

УДК 614.841.45

НАТУРНІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКРАНУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ СУЦІЛЬНИХ ВОДЯНИХ ЗАВІС ВІД ПРОНИКНЕННЯ ПОТОКУ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ДИМУ

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.2.77-87>

Бенедюк В. С.*, ORCID iD 0000-0002-5109-5295
Онищук А. Є., ORCID iD 0000-0002-1829-126X
Тимошенко О. М., ORCID iD 0000-0001-7568-5030
Іллюченко П. О., ORCID iD 0000-0001-6687-6388
Коваленко В. В., ORCID iD 0000-0001-5780-5684
*E-mail: naanotek@ukr.net

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції:

02.10.2023

Пройшла рецензування:

12.10.2023

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

пожежа, протипожежний захист, суцільна, дренчерна та тонко розпилена водяна завіса, щільність теплового потоку випромінювання, оптична щільність диму, екранувальна здатність, технічні пристрої для створення водяних завіс.

АНОТАЦІЯ

Виконано аналітичні дослідження чинної української і зарубіжної нормативної документації та інших джерел доступної інформації щодо ефективності застосування водяних завіс із запобігання (зменшення) дії пожежі та її небезпечних факторів на людей, промислове обладнання, майно та конструкції будівель і споруд. Встановлено, що у чинних в Україні нормативних документах з питань застосування водяних завіс, що регламентують вимоги до необхідних параметрів завіс, немає вимог до показників їх екранувальної здатності від проникнення потоку теплового випромінювання та диму. Визначено інші проблемні питання та підтверджено актуальність подальших досліджень з їхнього вирішення. Попередньо проведено відповідні лабораторні розвідки з досліджень екранувальної здатності суцільних водяних завіс від проникнення потоку теплового випромінювання та диму, зокрема із застосуванням хімічних добавок до води, що покращують гідродинамічні характеристики водяного потоку. Розроблено та створено відповідне випробувальне обладнання для виконання натурних експериментальних досліджень з визначення показників екранування від проникнення потоку теплового випромінювання та диму крізь водяну завісу як суцільного водяного потоку, що спадає під тиском зі зливного пристрою зверху донизу. Проведено серію натурних експериментальних досліджень із захисту суцільною водяною завісою отвору у прорізі стіни будівельної конструкції від проникнення через нього потоку теплового випромінювання й диму. Наведено їхні результати, які використано під час розроблення Рекомендацій щодо застосування водяних завіс у системах протипожежного захисту в Україні. Надалі ці вказівки можуть застосовувати під час розроблення технічних вимог до систем для створення водяних завіс у складі нормативних та інших документів (ДСТУ, ДБН, технічних умов, конструкторської та проєктної документації тощо) для забезпечення пожежної безпеки на пожежонебезпечних об'єктах згідно з Правилами пожежної безпеки в Україні.

Постановка проблеми. У [1–2] розглянуто висвітлені у чинній в Україні нормативній документації та інших джерелах доступної інформації питання щодо запобігання (зменшення) дії небезпечних факторів пожежі на людей,

промислове обладнання, майно та конструкції будівель і споруд, зокрема за допомогою застосування водяних завіс. В аналітичних дослідженнях наведено отримані результати щодо ефективності водяних завіс з екранування від

негативних впливів потоків теплового випромінювання, диму та небезпечних газів як під час пожеж, так і під час локалізації та ліквідації інших газонебезпечних ситуацій та аварій. Окреслено актуальність і напрями, за якими планувалось проведення теоретичних та експериментальних розвідок із цього питання. Наведено матеріали отриманих результатів під час виконання лабораторних експериментальних досліджень водяних завіс щодо екранування від проникнення теплового випромінювання, диму та небезпечних газоподібних продуктів горіння, що утворюються у разі пожеж. Обґрунтовано актуальність та напрями, за якими необхідно провести, зокрема, натурні експериментальні дослідження із вказаного питання, а їх результати наведено у цій публікації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Чинні в Україні нормативні документи [3–5] регламентують вимоги до однієї із систем протипожежного захисту, а саме – водяних завіс, що призначені, зокрема, для запобігання поширенню полум'я і які можуть бути незалежними або доповнювати інші засоби протипожежного захисту. Стандарт [3] поширюється на зрошувачі для водяних завіс (окрім зрошувачів для тонко розпиленої води), призначених для розпилення води або водних розчинів з метою запобігання поширенню (блокуванню) пожежі всередині захищуваного приміщення, запобігання її поширенню через прорізи в огорожувальних конструкціях будинків і споруд та охолодження технологічного обладнання. Крім того, в ньому унормовано технічні вимоги до дренчерних водяних завіс для захисту від теплового випромінювання таких пожежонебезпечних об'єктів. Зокрема, це: посудини зі зрідженими горючими газами, що розташовані над землею; резервуари для зберігання горючих рідин під атмосферним тиском; будівельні конструкції – горизонтальні та вертикальні несучі сталеві елементи; вертикальні

поверхні будинків; кабельні проходки; трансформатори тощо. У стандарті [4] унормовано основні технічні вимоги до зрошувачів для водяних завіс. У ДБН [5], у частині забезпечення пожежної безпеки культурно-видовищних та дозвіллевих закладів, регламентуються вимоги до застосування систем водяного дренчерного пожежогасіння, зокрема для створення водяних завіс. У [6] висвітлено питання щодо застосування водних розчинів високомолекулярних полімерів для покращення гідродинамічних характеристик водяних завіс. У [7] наведено результати досліджень щодо екранувальної здатності розпилених водяних завіс для захисту сховищ рідкого палива, де стверджується, що досягнуто значення екранувальної здатності (50–75)%, та проводяться дослідження щодо підвищення цього показника вище 90%. У [8] наведено результати досліджень щодо екранувальної здатності суцільної водяної завіси від проникнення потужного теплового потоку як високотемпературного струменя горіння водню.

Таким чином, аналіз останніх наукових розвідок і публікацій із зазначеного питання показує, що роботи стосовно досліджень водяних завіс для застосування в системах протипожежного захисту на сьогодні тривають як в Україні, так і за кордоном, а зміст та результати підтверджують їхню актуальність.

Формулювання цілей дослідження. Метою статті є висвітлення отриманих в ІДУ НД ЦЗ результатів натурних експериментальних досліджень щодо ефективності екранування водяних завіс, зокрема суцільних водяних завіс як водяного потоку, що суцільно спадає під тиском зі зливного пристрою зверху донизу (далі – суцільна водяна завіса), від проникнення потоку теплового випромінювання та диму, що утворюється у разі пожежі.

Виклад основного матеріалу. Для проведення натурних експериментальних досліджень з визначення показника екранування від проникнення теплового

потоків випромінювання крізь суцільну водяну завісу на пожежно-виробувальному полігоні ІДУ НД ЦЗ створено випробувальний стенд на базі випробувального боксу ВБ-40 із прибудовою (далі – випробувальний бокс), загальний вигляд та внутрішні розміри якого та принципову схему випробувального стенда для натурних експериментальних досліджень з визначення показника екранування від проникнення теплового потоку випромінювання крізь суцільну водяну завісу наведено на рис. 1.

Випробувальний бокс поділений на два відсіки 1, 2 бетонною перегородкою з отвором 3 розмірами Д×В (2000×1300) мм, що захищається суцільною водяною завісою. На бетонній перегородці випробувального боксу над отвором 3 встановлено зливний пристрій для створення суцільної водяної завіси 4. Загальний вигляд зливного пристрою для створення суцільної водяної завіси 4 в роботі та розміри його поперечного перерізу наведено на рис. 2.

Окрім наведених розмірів, зливний пристрій створює суцільну водяну завісу довжиною 2000 мм та товщиною не менше 1 мм.

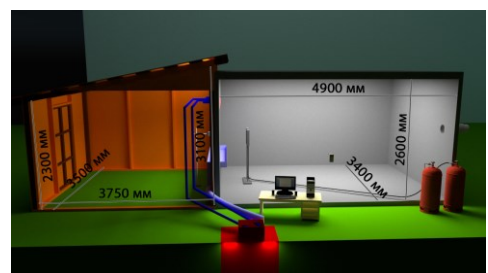
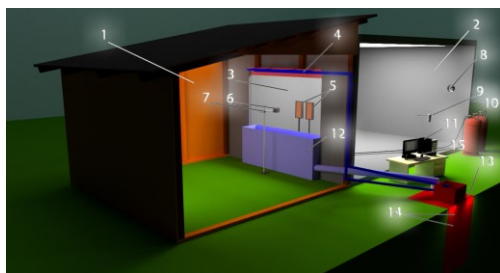
Для створення суцільної водяної завіси під час проведення натурних випробувань використовувався 0,06% водний розчин поліакриламід (далі – ПАА). Це високомолекулярна хімічна

сполука, що раніше (згідно з результатами лабораторних досліджень та наведена у [6] як протитурбулентна хімічна добавка до води) показала позитивний вплив на гідродинамічні характеристики водяної завіси, насамперед покращуючи суцільність та рівномірність спадаючого потоку.

ПАА – група полімерів на основі акриламідів та його похідних. Хімічна формула: $[-CH_2-CH(CONH_2)-] \times n$. Під час проведення натурних експериментальних досліджень застосовувався ПАА серії ECOFLOC марки AR-3 (виробництво – Китай).

Живильні трубопроводи зливного пристрою 4 для створення суцільної водяної завіси були підключені паралельно до двох водяних насосів Optima V1500-QG 14, що одночасно працюють. Витрату води (розчину ПАА) вимірювали за допомогою лічильника типу СТВ-80 DN80, тиск перед зливним пристроєм вимірювали за допомогою манометра цифрового типу CPG1500-ST-Z-S-BG416GDSZ-13-W (на схемі умовно не показані).

Водопостачання стенда здійснювалось за кільцевою схемою: вода (розчин ПАА) з підземного резервуару 13 ємністю 1,25 м³ за допомогою двох насосів 14 подавалась до зливного пристрою 4, а після цього самотією поверталась назад у підземний резервуар 1.



1, 2 – відсіки випробувального боксу; 3 – отвір захищеного прорізу; 4 – зливний пристрій для створення водяної завіси; 5 – газові панелі інфрачервоного випромінювання; 6 – датчик приймача теплового випромінювання; 7 – термопара; 8 – вентилятор осьовий; 9 – манометр диференційний; 10 – балони з пропан-бутаном; 11 – персональний комп'ютер (ноутбук); 12 – збірник для води; 13 – підземний резервуар для води; 14 – водяні насоси; 15 – комунікаційний модуль типу ADAM-4118

Рисунок 1 – Загальний вигляд та внутрішні розміри випробувального боксу і принципова схема випробувального стенда для натурних експериментальних досліджень з визначення показника екранування від проникнення теплового потоку випромінювання крізь суцільну водяну завісу

Джерело: розробка авторів



Рисунок 2 – Загальний вигляд зливного пристрою для створення суцільної водяної завіси в роботі та розміри його поперечного перерізу



Джерело: розробка авторів

Як джерело теплового потоку випромінювання використовували дві газові панелі інфрачервоного (далі – ІЧ) випромінювання 5 типу B24 2SX (виробництво Франції), вигляд яких наведено на рис. 3, загальною тепловою потужністю близько 30 кВт, розміщені у відсіку 2 випробувального боксу напроти середини прорізу 3 на відстані до площини водяної завіси (100 ± 5) мм та на висоті їхньої середини від підлоги (1000 ± 5) мм. Для роботи панелей ІЧ випромінювання використовувалась пропан-бутанова газова суміш із двох балонів 10 місткістю 40 л. Необхідний тиск та витрата газу для роботи панелей ІЧ випромінювання забезпечувались відповідними газовими редукторами. Для підпалювання газу та контролю безпечних режимів роботи використовувались відповідні пристрої, якими оснащені газові ІЧ панелі 5. Панелі 5 після виходу на робочий режим мали стабільні значення теплового потоку та температури.

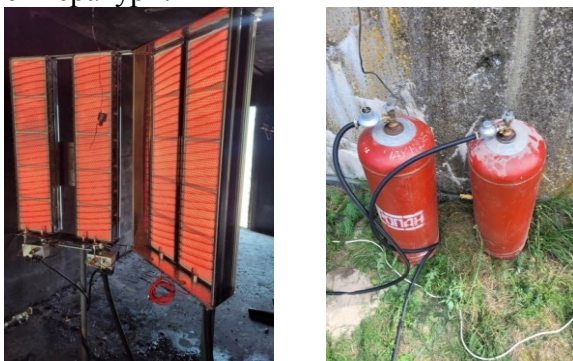


Рисунок 3 – Загальний вигляд газових панелей інфрачервоного випромінювання

У відсіку 1 випробувального боксу, напроти середини отвору 3, на відстані (100 ± 5) мм від площини водяної завіси та на висоті від підлоги (1000 ± 5) мм, встановлювали датчик приймача теплового випромінювання 6. Одну термопару (тип ТХА) 7 розміщено безпосередньо перед панеллю ІЧ випромінювання 5, другу – над датчиком приймача теплового випромінювання 6 (в одній вертикальній площині).

У відсіку 2 випробувального боксу, на задній стіні, встановлено осьовий вентилятор типу Binetti FDP-1258 із продуктивністю $284 \text{ м}^3/\text{год}$, що призначений для створення надлишкового тиску всередині відсіку 2 під час роботи водяної завіси.

Для вимірювання надлишкового тиску у відсіку 2 передбачено манометр диференційний 9 типу ОВЕН ПД200-ДД 0,007-155-0,1-2-Н.

Методи досліджень: під час проведення натурних експериментальних досліджень застосовувався метод прямого вимірювання величини щільності потоку теплового випромінювання без застосування та із застосуванням водяної завіси.

За результатами раніше проведених лабораторних досліджень щодо визначення коефіцієнта екранувальної здатності водяної завіси встановлено найбільш ефективну товщину водяної завіси та робочий тиск для її створення у співвідношенні витрати води на значення коефіцієнта екранувальної здатності.

Натурні експериментальні дослідження проводились за робочого тиску води перед зливним пристроєм завіси ($0,20 \pm 0,02$) бар, під час якого забезпечувалась витрата води (розчину ПАА) зі зливного пристрою не менше 5,3 л/с та товщина водяної завіси не менше 1 мм. Водночас витрата води на один погонний метр довжини завіси складала – 2,65 л/с×пог.м

Показник (коефіцієнт) екранування від проникнення потоку теплового випромінювання крізь водяну завісу

$H_{т.в.}$ (%) визначався за формулою (1):

$$H_{т.в.} = \frac{I_1 - I_2}{I_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де: I_1 – щільність теплового потоку, виміряна без застосування завіси, кВт/м²;

I_2 – щільність теплового потоку, виміряна за суцільною водяною завісою, кВт/м²

Засоби вимірювальної техніки (далі – ЗВТ), що використовувались під час проведення натурних експериментальних досліджень, надані в табл. 1.

Таблиця 1 – Засоби вимірювальної техніки, що використовувались під час проведення натурних експериментальних досліджень

Найменування ЗВТ	Діапазон вимірювань	Клас точності або похибка вимірювання
Гігрометр Testo 608 – H1	(від 0 до 50)°C; (від 2 до 98)%	$\Delta = \pm 0,5$ °C, $\Delta = \pm 3$ %
Барометр-анероїд М-67	від 600 до 800) мм рт.ст.	$\Delta = \pm 1$ мм рт. ст.
Рулетка Stanley	(від 0 до 60) м	2 клас точності
Секундомір СОС пр. 2Б-2-000	(від 0 до 60 та більше) с	2 клас точності; U = 2,26 с
Приймач теплового випромінювання РАП-12М.2	(від 0,001 до 20,000) кВт/м ² ; (від 0,001 до 75,000) кВт/м ²	$\Delta = \pm 6$ % $\Delta = \pm 3$ %
Лічильник води СТВ-80 DN80	(від 0 до 50) м ³ /год	U = 0,25%, $\Delta = \pm 1,69$ %
Цифровий манометр CPG1500	(від 0 до 1600) кПа	U = 0,34%, $\Delta = \pm 0,05$ %
Термоанемометр AR866A	(від 1 до 30) м/с	U = м/с, $\Delta = \pm 0,1$ м/с
Манометр диференційний ОВЕН ПД200-ДД 0,007-155-0,1-2-Н	(від 0 до 7,0) кПа	$\Delta = \pm 0,1$ %
Циліндр мірний 1-2000	(від 160 до 2000) см ³	$\Delta = \pm 20$ см ³
Модуль аналогового вводу сигналу ADAM-4018	4...20 мА, -20...+20 мА; J: 0...+750 °C, T: -100...+400°C, K: 0...+1200°C, R: +500...+1750°C, E: 0...+1000°C, S: +500...+1750°C, B: +500...+1800°C	$\Delta = \pm 0,2$ %
Датчик чистоти повітря PMS5003	(від 1 до 10) мкм	$\Delta = \pm 2,0$ %
Лабораторний блок живлення KPS3010D	(від 0 до 30) В, (від 0 до 10) А	$\Delta = \pm 1$ % $\Delta = \pm 1$ %

Хід та результати досліджень:
Газові панелі інфрачервоного випромінювання 5 та датчик приймача потоку теплового випромінювання 6 розміщували на мінімально безпечних відстанях щодо водяної завіси з метою забезпечення максимального значення теплового потоку, не допускаючи потрапляння на них крапель води від завіси. Вмикали газові панелі 5 та розігрівали їхні стільникові керамічні нагрівачі. Після видимого досягнення стабілізації значень щільності потоку

теплового випромінювання за показами приймача теплового випромінювання 6 та температури за показами термодатчиків 7 (на екрані комп'ютера) фіксували ці значення без вмикання водяної завіси. Потім вмикали водяну завісу та вентилятор 8 для створення надлишкового тиску у відсіку 2. Фіксували значення щільності потоку теплового випромінювання за водяною завісою, не змінюючи попередніх робочих параметрів стенда.

Дослідження проводились за трьома дослідними. На рис. 4 наведено графіки

зміни середньоарифметичних значень показників трьох послідовних дослідів: потоку теплового випромінювання (без та

з водяною завісою), температури перед і за завісою та надлишкового тиску у відсіку 2 (перед завісою) у часі.

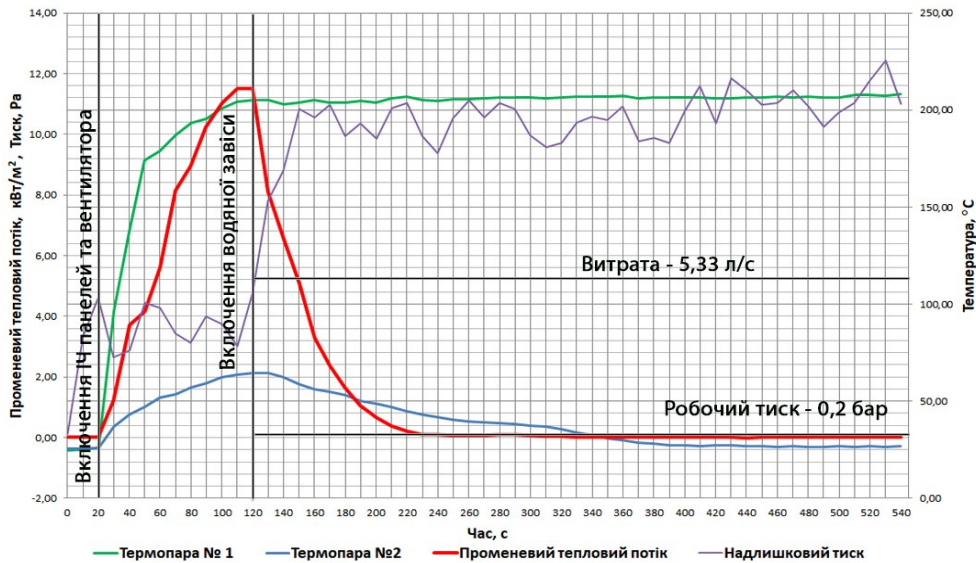


Рисунок 4 – Графіки зміни середньоарифметичних значень потоку теплового випромінювання (без та з водяною завісою), температури (перед та за завісою) та надлишкового тиску у відсіку 2 (перед завісою) у часі у разі роботи суцільної водяної завіси для проведених трьох дослідів

Джерело: розробка авторів

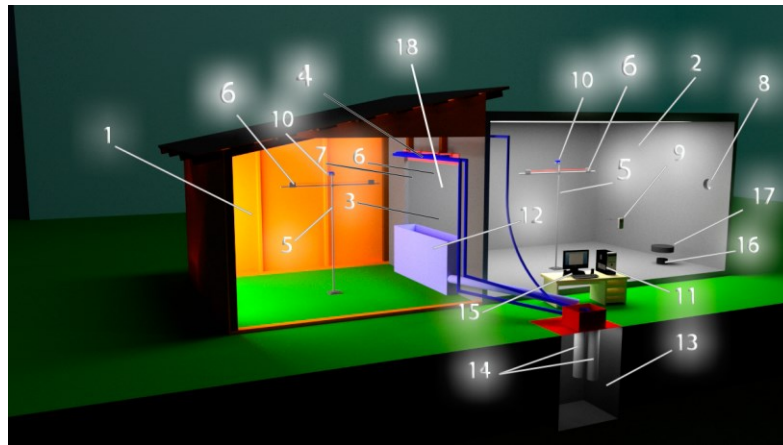
Проведення натурних експериментальних досліджень з визначення показника екранування від проникнення диму крізь суцільну водяну завісу виконувалось у випробувальному боксі, загальний вигляд якого та принципова схема стенда для натурних експериментальних досліджень з визначення показника екранування від проникнення диму крізь суцільну водяну завісу наведені на рис. 5. Внутрішні розміри випробувального боксу наведені на рис. 1. Загальний вигляд зливного пристрою для створення суцільної водяної завіси в роботі та розміри його поперечного розрізу наведено на рис. 2.

Створення суцільної водяної завіси здійснювалось аналогічно наведеному вище під час проведення натурних експериментальних досліджень з визначення показника екранування від

проникнення теплового потоку крізь суцільну водяну завісу.

Для герметизації прорізу 3 перед проведенням досліджень використовувалась заслінка 18, виконана як металевий каркас, на який була наклеєна поліетиленова плівка. У відсіках 1 та 2 випробувального боксу, напроти середини отвору 3, на відстані $(1,0 \pm 0,5)$ м від водяної завіси та на висоті $(1,0 \pm 0,5)$ від підлоги, встановлювали комплекси для вимірювання оптичної щільності задимленого середовища (диму).

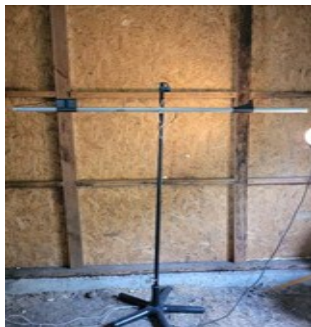
Комплекс для вимірювання оптичної щільності задимленого середовища (диму) функціонує за принципом вимірювання величини лінійного пропущеного інфрачервоного світла. Загальний вигляд комплексу та його принципова блок-схема наведені на рис. 6.



1, 2 – відсіки випробувального боксу; 3 – отвір-проріз, що захищається; 4 – зливний пристрій для створення суцільної водяної завіси; 5 – стійка; 6 – комплекс для вимірювання оптичної щільності задимленого середовища (диму); 7 – суцільна водяна завіса; 8 – вентилятор осьовий; 9 – манометр диференційний; 10 – детектор аерозолів твердих частинок; 11 – персональний комп'ютер (ноутбук); 12 – збірник для води; 13 – підземний резервуар для води; 14 – водяні насоси; 15 – комунікаційний модуль ADAM-4118; 16 – модельне вогнище для створення диму; 17 – кришка модельного вогнища; 18 – заслінка

Рисунок 5 – Загальний вигляд випробувального боксу та принципова схема стенда для натурних експериментальних досліджень з визначення показника екранування від проникнення диму крізь суцільну водяну завісу

Джерело: розробка авторів



а)



б)

1 – лазерний діод модульний; 2 – фоторезистор; 3 – джерело електроживлення; 4 – вимикач; 5 – вимірювальний блок на базі модуля ADAM з ноутбуком; 6 – стійка

Рисунок 6 – Загальний вигляд комплексу для вимірювання оптичної щільності диму (а); блок-схема принципова (б)

Джерело: розробка авторів

Загалом комплекс складається з: лазерного діода модульного 1, фоторезистора 2, джерела електроживлення 3, вимикача 4, вимірювального блока на базі модуля ADAM з ноутбуком 5, стійки 6. Лазерний діод 1 та фоторезистор 2 розміщені співосно один до одного на поперечині стійки 6.

Принцип роботи комплексу полягає у здатності фоторезистора змінювати електричний опір залежно від величини світлового потоку лазерного променя, внаслідок чого змінюється сила струму в

електричному колі, що фіксується вимірювальним блоком 5 і відображається на екрані ноутбука.

Комплекс має таку світлову (люкс-амперну) характеристику:

- у разі відкритого фоторезистора у чистому середовищі – до 20 мА;
- у разі закритого фоторезистора у чистому середовищі – 0 мА.

Методи досліджень: під час проведення натурних експериментальних досліджень застосовувався метод непрямого вимірювання щільності

задимленого середовища у відсіку 1 випробувального боксу, яка може бути більшою від прозорості чистого повітря у разі проникнення диму із відсіку 2 крізь суцільну водяну завісу в міліамперах з подальшим перерахунком в одну із загальноприйнятих одиниць оптичної щільності повітряного (задимленого) середовища – децибелі за формулою (2):

$$D = 20 \lg I_i/I_0, \text{ дБ} \quad (2)$$

де I_i – величина струму, що зафіксована комплексом у задимленому

середовищі, мА;

I_0 – величина струму, що зафіксована комплексом у незадимленому середовищі, мА.

У табл. 2 наведені окремі співвідношення значень сили струму в міліамперах (мА) до величини оптичної щільності диму в децибелах (дБ), що отримані за формулою (2), які, зокрема, використовувались під час калібрування комплексу.

Таблиця 2 – Окремі співвідношення значень сили струму в міліамперах (мА) до величини оптичної щільності диму в децибелах (дБ)

Д, дБ	0	-0,01	-0,1	-1	-2	-3	-6	-10	-20
I_i/I_0	1,000	0,999	0,989	0,891	0,794	0,708	0,501	0,316	0,100

Комплекс відкалібровано для вимірювань оптичної щільності диму в децибелах для діапазону (0–2) дБ за допомогою оптичних атенуюаторів (фільтрів), якими комплектуються димові сповіщувачі АРТОН [9].

Для визначення масової частки дрібних твердих частинок аерозолі (диму) в об'ємі з розмірами від 10^{-7} м до 10^{-5} м використовувались два датчики 10 чистоти

повітря PMS5003, які були закріплені на стійках 5. Для реєстрації значень зміни масової частки аерозолі в об'ємі відсіків 1 та 2 випробувального боксу використовувалися дві плати Arduino Uno CH340 на базі мікроконтролера ATmega328p, загальний вигляд яких наведено на рис. 7. Отримані результати у цій публікації не наведені.



Рисунок 7 – Загальний вигляд комплексу для визначення масової частки дрібних твердих частинок аерозолі (диму) в об'ємі відсіків 1 та 2 випробувального боксу

Джерело: розробка авторів

Показник (коефіцієнт) екранування проникнення диму крізь суцільну водяну завісу H_d (%) визначався за формулою (3):

$$H_d = \frac{D_1 - D_i}{D_1} \times 100\% \quad (3)$$

де: D_1 – оптична щільність диму у відсіку 1, що проникає через отвір прорізу в перегородці, якщо водяна завіса не працює, дБ;

D_i – оптична щільність диму у відсіку 1, що проникає через отвір прорізу в перегородці, якщо водяна завіса працює, дБ.

Хід та результати досліджень: Вмикали в роботу всю вимірювальну апаратуру. Модельне вогнище для створення диму 16 заповнювали деревною тирсою, змоченою сумішшю бензину А-92 з машинною оливою. Отвір 3 прорізу, що

захищався, щільно закривали заслінкою 10, проблемні місця з негерметичності попередньо ущільнювали монтажною піною, вмикали водяну завісу для додаткової герметизації прорізу. Підпалювали суміш у модельному вогнищі 16 та розпочинали заповнення відсіку 2 випробувального боксу димом. Під час досягнення показів комплексу для вимірювання оптичної щільності задимленого середовища ($5,0 \pm 0,1$) МА подавання диму закінчували, накриваючи модельне вогнище 16 кришкою 17. Давали витримку протягом від 2 хв до 3 хв для того, щоб дим рівномірно розподілився в об'ємі відсіку 2 випробувального боксу. Далі впевнювалися, що у відсіку 1 покази комплексу для вимірювання оптичної щільності задимленого середовища відповідають показам для незадимленого середовища. Після цього відкривали заслінку 18, вмикали водяну завісу 7, за допомогою обох комплексів для вимірювання оптичної щільності

задимленого середовища (дим) 5 фіксували зменшення задимленості у відсіку 2 та збільшення задимленості у відсіку 1 до досягнення стабілізації значення показника (рівноваги), що вказувало на рівномірне розподілення диму у відсіках 1 та 2. Насамкінець завершували роботу, вмикали стенд та провітрювали обидва відсіки випробувального боксу від диму.

Аналогічно виконували дослідження із застосуванням суцільної водяної завіси 7, яку вмикали заздалегідь, перед відкриттям заслінки 18, а після відкриття заслінки 18 вмикали вентилятор 8 для створення надлишкового тиску у відсіку 2 випробувального боксу.

На рис. 8 наведено графіки середньоарифметичних значень зміни оптичної щільності середовища від проникнення диму крізь суцільну водяну завісу в часі у разі її роботи за результатами трьох дослідів.

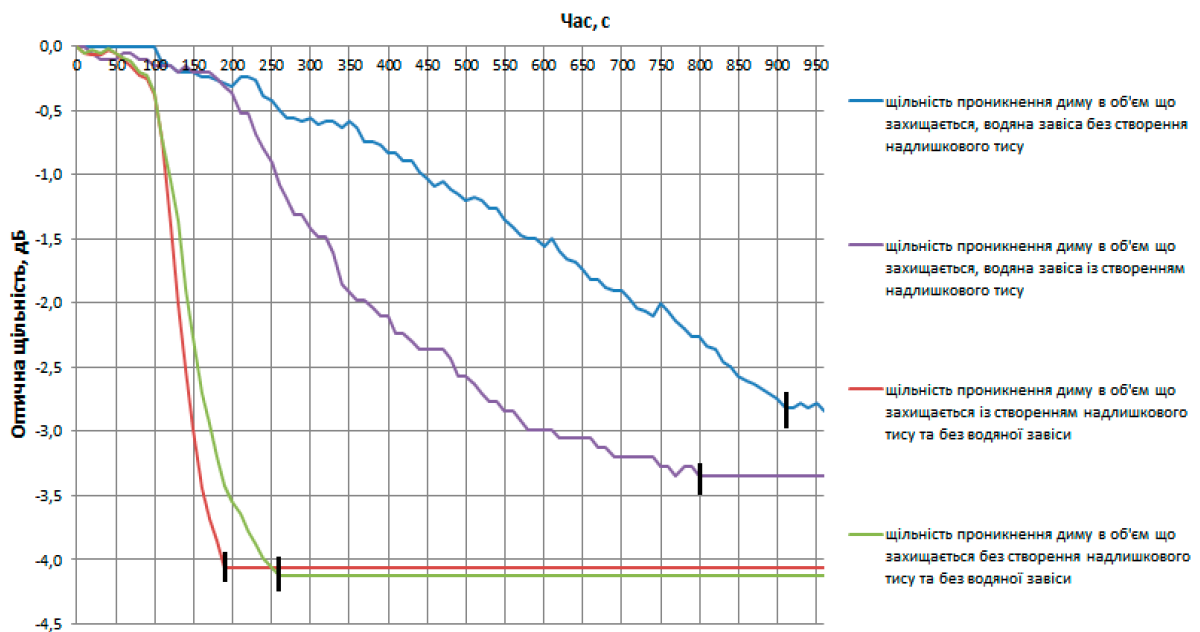


Рисунок 8 – Графік зміни оптичної щільності середовища від проникнення диму крізь суцільну водяну завісу в часі під час її роботи

Джерело: розробка авторів

Висновки та напрями подальших досліджень. 1. Аналіз отриманих результатів натурних експериментальних досліджень показав високу ефективність

суцільної водяної завіси щодо екранування від проникнення потоку теплового випромінювання: показник (коефіцієнт) екранування від проникнення потоку

теплого випромінювання $H_{т.в.}$ становить $(98 \pm 2)\%$ у разі витрати води на один погонний метр довжини завіси – $2,65 \text{ л/с} \times \text{пог.м.}$

2. Показник (коефіцієнт) екранування від проникнення диму H_d крізь суцільну водяну завісу у разі її роботи у діапазоні $(0-10)$ хв становить – $(88-23)\%$ за витрати води на один погонний метр довжини завіси – $2,65 \text{ л/с} \times \text{пог.м.}$

3. Для визначення залежностей значень екранувальних властивостей від потоку теплового випромінювання та диму необхідно продовжити ці дослідження для отримання масиву значень за різних концентрацій оптичної щільності диму та інтенсивностей теплового випромінювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бенедюк В. С., Стилик І. Г., Тимошенко О. М. Результати лабораторних досліджень екрануючої здатності водяних завіс від проникнення небезпечних факторів пожежі. *Науковий вісник : Цивільний захист та пожежна безпека*. № 2(14). 2022. С. 52–64.
2. Провести дослідження ефективності застосування протипожежних водяних завіс для створення перешкоди поширенню пожежі між будинками та в будинках («ДИМОГАЗОПРРОНИКНІСТЬ»): звіт про НДР (заключний) ІДУ НД ЦЗ; кер. О. П. Борис, виконавці: В. С. Бенедюк, О. В. Корнієнко, О. М. Тимошенко. Київ, 2020. 296 с. № ОК 0118U004502.
3. Стационарні системи пожежогасіння. Дренчерні системи. Проектування, монтування та технічне обслуговування (CEN/TS 14816:2008, IDT): ДСТУ Б CEN/TS 14816:2013 [Чинний з 01.04.2014]. Київ: Мінрегіон України, Укрархбудінформ, 2013. 56 с.
4. Протипожежна техніка. Установки водяного пожежогасіння автоматичні. Зрошувачі для водяних завіс. Загальні технічні вимоги та методи випробовування: ДСТУ 5027:2008. [Чинний з 01.10.2010]. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 28 с.
5. Культурно-видовищні та дозвілєві заклади: ДБН В.2.2-16-2019. [Чинний з 01.11.2019]. Київ: Мінрегіон України, 2019. 93 с.
6. В. Бенедюк, І. Стилик, О. Тимошенко, А. Грачов, Жартовська Є. Перспективи застосування полімерів гуанідинового ряду для підвищення ефективності протипожежних водяних завіс. Матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист», 29-30 жовтня. 2020 р. с. 127-128.
7. Jean-Marie Buchlin. Thermal shielding by water spray curtain. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Volume 18, Issues 4–6, 2005. P. 423–432.
8. Zhenhua Tang, Kun Zhao, Zhirong Wang, Jizhe Wang, Yi Pan. Study on the extension length of horizontal hydrogen jet fires under the action of water curtain. *Fuel*. Vol. 322. 2022. P. 134–145.
9. МЦІ 425441.008 ТУ Сповіщувач пожежний димовий лінійний АРТОН-ДЛ1.

REFERENCES

1. Benediuk, V. S., Stylyk, I. H., Tymoshenko, O. M. (2022). Rezultaty laboratornykh doslidzhen ekranuiuchoi zdatnosti vodianykh zavis vid pronyknennia nebezpechnykh faktoriv pozhezhi [Results of laboratory research of shielding ability of water curtain from penetration of dangerous factors of fire]. *Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka*. № 2(14). 52–64. [in Ukrainian].
2. Provesty doslidzhennia efektyvnosti zastosuvannia protypozhezhnykh vodianykh zavis dlia stvorennia pereshkody poshyrenniu pozhezhi mizh budynkami ta v budynkakh («DYMOHAZOPRONYKNIST») [To conduct a study of the effectiveness of the use of fire-fighting water curtains to create an obstacle to the spread of fire between houses and in houses ("SMOKE AND GAS PERMEABILITY")]: zvit pro NDR (zakliuchnyi) / IDU ND TsZ; ker. Borys O.P., vykonavtsi: Benediuk V. S., Kornienko O. V., Tymoshenko O. M. Kyiv, 2020, 296 p. № ОК 0118U004502. [in Ukrainian].
3. DSTU B CEN/TS 14816:2013 Statsionarni systemy pozhezhohasinnia. Drencherni systemy. Proektuvannia, montuvannia ta tekhnichne obsluhovuvannia (CEN/TS 14816:2008, IDT) [Stationary fire extinguishing systems. Drainage systems. Design, installation and maintenance] from 1st april 2014 Kyiv: Minrehion Ukrainy, Ukrarkhbuildinform, 2013. P. 56. [in Ukrainian].
4. DSTU 5027:2008 Protypozhezhna tekhnika. Ustanovky vodianoho pozhezhohasinnia avtomatychni. Zroshuvachi dlia vodianykh zavis. Zahalni tekhnichni vymohy ta metody vyprovovuvannia. [Fire fighting equipment. Water fire extinguishing installations are automatic. Sprinklers for water curtains. General technical requirements and test methods]. From 1st october 2010. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2010. 28 p. [in Ukrainian].
5. DBN V.2.2-16-2019 Kulturno-vydovyschni ta dozvillevi zaklady. [Cultural and entertainment facilities] from 1st november. 2019. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2019. 93 p. [in Ukrainian].
6. Benediuk, V. S., Stylyk, I. H., Tymoshenko, O. M., Hrachov A. O., Zhartovska Ye. S. Perspektyvy zastosuvannia polimeriv huanidynovoho riadu dlia pidvyshchennia efektyvnosti protypozhezhnykh vodianykh zavis. *Materialy X vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii z miznarodnou uchasty Nadzvuchaini sutyacii: bezpeka ta zahust*. 29–30 october 2020, 127–128 p. [in Ukrainian].
7. Jean-Marie Buchlin. Thermal shielding by water spray curtain. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Volume 18, Issues 4–6. 2005. P. 423–432; [in English].
8. Zhenhua, Tang, Kun, Zhao, Zhirong, Wang, Jizhe, Wang, Yi, Pan. Study on the extension length of horizontal hydrogen jet fires under the action of water curtain. *Fuel*. Volume 322. 2022, P. 134–145 [in English].
9. MCI 425441.008 TU Spovishchuvach pozhezhnyy dymoviy liniinyi ARTON-DL1.

NATURAL EXPERIMENTAL STUDIES OF THE SHIELDING CAPACITY OF SOLID WATER CURTAINS AGAINST THE PENETRATION OF THERMAL RADIATION FLOW AND SMOKE

V. Benediuk, O. Tymoshenko, A. Onyshchuk, P. Illiuchenko, V. Kovalenko

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Ukraine

KEYWORDS:

fire, fire protection, continuous, drenched and finely sprayed water curtain, radiation heat flux density, smoke optical density, shielding ability, technical devices for creating water curtains.

ANNOTATION

Analytical research of the current Ukrainian and foreign regulatory documentation and other available sources of information on the effectiveness of the using of water curtains to prevent (reduce) the effect of fire and its dangerous factors on people, industrial equipment, property and constructions of buildings and structures have been performed. Established, that Ukrainian regulatory documents which regulate requirements for the necessary parameters of water curtains don't have requirements for indicators of the shielding ability of these curtains against the penetration of the flow of thermal radiation and smoke. Other problematic issues were identified and the relevance of further research on their solution was confirmed. Previously was conducted laboratory research on shielding ability of continuous water curtain against penetration of thermal radiation and smoke, in particular, with using of chemical additives to water, which improves the hydrodynamic characteristics of the water flow. Appropriate test equipment has been developed and created for conducting full-scale experimental research to determine the shielding parameters against the penetration of heat radiation and smoke through the water curtain in the form of a continuous water stream falling under pressure from the drain device from top to bottom. A series of full-scale experimental research on the protection properties of a continuous water curtain, a drench and finely sprayed curtain in the opening of the wall of a building structure against the penetration of heat radiation and smoke flow through it was conducted, and results are given. The obtained results of field experimental research were used in the development of Recommendations of using of water curtains in fire protection systems of Ukraine. In the future Recommendation can be used while developing the technical requirements for system which creates a water curtain in composition of regulatory and other documents (DSTU, DBN, technical conditions, design and project documentation, etc.), for the purpose of ensuring fire safety requirements at fire-hazardous facilities in accordance with the Fire Safety Rules in Ukraine.