

Ю.О. Абрамов, В.С. Коломієць, В.О. Собина

Національний університет цивільного захисту України, Черкаси, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ СИСТЕМ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ РОЗПИЛЕНОЇ ВОДИ ПРИ ГАСІННІ ПОЖЕЖ

Показана можливість використання матричного методу при виборі систем пожежогасіння, за допомогою якого обґрунтовано вибір систем пожежогасіння із розпиленою водою для гасіння пожеж класу В. Вказується, що одним із основних параметрів розпиленої води є розмір крапель води, який повинен належати діапазону $(1,0 \div 2,0) \cdot 10^{-4}$ м. Виділені переваги розпиленої води по відношенню до інших вогнегасних речовин.

Ключові слова: системи пожежогасіння, розпилена вода, параметри розпиленої води.

Постановка проблеми

Прискорення темпів введення в експлуатацію промислових підприємств, інтенсифікація технологічних процесів, розширення областей використання пожежонебезпечних матеріалів, концентрація матеріальних цінностей на одиниці площі – все це веде до збільшення ймовірності виникнення пожеж та зростання загроз від них. Шкода, яка завдається пожежами великим підприємствам, в половині випадків веде до їх повної ліквідації. В малій країні одна велика пожежа може дестабілізувати всю її економіку. Одним із напрямків стосовно зменшення наслідків шкоди від пожеж є використання систем пожежогасіння. Ефективність використання таких систем залежить від багатьох факторів, які повинні бути враховані на різних етапах «життя» цих систем. Однією із проблем при цьому є виявлення та врахування особливостей таких систем та їх складових.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Системи (установки) пожежогасіння характеризуються багатьма показниками [1]. Прикладом таких показників можуть бути розподіл Розіна-Рамлера, середній діаметр крапель води по Заутеру, кут конуса розпилу вогнегасної речовини, тощо [2]. Такого типу показники, як правило, визначають експериментально в лабораторних умовах і слабо впливають на процедуру формування алгоритму вибору системи (установки) пожежогасіння [3]. До важливих показників систем (установок) пожежогасіння відносяться коефіцієнт використання вогнегасної речовини [4] та час гасіння пожежі [5]. Ці показники можна визначати як теоретично [6], так і експериментально [7]. В першому випадку така опція здійснюється на етапі проектування системи (установки) пожежогасіння, а

її результат може бути використаний для обґрунтування вибору типу системи. В другому випадку результат визначення величини показника може використовуватись для оцінки технічного стану системи. Для цього використовуються модельні вогнища горіння [8]. Слід зазначити, що вибір системи (установки) пожежогасіння не має суворого регламентованого характеру. Ця процедура обґрунтовується проектною організацією із врахуванням довідникових даних та характеру гасіння пожежі [9]. При виборі системи (установки) пожежогасіння одним із основних факторів є клас пожежі, але при цьому може статися така ситуація, що для гасіння пожежі одного класу можливе використання систем (установок) із різними видами вогнегасних речовин. Одним із шляхів для виходу із такої ситуації є врахування особливостей використання вогнегасних речовин. При цьому слід зазначити, що інформація стосовно особливостей використання вогнегасних речовин в концентрованому вигляді, як правило, відсутня.

Наведені дані дають підстави для проведення досліджень стосовно виявлення та систематизації особливостей вибору систем (установок) пожежогасіння та використання вогнегасної речовини.

Мета та задачі дослідження

Метою роботи є виявлення особливостей вибору систем пожежогасіння та використання розпиленої води при гасінні пожеж.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

- визначити особливості вибору систем пожежогасіння;
- визначити та систематизувати дані стосовно особливостей використання розпиленої води при гасінні пожеж.

Виклад основного матеріалу

Однією із особливостей при виборі систем пожежогасіння є використання експертних оцінок, що реалізуються в матричному методі. Концепція такого підходу полягає в тому, що переваги тієї чи іншої пожежної установки оцінюються за найбільшими вагомими показниками. Першочергово складається базова матриця, в якій оцінка системи (установки) пожежогасіння здійснюється із врахуванням загальних умов використання без врахування особливостей пожежогасіння на об'єкті. Потім визначаються коефіцієнти, які є оцінкою важливості кожного параметра матриці в конкретних умовах використання. Прикладом такої матриці є матриця вибору автоматичної установки пожежогасіння, яка представлена у вигляді табл. 1. В якості параметрів цієї матриці обрані [10]:

- 1 – відносна маса установки;
- 2 – обмеження пошкоджень обладнання (матеріалів) при випуску вогнегасної речовини;
- 3 – проникаюча здатність вогнегасної речовини;
- 4 – можливий ризик персоналу (токсичність, асфіксія, тощо);
- 5 – втрати орієнтації для персоналу при випуску вогнегасної речовини;
- 6 – можливість гасіння електрообладнання під електричним струмом;
- 7 – ефективність при гасінні пожеж класу А1;
- 8 – ефективність при гасінні пожеж класу А2;
- 9 – ефективність при гасінні пожеж класу В1;
- 10 – ефективність при гасінні пожеж класу В2;
- 11 – ефективність при гасінні пожеж класу С;
- 12 – ефективність при гасінні пожеж класу D.

Таблиця 1

Матриця вибору автоматичної установки пожежогасіння

Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K_{zmax}	10	10	5	10	5	5	10	10	10	10	10	10
1 Спринклерні	2	5	0	10	5	0	10	10	5	3	0	0
2 Дренчерні	1	5	0	10	5	0	10	10	5	3	0	0
3 Розпиленої води	4	9	3	10	5	2	8	8	8	5	0	0
4 Із повітря но-механічною піною	1	5	4	7	4	0	7	8	10	0	0	0
5 Газові хладонові	3	9	5	7	5	5	8	9	8	8	3	0
6 Газові на основі CO ₂	2	9	5	0	3	5	8	9	8	8	3	0
7 Газові на основі N ₂ , Ar	1	9	5	0	3	5	8	9	8	8	3	0
8 Газові на основі інергенів	1	9	5	7	5	5	8	9	8	8	3	0
9 Порошкові	6	4	2	6	0	5	9	10	9	10	10	10
10 Аерозольні	10	5	4	4	0	5	0	9	8	8	2	0

Максимальне значення параметрів K_{zi} для $i=1,2,4,7-12$ складає 10, а для $i=3,5,6$ ці значення складають 5.

Вибір типу автоматичної пожежної установки може здійснюватись по максимальній величині суми величин K_{zi} , тобто

$$S = \sum_{i=1}^{12} K_{zi} = \max, \quad (1)$$

але перевагу слід віддати критерію, який визначається виразом.

$$F = S_{\max}^{-1} \sum_{i=1}^{12} K_{zi} = \max, \quad (2)$$

i величина якого належить діапазону $0 \div 1,0$.

В табл. 2 наведені дані для двох варіантів визначення критерію F_j . При $j=1$ враховуються всі параметри матриці, тобто $i = \overline{1,12}$, а при $j=2$ не враховуються параметри, які відповідають $i = 7,8,11,12$.

Таблиця 2

Значення критерію F

F _i	Тип установки (згідно табл. 1.1)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F ₁	0,62	0,60	0,77	0,57	0,80	0,74	0,73	0,78	1,00	0,70
F ₂	0,60	0,58	0,92	0,62	1,00	0,80	0,78	0,86	0,84	0,88

Критерій F₁ враховує пожежі всіх класів, а критерій F₂ враховує лише пожежі класу В. За критерієм F₁ установки пожежогасіння із розпиленою водою, газові хладонові, газові на основі інергенів та порошкові є універсальними, тобто можуть бути використані для гасіння пожеж всіх класів. При виборі установки пожежогасіння, яка орієнтована на окремий клас пожежі, наприклад, пожежі класу В, за критерієм F₂ перевагу слід надати установкам із розпиленою водою та газовим хладоновим.

Слід зазначити, що при виборі типу установки пожежогасіння необхідно враховувати особливості цих установок.

До особливостей порошкових установок пожежогасіння відносяться:

- відсутність при гасінні охолоджуючого ефекту, що може призвести до повторного займання від нагрітих елементів будівельних конструкцій або обладнання;
- суттєве забруднення порошком об'єкта, який захищається, що не дозволяє використовувати порошкові установки пожежогасіння для обчислювальних залів, електронного обладнання, електрообладнання із елементами, які обертаються;
- внаслідок утворення порошкової хмари при гасінні пожежі утворюється висока запиленість і

різко погіршується видимість (особливо в приміщеннях малого об'єму);

- мають високу дисперсність, вогнегасні порошки при зберіганні мають тенденцію до комування та злежування, що може призвести до втрати ними здатності транспортування по трубопроводу і, як наслідок, до втрати вогнегасної здатності.

Стосовно газових хладонових установок пожежогасіння необхідно відмітити, що вони мають негативний вплив на навколишнє середовище, особливо на озоновий шар. В таких установках існує велика ймовірність її відмови внаслідок корозійних процесів. Використання таких установок після 2030 року в Україні заборонено (згідно з постановою КМУ від 2002 р.).

Для газових інергенних установок пожежогасіння характерним є:

- складність процесу виготовлення вогнегасної речовини;
- особливі вимоги до чистоти інергенів та технологічного регламенту установок (в разі необхідності дозаправки установки для контролю об'ємної долі компонентів використовуються методи газоабсорбційної хроматографії);
- висока експлуатаційна вартість.

Слід зазначити, що вода на сьогодні залишається основним вогнегасним засобом. Її використання при гасінні пожеж значно перевищує використання всіх інших засобів пожежогасіння разом взятих. Із використанням води здійснюється гасіння більш ніж 80 % пожеж, а водою зі змочувачем - 12 %. Вода має високе значення питомої теплоємності – $4,19 \cdot 10^3$ Дж(кг·К)⁻¹ і аномально високе значення теплоти випаровування – $2,26 \cdot 10^6$ Дж.кг⁻¹. Ці фактори обумовлюють надзвичайно високу охолоджуючу властивість води. В табл. 3 наведені дані для порівняння установок водяного пожежогасіння (УВП) та установок пожежогасіння розпиленою водою (УПРВ).

Таблиця 3

Порівняння установок пожежогасіння із використанням води

Показник	Тип установки пожежогасіння	
	УВП	УПРВ
Ефективність вогнегасіння	(144÷1080) кг·м ⁻²	< 1,5 кг·м ⁻²
Універсальність використання	Пожежі класу А	Пожежі класів А,В,С
Універсальність подачі вогнегасної речовини	Локально по площі	Локально по площі і об'єму, по площі і по об'єму

Необхідність побудови спеціальних споруд	Водоводи, резервуари, насосні станції, дренажні споруди	Відсутнє
Постачання енергії та ресурсів	Водопостачання до 30 л·с ⁻¹ , енергопостачання першої категорії до 80 кВт	Автономно
Димоосаджувальна спроможність	Відсутнє	Висока
Питома матеріалоемність	< 20 кг·м ⁻²	< 3 кг·м ⁻²
Особливості монтажу	Монтаж трубопроводів із використання зварювальних робіт	Монтаж готових елементів
Особливості експлуатації	Знаходження під постійним тиском	Тиск відсутній, простота регламенту

Із наведених даних витікає, що в якості систем (установок) пожежогасіння, в першу чергу, перевагу слід надавати системам (установкам) пожежогасіння із розпиленою водою.

Гасіння пожежі розпиленою водою є комплексною проблемою, яка включає декілька сукупних фізичних явищ. Основними ефектами, які спостерігаються при дії розпиленої води під час гасіння пожежі, є охолодження газової фази (полум'я), витіснення кисню із зони горіння, розрідження парів палива, змочування та охолодження поверхні палива [11]. Найбільший ефект при використанні розпиленої води спостерігається в тому випадку, коли її охолоджуюча дія буде максимальною, тобто коли вся подана на гасіння пожежі розпилена вода випаровується за рахунок відведення тепла від полум'я пожежі. При випаровуванні води її об'єм збільшується в 1700 разів [6]. Одним із основних факторів, який має суттєвий вплив на ефективність гасіння пожежі класу В, є діаметр крапель води. Зокрема, швидкість відведення тепла Q від газоповітряної суміші, яка горить, визначається виразом [12]

$$\frac{dQ}{dt} = 6M\lambda(T - T_0)(\rho_v D^2)^{-1} \times \left[2 + 0,6(c\mu\lambda^{-1})^{0,33} + (Du\nu^{-1})^{0,5} \right], \quad (3)$$

де M - загальна маса розпиленої води; λ, μ, ν - коефіцієнти теплопровідності, динамічної та кінематичної в'язкості газоповітряної суміші відповідно; T, T_0 - температура газоповітряної

суміші та температура навколишнього середовища відповідно; ρ_v - щільність води; D - діаметр краплі води; C - питома теплоємність газоповітряної суміші; u - швидкість руху краплі води.

Із (3) витікає, що при зменшенні діаметра крапель води зростає швидкість відбору тепла від газоповітряної суміші, яка горить.

Використання малих крапель води сприяє випаровуванню. Для даного об'єму води, чим менші краплі, тим більша площа поверхні обміну між краплями та навколишнім середовищем. Це призводить до більш сильного випаровування, яке відіграє ключову роль у деяких механізмах придушення, а саме [13]: охолодження газової фази, витіснення кисню та розрідження парів палива. Крім того, дрібні краплі води сприяють ослабленню передачі випромінювання (виходячи із основ теорії M_i , явища поглинання та розсіювання є вищими для набору маленьких крапель, ніж для більших крапель при однаковій кількості води [11]).

Вираз, який пов'язує час гасіння t_T пожежі із діаметром D крапель розпиленої води, має вигляд [12]

$$t_T = 50Dt_{\text{вг}} \left[I(T_3 - T_0)^{1,75} \right]^{-1}, \quad (4)$$

де $t_{\text{вг}}$ - час вільного горіння; I - інтенсивність подачі розпиленої води; T_3 - температура займання рідини.

Із (4) витікає, що при зменшенні розміру крапель води підвищується ефективність установки пожежогасіння. При цьому повинні бути забезпечені умови щодо обмеження часу вільного горіння рідини.

Якщо краплі води мають малі розміри, то сумарна площа їх контакту буде досить великою, однак маса крапель води буде малою. Дрібні краплі води випаровуються у зовнішніх зонах полум'я пожежі або відносяться інтенсивними конвективними потоками газоповітряної суміші і практично не впливають на процес гасіння рідини. Найбільший час контакту крапель води із полум'ям пожежі буде мати місце при швидкості польоту краплі води, наближеній до швидкості витання. За цієї умови діаметр D_m краплі води визначається виразом [4].

$$D_m = 0,75C_x \rho w^2 (g\rho_v)^{-1}, \quad (5)$$

де C_x - коефіцієнт лобового опору; ρ - щільність газоповітряної суміші; w - швидкість витання; g - прискорення вільного падіння.

При $w = (1,0 \div 5,0) \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ та при $\rho = 10^{-3} \rho_v$ величина діаметра D_m краплі води лежить в діапазоні $(0,75 \div 18,75) \cdot 10^{-4}$ м. При $D \leq 10^{-4}$ м струмінь води ідентифікується як тонко розпилена вода [9]. В той же час, згідно з НПБ 88-2001 тонкорозпиленою водою вважається струмінь води із середнім діаметром крапель води не більше $1,5 \cdot 10^{-4}$ м. До тонкорозпилені води відносять струмінь води, що формується зрошувачами Aqua Mist, для яких $D = (2,2 \div 4,5) \cdot 10^{-4}$ м. Слід також відмітити, що всі рекомендації стосовно вибору діаметра крапель води ґрунтуються на результатах експериментальних досліджень [1,2]. Автори робіт

[14] вважають, що краплі води, діаметр яких дорівнює $(1,0 \div 2,0) \cdot 10^{-4}$ м, забезпечують ефективне гасіння практично у всіх випадках. Найбільша ефективність гасіння досягається при розмірі крапель води $(0,8 \div 2,0) \cdot 10^{-4}$ м, а згідно зі стандартом США NFPA – 750 розмір крапель води повинен бути $1,5 \cdot 10^{-4}$ м [15].

Гасіння пожеж розпиленою водою має ряд переваг відносно інших вогнегасних речовин:

- абсолютна екологічна чистота вогнегасної речовини, відсутність озоноруйнуючого ефекту та токсичності;

- підвищена вогнегасна ефективність внаслідок охолодження зони горіння; розбавлення реагуючих компонентів в зоні горіння за рахунок збільшення повноти випаровування крапель води та утворення значної кількості водяної пари; охолодження та змочування поверхні рідини, що горить;

- скорочення витрат вогнегасної речовини, тобто зменшення негативного впливу води на обладнання, що захищається;

- підвищена ефективність поглинання теплового випромінювання та адсорбційної здатності води при димоосажденні;

- високий ступінь технологічності обладнання (простота обслуговування, перезарядки та багатократність використання);

- можливість гасіння електрообладнання, що знаходиться під електричним струмом.

В табл. 4 наведені дані стосовно інтенсивності розпиленої води на тривалості її подачі при гасінні пожеж класу В.

Таблиця 4

Параметри подачі розпиленої води при гасінні пожеж класу В

Підклас пожежі	Рідина, що горить	Інтенсивність подачі, $\text{кг} (\text{м}^2 \text{с})^{-1}$	Тривалість подачі, с		
			Модульні установки	Агрегатні установки	
				дренчерні	спринклерні
В ₁	Бензин А-76	0,060	30	30	20
	Керосин ТС-1	0,070	30	30	20
	Дизпаливо	0,075	60	60	20
	Масло гідравлічне	0,045	60	60	20
	Масло турбінне	0,060	60	60	20
	Масло трансформаторне	0,050	60	60	20
	Н-гептан	0,140	60	60	20
В ₂	Спирт бутиловий	0,190	60	60	20

Висновки

Слід зазначити, що доцільним для підвищення ефективності гасіння пожеж класу В є адаптація розміру крапель води до конкретної рідини, яка використовується на об'єкті, що охороняється.

1. Показано, що при виборі систем пожежогасіння ефективним є використання експертних оцінок із використанням матричного

методу. Параметрами матриці є коефіцієнти, які враховують ефективність системи пожежогасіння за певних умов її роботи. Наведено приклади вибору коефіцієнтів матриці та визначено критерій вибору системи пожежогасіння, який враховує її інтегральні можливості. За цим критерієм до універсальних систем пожежогасіння віднесені системи із розпиленою водою, газові хладонові та інергенні і порошкові. При гасінні пожеж класу В перевагу слід віддати системам із розпиленою водою. Наведені характерні особливості стосовно газових хладонових і інергенних та порошкових систем пожежогасіння, які обмежують їх використання. Відмічається, що 80 % гасіння пожеж здійснюється із використанням води, що обумовлено її унікальними характеристиками. Наведено порівняння систем пожежогасіння із використанням води в якості вогнегасної речовини, із якого витікає доцільність використання розпиленої води в системах пожежогасіння.

2. Відмічається, що основними ефектами при гасінні пожеж розпиленою водою є охолодження полум'я, витіснення кисню із зони горіння, розрідження парів палива та охолодження поверхні палива. Найбільший ефект досягається при повному випаровуванні розпиленої води в зоні горіння. В цьому випадку об'єм випаровуваної води збільшується в 1700 разів. Показано, що суттєвий вплив на ефективність гасіння пожежі має розмір крапель води – зменшення крапель води обумовлює зростання швидкості відбору тепла від газоповітряної суміші, що горить. Відмічається, що час гасіння пожежі має пропорційну залежність від діаметра крапель розпиленої води. Показано, що діаметр крапель води залежить від квадрату швидкості витання. Наведені дані стосовно розміру крапель води, при яких струмінь води ідентифікується як тонкорозпилена вода. Відмічається, що краплі води, діаметр яких дорівнює $(1,0 \div 2,0) \cdot 10^{-4}$, забезпечують ефективне гасіння практично у всіх випадках. Наведені переваги використання розпиленої води відносно інших вогнегасних речовин, до яких відносяться: абсолютна екологічна чистота, підвищена вогнегасна ефективність, скорочення витрат, можливість гасіння електрообладнання, що знаходиться під електричним струмом, тощо.

Література

1. Harshad Shrigondekar, Arindrajit Chowdhury, S.V. Prabhu, Characterization of solid-cone simplex mist nozzles, *Fire Safety Journal* V. 111, 2020, 102936, ISSN 0379-7112, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.102936>.
2. Jeong C.S., Lee C.Y. Experimental investigation on spray characteristics of twin-fluid nozzle for water mist and its heptane pool fire extinguishing performance// *Process Safety and Environmental Protection*. 2021 Vol. 148, Pages 724-736. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.01.037>.

3. Shrigondekar, H., Chowdhury, A. & Prabhu, S.V. Performance by Various Water Mist Nozzles in Extinguishing Liquid Pool Fires. *Fire Technol* 57, 2553–2581 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01130-0>
4. Тарахно О.В. Фізико-хімічні основи використання води в пожежній службі/ О.В. Тарахно, А.Я. Шаршанов. – Х.: АЦЗУ, 2004 – 252 с.
5. Lu, D. Tan W., Zhu G., Liu L., Gasoline fire extinguishing by 0.7 MPa water mist with multicomponent additives driven by CO₂, *Process Safety and Environmental Protection*, Volume 129, 2019, Pages 168-175, ISSN 0957-5820, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.07.002>.
6. Dasgotra A., Rangarajan G., Tauseef S.M. CFD-based study and analysis on the effectiveness of water mist in interacting pool fire suppression. *Process Safety and Environmental Protection*. V.152.2021.P.614-629. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.06.033>
7. Yang Liu, Peng Chen, Zhixi Fu, Jiayan Li, Ruibang Sun, Xu Zhai. The investigation of the water mist suppression pool fire process's flame expansion characteristics// *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2023. vol. 81. P. 104927. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2022.104927>
8. Liu, T.; Yin, X.-Y.; Liu, Y.-C.; Tang, Y.; Huang, A.-C.; Dong, X.-L.; Liu, Y.-J. Influence of Water Mist Temperature Approach on Fire Extinguishing Effect of Different Pool Fires. *Processes* 2022, 10, 1549. <https://doi.org/10.3390/pr10081549>.
9. Котов А.Г. Пожежогасіння та системи безпеки. Київ. 2003. 270 с.
10. Котов А.Г. Пожежогасіння та системи безпеки. Київ. 2010. 278 с.
11. A. Jenf., A. Collin, P. Boulet, G. Pianet, A. Breton, A. Muller. Experimental and numerical study of pool fire suppression using water mist. *Fire safety journal*, V.67.2014 P. 1-12.
12. Абрамов Ю., Басманов А. Моделі та характеристики процесу гасіння пожеж класу В. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2017. 185 с.
13. Шевчук В.Г., Поліщук Д.Д. Фізичні основи пожежовибухонебезпеки. Одеса. 2010. 244 с
14. Абрамов Ю.А., Росоха В.Е., Шаповалова Е.А. Моделювання процесів в пожежних стволах. Харків. 2001. 198 с.
15. Тарахно О.В. Теоретичні основи пожежовибухонебезпеки. Харків. 2006. 395 с.

References

1. . Harshad Shrigondekar, Arindrajit Chowdhury, S.V. Prabhu, Characterization of solid-cone simplex mist nozzles, *Fire Safety Journal* V. 111, 2020, 102936, ISSN 0379-7112, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.102936>.
2. Jeong C.S., Lee C.Y. Experimental investigation on spray characteristics of twin-fluid nozzle for water mist and its heptane pool fire extinguishing performance// *Process Safety and Environmental Protection*. 2021 Vol. 148, Pages 724-736. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.01.037>
3. Shrigondekar, H., Chowdhury, A. & Prabhu, S.V. Performance by Various Water Mist Nozzles in Extinguishing Liquid Pool Fires. *Fire Technol* 57, 2553–2581 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01130-0>
4. Tarakhno O.V. Fyzyko-khimichni osnovy vykorystannia vody v pozhhezhnii sluzhbi/ O.V. Tarakhno, A.Ia. Sharshanov. – Kh.: ATsZU, 2004 – 252 s.
5. Lu, D. Tan W., Zhu G., Liu L., Gasoline fire extinguishing by 0.7 MPa water mist with multicomponent additives driven by CO₂, *Process Safety and Environmental Protection*, Volume 129, 2019, Pages 168-175, ISSN 0957-5820, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.07.002>.

6. Dasgotra A., Rangarajan G., Tauseef S.M. CFD-based study and analysis on the effectiveness of water mist in interacting pool fire suppression. *Process Safety and Environmental Protection*. V.152.2021.P.614-629. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.06.033>
7. Yang Liu, Peng Chen, Zhixi Fu, Jiayan Li, Ruibang Sun, Xu Zhai. The investigation of the water mist suppression pool fire process's flame expansion characteristics// *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*.2023. vol. 81. P. 104927. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2022.104927>
8. Liu, T.; Yin, X.-Y.; Liu, Y.-C.; Tang, Y.; Huang, A.-C.; Dong, X.-L.; Liu, Y.-J. Influence of Water Mist Temperature Approach on Fire Extinguishing Effect of Different Pool Fires. *Processes* 2022, 10,1549. <https://doi.org/10.3390/pr10081549>.
9. Kotov A.H. Pozhezhohasinnia ta systemy bezpeky. Kyiv. 2003. 270 s.
10. Kotov A.H. Pozhezhohasinnia ta systemy bezpeky. Kyiv. 2010. 278 s.
11. A. Jenf., A. Collin, P. Boulet, G. Pianet, A. Breton, A. Muller. Experimental and numerical study of pool fire suppression using water mist. *Fire safety journal*, V.67.2014 P. 1-12.
12. Abramov Yu., Basmanov A. Modeli ta kharakterystyky protsesu hasinnia pozhhez klasu V. LAP LAMBERT Academic Rublishing. 2017. 185 c.
13. Shevchuk V.H., Polishchuk D.D. Fizychni osnovy pozhzhovybukhonebezpeky. Odesa. 2010. 244 s
14. Abramov Yu.A., Rosokha V.E., Shapovalova E.A. Modeliuvannia protsesiv v pozhzhnykh stvolakh. Kharkiv.2001. 198 s.
15. Tarakhno O.V. Teoretychni osnovy pozhzhovybukhonebezpeky. Kharkiv. 2006. 395 s.

Рецензент: д.т.н., професор, головний науковий співробітник наукового відділу з проблем

цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки науково-дослідного центру О.Є. Басманов, Національний університет цивільного захисту України, Україна

Автор: АБРАМОВ Юрій Олексійович
доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник науково-дослідного центру Національний університет цивільного захисту України
E-mail - abramov121146@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7901-3768>

Автор: СОБИНА Віталій Олександрович
кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри організації та технічного забезпечення аварійно – рятувальних робіт Національний університет цивільного захисту України
E mail - sobol_84@ukr.net
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6908-8037>

Автор: КОЛОМІЄЦЬ Валерій Станіславович
старший викладач кафедри організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт Національний університет цивільного захисту України
E-mail - kolomiets_valerii@nuczu.edu.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4058-4026>

PECULIARITIES OF SELECTING FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS AND USING SPRAYED WATER TO EXTINGUISH FIRES

Y. Abramov, V. Kolomiets, V. Sobyna,

National University of Civil Defense of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

It is shown that when selecting fire extinguishing systems, the use of expert assessments using the matrix method is effective. The parameters of the matrix are the coefficients that take into account the efficiency of the fire extinguishing system under certain conditions of its operation. Examples of choosing the matrix coefficients are given and a criterion for choosing a fire extinguishing system that takes into account its integral capabilities is defined. According to this criterion, universal fire extinguishing systems include systems with sprayed water, gas chladone and inert gas systems, and powder systems. When extinguishing Class B fires, preference should be given to spray water systems. The article provides specific features of gas chladone and inert gas and powder fire extinguishing systems that limit their use. It is noted that 80 % of fire extinguishing is carried out with the use of water, due to its unique characteristics. A comparison of fire extinguishing systems using water as an extinguishing agent is provided, from which the expediency of using sprayed water in fire extinguishing systems follows.

It is noted that the main effects of extinguishing fires with sprayed water are cooling the flame, displacing oxygen from the combustion zone, diluting fuel vapours and cooling the fuel surface. The greatest effect is achieved when the sprayed water evaporates completely in the combustion zone. In this case, the volume of evaporated water increases by 1700 times. It is shown that the size of water droplets has a significant impact on the effectiveness of fire extinguishing - a decrease in water droplets causes an increase in the rate of heat extraction from the burning gas-air mixture. It is noted that the fire extinguishing time has a proportional dependence on the diameter of the sprayed water droplets. It is shown that the diameter of water droplets depends on the square of the hovering velocity. Data are presented on the size of water droplets at which a water jet is identified as finely atomised water. It is noted that water droplets with a diameter equal to $(1.0 \div 2.0) \cdot 10^{-4}$ provide effective extinguishing in almost all cases, and the advantages of using sprayed water relative to other extinguishing agents are introduced, which include: absolute environmental friendliness, increased fire extinguishing efficiency, cost reduction, the ability to extinguish electrical equipment under electric current, etc.

Key words: fire extinguishing systems, spray water, spray water parameters