

*Д.П. Дубінін, к.т.н., доцент каф., НУЦЗУ,
К.В. Коритченко, д.т.н., с.н.с., зав. каф., НТУ «ХПІ»,
Є.М. Криворучко, викладач, НУЦЗУ,
Д.М. Думчикова, курсант, НУЦЗУ*

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ ВОДЯНИМ АЕРОЗОЛЕМ У ПРИМІЩЕННЯХ СКЛАДНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ

(представлено д.т.н. Андроновим В.А.)

Запропоновано метод гасіння пожеж у приміщеннях житлових та громадських будівлях, а також в адміністративно-офісних приміщеннях водяним аерозолем. Проведено експериментальне дослідження методу гасіння пожежі водяним аерозолем у тунелі складної конфігурації. Визначено вогнегасну здатність методу гасіння за охолоджувальним ефектом та ефектом зменшення концентрації кисню.

Ключові слова: водяний аерозоль, установка пожежогасіння періодично-імпульсної дії, гасіння пожеж, оперативні дії.

Постановка проблеми. За наявності людей в приміщеннях будівлі, де виникла пожежа, виникає суперечлива задача. З одного боку, необхідно забезпечити доступ свіжого повітря до приміщень для створення умов для дихання людей, які потенційно могли там залишитись у зв'язку зі втратою свідомості, або люди опинились у заблокованих приміщеннях внаслідок руйнування будівлі, тощо. Зокрема, загибель людей на пожежах, в основному, відбувається переважно від отруєння продуктами неповного згоряння. З другого боку, нагнітання свіжого повітря сприяє поширенню пожежі. В результаті, пожежі, які виникають усередині будівель, розповсюджуються назовні через 20-30 хвилин за зачинених вікнах та дверях, а за відчинених – протягом декількох хвилин [1, 2].

В умовах сильної задимленості виникають труднощі з евакуації людей з приміщень, у визначенні осередку пожежі, в орієнтуванні рятувальників під час переміщення та доставки пожежно-технічного обладнання [2]. Вище наведене свідчить щодо наявності специфічних вимог до технічних засобів пожежогасіння, які застосовують у громадських, житлових будівлях, а також у адміністративно-офісних приміщеннях. Таким чином, удосконалення технічних засобів пожежогасіння для отримання нових вогнегасних речовин є проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для підвищення ефективності використання води для цілей пожежогасіння в приміщеннях застосовують дрібнорозпилену воду. Завдяки цьому приміщення не буде зруйноване від надмірної кількості води, лише буде затоплене частково, а вогонь при цьому буде ефективно ліквідовано [3].

Ефективність гасіння пожеж дрібнорозпиленою водою визначається часом та витратою води на гасіння пожежі, дисперсністю. Тому останнім часом велика увага при створенні нових перспективних зразків техніки для

гасіння пожеж приділяється увага установкам, здатним подавати дрібнодисперсну воду відповідної дисперсності з потрібною продуктивністю [4].

В роботі [5] пропонується для гасіння пожеж використовувати імпульсні технічні засоби IFEX. Доставка вогнегасної речовини в осередок пожежі здійснюється з великою швидкістю біля 120 м/с за рахунок створення у камері тиску повітря 25 МПа. Недоліком при роботі цих технічних засобів є обмежена кількість вогнегасної речовини та стисненого повітря у балоні. Гасіння пожеж у приміщеннях за рахунок застосування установок IFEX відбувається тільки після прямого контакту дрібнодисперсного водяного струменя з осередком пожежі [6].

Це дає підстави стверджувати, що є доцільним проведення досліджень, щодо застосування методу гасіння пожежі у приміщеннях водяним аерозолем. Варіант практичної реалізації цього методу запропоновано в роботах [7, 8]. Пропонують здійснювати гасіння пожежі за допомогою дрібнодисперсного водяного струменя, який буде надходити в осередок пожежі із системи механічної вентиляції. Недоліком цього методу, є конструктивна складність поєднання систем механічної вентиляції з системами створення дрібнодисперсного водяного струменя та його надходження до зони пожежі.

Таким чином, є актуальною проблема щодо проведення експериментальних досліджень застосування методу гасіння пожеж у приміщеннях складної конфігурації водяним аерозолем не тільки для гасіння пожежі із незначною витратою, але ще для зниження температури, осадження диму та збільшення концентрації кисню.

Постановка завдання та його вирішення. Метою роботи є експериментальне дослідження методу гасіння пожежі водяним аерозолем.

Метод гасіння пожежі засновано на подвійній дії водяного аерозолю, що полягає у наступному. За умови формування аерозолю у частині приміщень, де не відбулося значного зростання температури, цей аерозоль підтримує умови для нормального дихання людини та забезпечує осадження диму. Зміна дії аерозолю відбувається у разі його потрапляння у частину приміщень, де відбулося значне зростання температури. В цій області відбувається інтенсивне охолодження зони горіння в результаті випаровування крапель аерозолю та зменшення концентрації кисню за рахунок його витіснення парами води. Таким чином відбувається інтенсивне гасіння пожежі. Приклад застосування методу гасіння пожежі у приміщеннях складної конфігурації водяним аерозолем схематично відображено на рис. 1.

Зі спеціальної установки з високою продуктивністю забезпечується подача дрібнодисперсного водяного аерозолю. Цей аерозоль просувається по приміщенню, не усуваючи умови для дихання людини. Осадження часток диму на краплях води призводить до зростання маси крапель та осадження важких крапель. В результаті видалення диму покращуються умови для дихання та зростає видимість у приміщенні, що сприяє ефективному проведенню оперативних дій. З подальшим рухом аерозолю по приміщенню та його потраплянні у високотемпературну зону відбувається інтенсивне охолодження зони горіння за рахунок випаровування крапель

води. Пароутворення призводить до різкого зменшення концентрації кисню. Це в комплексі зумовлює стрімке гасіння пожежі.

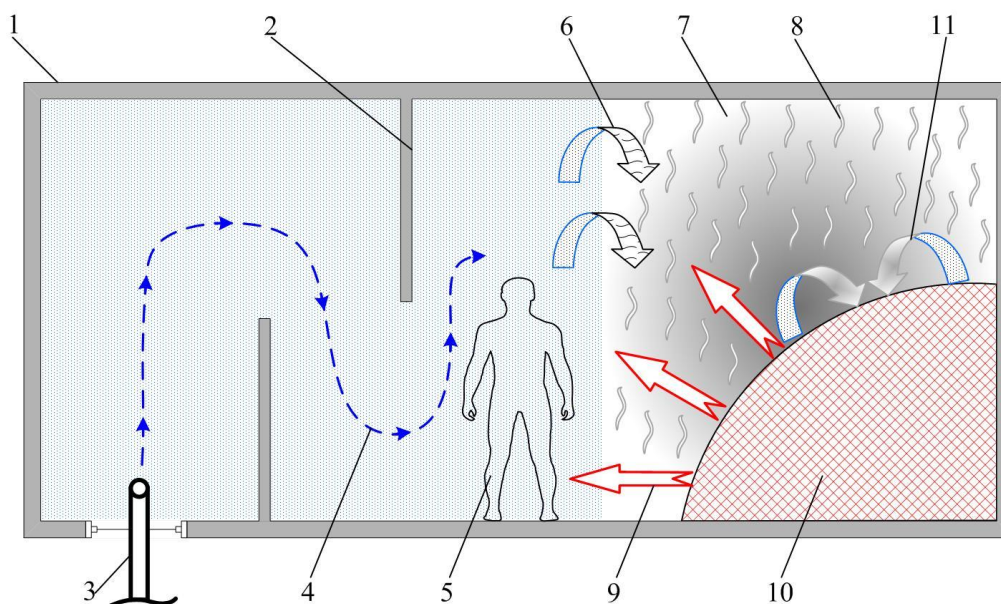


Рис. 1. Схема гасіння пожежі в приміщенні водяним аерозолем: 1 – приміщення; 2 – перегородки; 3 – ствол установки подачі дрібнодисперсного водяного аерозолю; 4 – рух водяного аерозолю; 5 – постраждалий, який потребує допомоги; 6 – процес осадження частинок диму; 7 – дим; 8 – випаровування води; 9 – теплове випромінювання під час пожежі; 10 – пожежа (відкрите полум'я); 11 – випаровування води при потрапленні її на полум'я

Для проведення експериментальних досліджень щодо гасіння осередку пожежі з непрямою подачею водяного аерозолю застосовувалась наступна схема (рис. 2).

Для проведення досліджень застосовувалась установка пожежога-сіння періодично-імпульсної дії 1 [9], до якої приєднувався ствол 2 для створення водяного аерозолю. подача води у ствол здійснювалась вихровим насосом БВН 0,32-35 У1.1 (Україна) 11 з ємності для води 12. Для відтворення умов для непрямої подачі водяного аерозолю в осередок пожежі застосовано тунель складної конфігурації 15.

Проведення експериментальних досліджень щодо гасіння осередку пожежі в тунелі складної конфігурації проходили в наступній послідовності. Приводимо в дію установку пожежога-сіння періодично-імпульсної дії 1 [9], яка своїм принципом роботи забезпечує швидкий перехід горіння в детонацію в стволі 2 по якому здійснюється подача утвореного газового струменя. Одночасно приводиться в дію і вихровий насос 11, який здійснює забір води за допомогою шлангу 10 з ємності 12, потім вода по шлангу 9, який під'єднано до насоса подається в камеру 6 де під тиском крізь форсунки, які встановлені по колу загальною кількістю 8 штук вода в розпиленого вигляді подається до ствола 7 де відбувається змішування газового та водяного струменя. Утворений водяний аерозоль 13, подавався у верхню частину тунелю, який виконувався у вигляді вигнутого прямокутника. Одночасно в нижній частині приміщення відбувало-

ся горіння твердих горючих матеріалів. В результаті, надзвуковий струмінь продуктів детонації забезпечує прискорення та подрібнення води, що виходить зі ствола 7 за короткий час та доставляє її по тунелю до осередку пожежі з послідувачим його гасінням. Далі процес повторюється. Подача води у камеру 6 здійснювалася безперервно. Загальний вид ствола установки та формування водяного аерозолю показана на рис. 3.

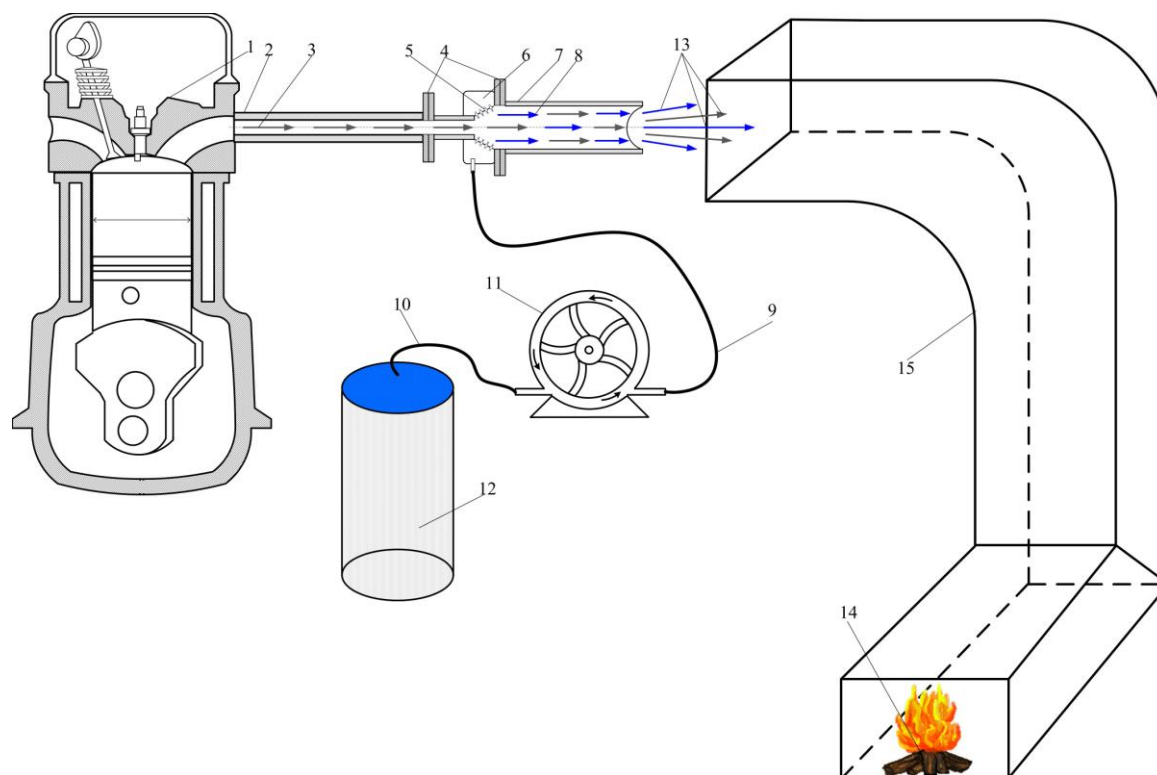


Рис. 2. Схема проведення експериментального дослідження: 1 – установка пожежогасіння періодично-імпульсної дії; 2 – ствол для подачі водяного аерозолю; 3 – газовий струмінь; 4 – фланці для з'єднання труб (стволів); 5 – форсунки; 6 – камера з водою; 7 – ствол для утворення (змішування) газового та водяного струменя; 8 – водяний струмінь; 9 – шланг для подачі води; 10 – шланг для забору води; 11 – вихровий насос; 12 – ємність з водою; 13 – водяний аерозоль; 14 – осередок пожежі; 15 – тунель складної конфігурації



Рис. 3. Загальний вид установки пожежогасіння

Під час направлення водяного аерозолю у тунель складної конфігурації відбувалось його заповнення аерозолем. Час початку виходу аерозолю з тунелю довжиною 2 м склав до 3 с (рис. 4). Після досягнення осередку

пожежі відбулося загасання пожежі. Припинення інтенсивного горіння відбулося через 9 с. Повне загасання полум'я відбулося через 25 с від початку включення установки. Цим підтверджено можливість застосування методу гасіння пожежі водяним аерозолем на основі установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії для гасіння пожежі у тунелях складної конфігурації. Це дає підстави для подальшого дослідження цього методу у задачах гасіння пожеж у приміщеннях складної конфігурації.



Рис. 4. Результати проведення експериментальних досліджень щодо гасіння осередку пожежі в приміщенні складної конфігурації

Вогнегасну здатність методу гасіння оцінимо за охолоджувальним ефектом та ефектом зменшення концентрації кисню. Відомо, що питома теплоємність води складає $4,2 \text{ кДж}/(\text{кг}\times\text{К})$ [10]. Отже, під час нагрівання 1 л води з температури $20 \text{ }^\circ\text{C}$ до $100 \text{ }^\circ\text{C}$, від осередку пожежі буде відібрано енергії у 335 кДж. Питома теплота пароутворення води дорівнює 2260 кДж/кг [10]. Тому випаровування 1 л води відніме ще 2260 кДж від осередку пожежі. Таким чином, охолоджувальний ефект буде дорівнювати 2595 кДж/кг. Застосування установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії дозволить підвищити ефективність гасіння пожеж в будівлях дрібнорозпиленою водою. Так, при роботі установки під час гасіння пожежі витрата води складе 1800 л/год., що забезпечить відбір тепла із зони пожежі біля 4 ГДж/год.

Ефект зменшення концентрації кисню розраховується за парціальним тиском. Приймаємо, що пари води витісняють повітря та газоподібні продукти згорання з приміщення. Розрахунок проведемо на прикладі приміщення з розмірами $5\times 3\times 3 \text{ м}$, загальним об'ємом 45 м^3 . Визначимо який об'єм займає $m = 1 \text{ кг}$ води при випаровуванні за рівнянням [10]:

$$V = \frac{m}{M} \cdot V_m, \quad (1)$$

де V_m – молярним об'єм газу за нормальних умов 22,4 л/моль; M – молярна маса води, 18 г/моль.

За рівнянням (1) з 1 кг води утворюється біля 1,2 м³ пари води. Таким чином, для витіснення повітря та газоподібних продуктів згорання з приміщення, що розглядається, необхідно 36 л води.

Висновки. За результатами експериментального дослідження підтверджено можливість застосування методу гасіння пожежі водяним аерозолем для гасіння пожежі у тунелях складної конфігурації на основі установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії. В умовах проведених досліджень припинення інтенсивного горіння відбулося через 9 с. Повне загасання полум'я відбулося через 25 с від початку включення установки. Під час роботи установки витрата води складе 1800 л/год., що забезпечить відбір тепла із зони пожежі біля 4 ГДж/год. Визначено, що для витіснення повітря та газоподібних продуктів згорання з приміщення розміром 5×3×3 м необхідно 36 л води.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аналіз масиву карток обліку пожеж. URL: <https://undicz.dsns.gov.ua/ua/Analiz-masivu-kartok-obliku-pozhezh.html> (дата звернення: 08.09.2019).
2. Довідник керівника гасіння пожежі: наукове виробниче видання / за заг. ред. В. С. Кропивницького. Київ, 2016. 320 с.
3. Дубінін Д. П., Коритченко К. В., Лісняк А. А. Технічні засоби пожежогасіння дрібнорозпилим водяним струменем // Проблеми пожежної безпеки. 2018. № 43. С. 45–53. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/7022>. (дата звернення: 18.07.2019).
4. Абрамов Ю. А., Росоха В. Е., Шаповалова Е. А. Моделирование процессов в пожарных стволах. Харьков, 2001. 195 с.
5. IFEX. URL: <https://www.ifex3000.com/en/home> (date of appeal 21.08.2019) – Screen title.
6. Тенденції розвитку імпульсних вогнегасних систем для гасіння пожеж дрібнорозпилим водяним струменем / Д. П. Дубінін та ін. // Проблеми пожежної безпеки. 2019. № 45. С. 41–47. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/9027>. (дата звернення: 15.08.2019).
7. Performance evaluation of water mist fire suppression: A clean and sustainable fire-fighting technique in mechanically-ventilated place / Y. Zhou et al. // Journal of Cleaner Production. 2019. 209. P. 1319–1331. doi:10.1016/j.jclepro.2018.10.315 (date of appeal 26.08.2019).
8. Assessment of a clean and efficient fire-extinguishing technique: Continuous and cycling discharge water mist system / Y. Zhou et al. // Journal

of Cleaner Production. 2018. 182. P. 682–693. doi:10.1016/j.jclepro.2018.02.046. (date of appeal 14.07.2019).

9. Improving the installation for fire extinguishing with finely-dispersed water / D. Dubinin et al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. 2(10(92)). P. 38–43. doi: 10.15587/1729-4061.2018.127865 (date of appeal 21.08.2019).

10. Соколович Ю. А., Богданова Г. С. Фізика. Харків, 2010. 384 с.

Отримано редколегією 13.09.2019

Д.П. Дубинин, К.В. Корытченко, Е.Н. Криворучко, Д.М. Думчикова

Экспериментальные исследования метода тушения пожара в помещениях сложной конфигурации водяным аэрозолем

Предложен метод тушения пожаров в помещениях жилых и общественных зданиях, а также в административно-офисных помещениях водяным аэрозолем. Проведено экспериментальное исследование метода тушения пожара водяным аэрозолем в тоннеле сложной конфигурации. Определена огнетушащая способность метода тушения по охлаждающему эффекту и по эффекту уменьшения концентрации кислорода.

Ключевые слова: водяной аэрозоль, установка пожаротушения периодически-импульсного действия, тушение пожаров, оперативные действия.

D. Dubinin, K. Korytchenko, Ye. Kryvoruchko, D. Dumchikova

Experimental investigation of the fire extinguishing method in a complex configuration with a water aerosol

The method of extinguishing fires in premises of residential and public buildings, as well as in administrative and office premises by water spray is proposed. An experimental study of the method of extinguishing a fire with a water aerosol in a tunnel of complex configuration was carried out. The fire-extinguishing ability of the quenching method with the cooling effect and the effect of reducing oxygen concentration was determined.

Keywords: water aerosol, intermittent-pulse fire extinguishing installation, fire fighting, operational actions.