With the help of the new design method, design parameters and modes of technological equipment are determined, which allow to reduce the intensity of thermal radiation by several times at the same water flow rates.

**Findings.** The obtained results testify to the need to revise the methods of designing protective water curtains and to introduce new calculation technique. This new calculation method can be used for designing of protective water curtains, and also for definition of optimum modes of their operation.

**Key words:** protective water curtain, thermal radiation, calculation technique.

**Vynogradov Anatolij** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Physics Department, The Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy (Shevchenko Boulevard, 81, Cherkasy, 18031, Ukraine)

E-mail: [vynogradov.ag@gmail.com](mailto:vynogradov.ag@gmail.com)