

*Д. П. Дубінін, к.т.н., доц. каф., НУЦЗУ,
К. В. Коритченко, д.т.н., с.н.с., зав. каф., НТУ «ХПІ»,
А. А. Лісняк, к.т.н., доцент, нач. каф., НУЦЗУ,
С. М. Криворучко, викладач каф., НУЦЗУ,
І. О. Белоусов, викладач каф., НТУ ХПІ*

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОДАВАННЯ ВОДЯНОГО АЕРОЗОЛЮ ЧЕРЕЗ ТРУБОПРОВІД СКЛАДНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ

(представлено д.т.н. Комяк В. М.)

В роботі проведені експериментальні дослідження подавання водяного аерозолю через трубопровід складної конфігурації за допомогою установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії. Під час проведення досліджень визначався час затримки виходу водяного аерозолю із трубопроводу складної конфігурації в залежності від загальної його довжини. А також проведенні дослідження з визначення витрати води, яка конденсувалася у трубопроводі.

Ключові слова: водяний аерозоль, установка пожежогасіння періодично-імпульсної дії, гасіння пожежі, стаціонарні технічні засоби, трубопровід складної конфігурації.

Постановка проблеми. Житлове будівництво являється однією з пріоритетних галузей народного господарства. Відбувається будівництво найсучасніших житлових будівель, які характеризуються поверховістю, площею, конструктивними особливостями і великим скупченням людей. Пріоритетним завданням під час будівництва і експлуатації житлових будівель для держави залишається забезпечення безпеки людей, які проживають в них та біля них. У сфері забезпечення пожежної безпеки, житлові будівлі обладнуються системами протипожежного захисту [1] та забезпечуються своєчасним прибуттям пожежно-рятувальних підрозділів (ділі ПРП) на випадок виникнення пожежі [2–3].

Застосування стаціонарних технічних засобів для гасіння пожежі, наприклад автоматичних установок пожежогасіння і пожежних кран-комплектів може викликати додаткове ускладнення із-за постійної зміни розташування у приміщеннях житлових будівель меблевого обладнання, наприклад стелажів, меблів, тощо. Зокрема, різке зниження ефективності гасіння пожежі зрошувачами відбувається у разі виникнення осередку пожежі всередині меблевого обладнання, куди струмені води не можуть потрапити.

Під час проведення особовим складом ПРП оперативних дій необхідно враховувати: наявність великої кількості людей, яким загрожують небезпечні фактори пожежі; швидке розповсюдження пожежі та задимлення; приховане розповсюдження вогню в порожнинах

будівельних конструкцій, вентиляційних каналах і шахтах; підвищення температури; складне планування; обвалення будівельних конструкцій і вихід з ладу систем протипожежного захисту [4].

Тому організація гасіння пожеж потребує проведення складних робіт з евакуації і рятування людей, подавання вогнегасних речовин, залучення значної кількості сил та засобів. Таким чином актуальною проблемою є удосконалення технічних засобів подавання вогнегасних речовин в зону горіння при пожежі в житлових будівлях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В даний час найбільш перспективним та ефективним напрямком щодо використання води для цілей пожежогасіння є застосування засобів гасіння пожеж водяним аерозолем [5–6]. Застосування водяного аерозолу дає можливість здійснювати гасіння пожеж переважно за рахунок розведення газового горючого середовища водяною парою, що утворюється під час випаровування краплин [7–9]. Так у роботі [10] гасіння здійснюється за допомогою стаціонарної установки з якої дрібнорозпилений водяний струмінь надходить зі зрошувача та проходить крізь електричне поле. Однак цей метод має істотні недоліки, а саме: конструктивна складність, а також є ризик ураження електричним струмом. У роботах [11, 12] пропонується застосувати стаціонарні пристрої для гасіння пожеж водяним аерозолем. Принцип роботи засновано на тому, що гасіння пожежі відбувається за рахунок впливу на водяний струмінь потоку газу. Недоліком є невисока продуктивність та необхідність використання повітряних балонів високого тиску.

Відомі методи забезпечують ефективне гасіння пожежі лише у приміщеннях простої конфігурації, коли водяний аерозоль у вигляді дрібнодисперсного струменя направляється безпосереднього в осередок пожежі. В цьому випадку для гасіння пожеж у приміщеннях складної конфігурації виникає потреба у розподілі розпилювачів та пристроїв по всьому приміщенню. Також, руйнування окремого трубопроводу, по якому підводиться вода під високим тиском, в системі трубопроводів призводить до виходу з ладу практично всієї автоматичні системи пожежогасіння.

Це дає підстави стверджувати, що є доцільним проведення досліджень, щодо застосування методу гасіння пожежі у приміщеннях водяним аерозолем. Так в роботі [13] проведені дослідження, щодо гасіння осередку пожежі в конструкції (тунелі) складної конфігурації при цьому загальна довжина конструкції складала 3,4 м водяним аерозолем, що подавався зі ствола установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії. В роботі [14] визначалася довжина та висота розповсюдження струменя водяного аерозолу, витрата води з установки, а також осідання крапель води на земну поверхню.

В роботах [15, 16] авторами проведенні дослідження, щодо подачі водяного аерозолу крізь системи механічної вентиляції в осередок пожежі. Це дає підстави стверджувати, що є доцільним проведення досліджень, щодо застосування методу гасіння пожежі у приміщеннях водяним аерозолем.

Враховуючи це в роботі буде розглянуто застосування установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії при подаванні водяного аерозолю через трубопровід складної конфігурації.

Постановка завдання та його вирішення. Метою роботи є проведення дослідження можливості подачі водяного аерозолю через трубопровід складної конфігурації з установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії. Експериментальні дослідження проводилися за допомогою установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії [17] за схемою, що наведена на рис. 1.

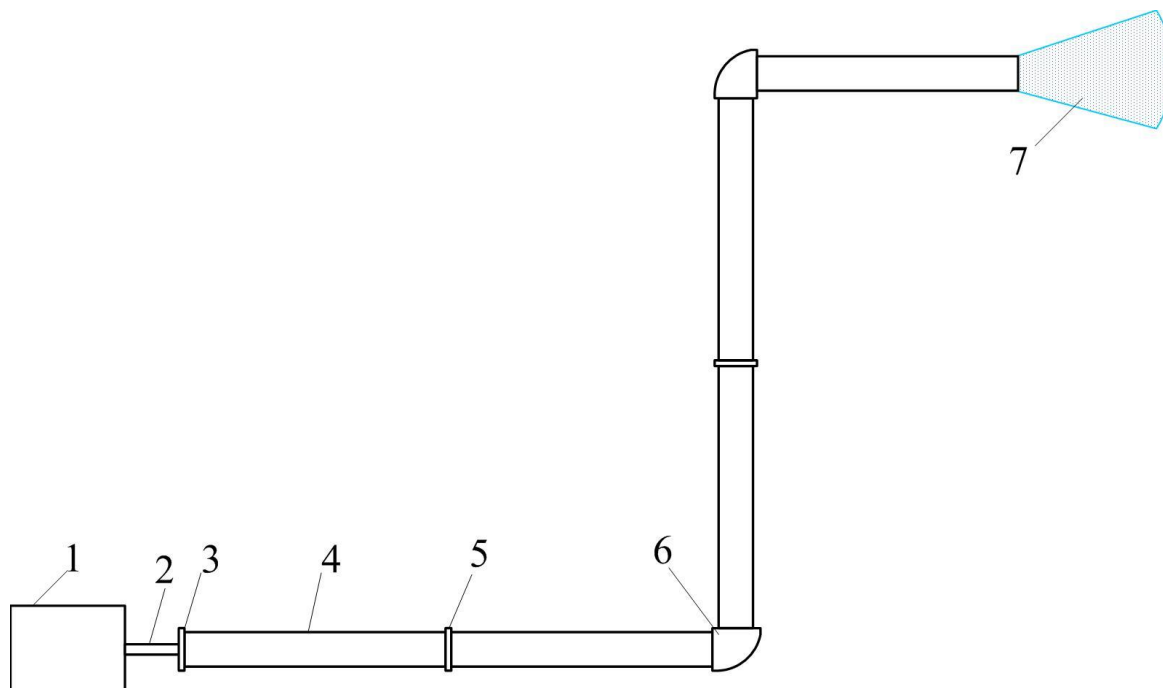


Рис. 1. Схема проведення експериментального дослідження установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії: 1 – установка пожежогасіння періодично-імпульсної дії; 2 – ствол установки; 3 – місце з'єднання ствола установки з трубою ПВХ; 4 – труба ПВХ діаметром 160 мм; 5 – місце з'єднання труб ПВХ; 6 – кутове коліно зовнішнє; 7 – струмінь рідини

Експериментальні дослідження проводилися у приміщенні за відсутності опадів і швидкості вітру та при температурі навколишнього середовища 14 °С. За допомогою труб ПВХ діаметром 160 мм було зібрано трубопровід складної конфігурації з поворотами, що відтворює канал системи вентиляції в житловому приміщенні. Довжина однієї труби ПВХ складала 2,0 м, а загальна довжина конструкції складала 10 м. В один кінець конструкції було вставлено ствол установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії, а інший кінець трубопроводу сполучався з атмосферою. Подавання води до установки здійснювалося за допомогою мембранного насоса високого тиску з витратою рідини 5,5 л/хв. При цьому, експериментальні дослідження проводилися за двох умов, а саме труба ПВХ на кінці складної конструкції розташовувалася у горизонтальному положенні рис. 2 а та у вертикальному положенні рис. 2 б.

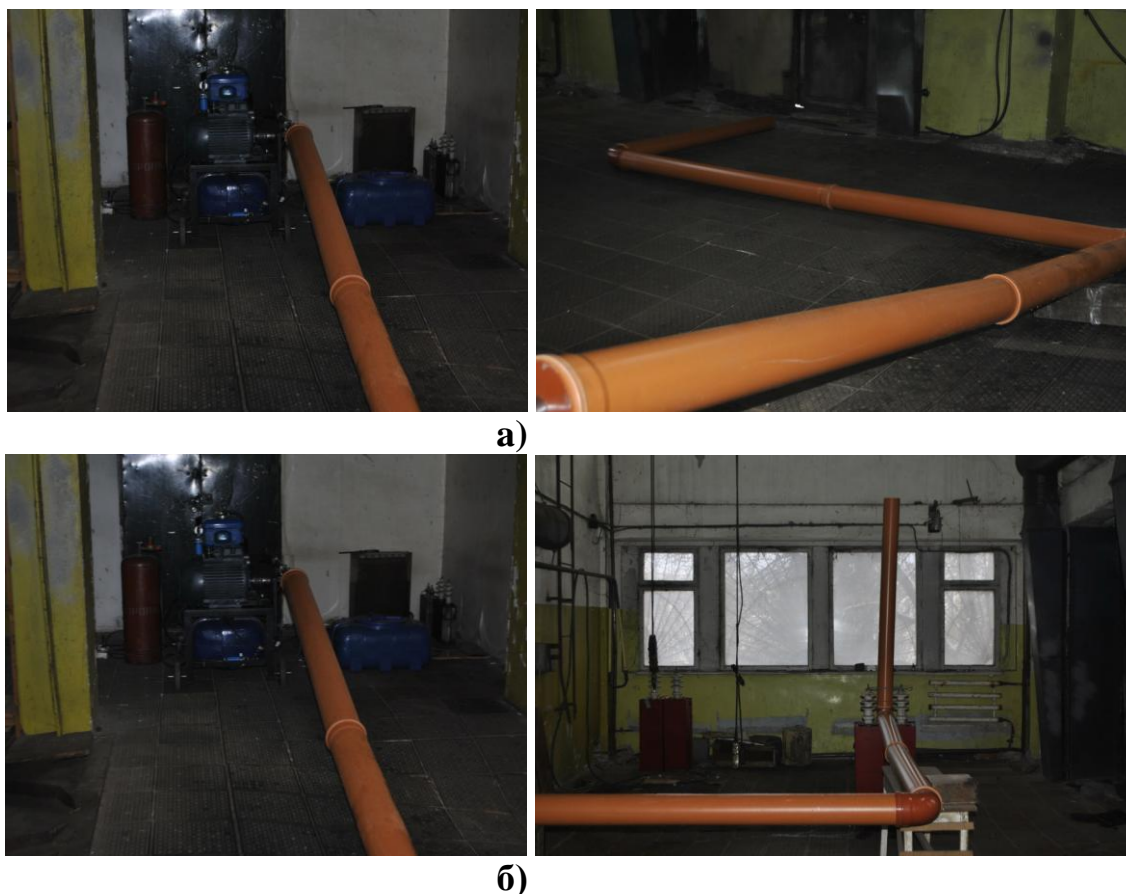


Рис. 2. Загальний вид схеми проведення експериментального дослідження з подавання вогнегасної речовини з установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії: а) труба ПВХ у горизонтальному положенні; б) труба ПВХ у вертикальному положенні

Під час проведення експериментальних досліджень відбувалось вимірювання часу затримки виходу водяного аерозолію із трубопроводу складної конфігурації в залежності від загальної його довжини та маси пари води, що конденсувалась в середині труб. За допомогою методу найменших квадратів проведено опрацювання експериментальних даних.

Дослідження з визначення часу затримки виходу водяного аерозолію із складної конструкції з труб ПВХ в залежності від її довжини здійснювалось за допомогою електронного секундоміру Flott F018. Вимірювання часу затримки відбувалось під час пуску установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії з послідуною подачею водяного аерозолію та виходу його з труби ПВХ. Фіксування часу затримки відбувалось у 4-и етапи в залежності від якості водяного аерозолію, що виходив з труби ПВХ. Вимірювання часу затримки виходу водяного аерозолію здійснювалось спочатку при загальній довжині складної конструкції з труб ПВХ, що складала 10 м з послідуном зменшення кількості труб на одну (зменшення загальної довжиною складної конструкції на 2 м) при проведенні наступних досліджень. На рис. 3 представлено вигляд кінця труби в умовах вимірювання часу затримки виходу водяного аерозолію зі складної конструкції довжиною 10 м.



Рис. 3. Результати дослідження з визначення часу затримки виходу водяного аерозолі при загальній довжині труб ПВХ 10 м: а) час 22 с; б) час 47 с; в) час 101 с; г) час 112 с

Встановлено, що вихід водяного аерозолі з труби ПВХ починає відбуватися через 22 с (рис. 3 а) від початку включення установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії та зі зростанням часу відбувалося формування аерозольної хмари у вигляді струменя (рис. 3 б, в, г).

Отримані результати досліджень з визначення часу затримки виходу водяного аерозолі з труб ПВХ в залежності від її довжини наведені в табл. 1.

Табл. 1. Результати дослідження з визначення часу затримки виходу водяного аерозолі

№ з/п	Загальна довжина труб, м	Кількість вигинів, од.	Час затримки, с			
			1-етап	2-етап	3-етап	4-етап
1	2	0	4	9	17	21
2	4	1	9	20	37	49
3	6	1	13	29	60	68
4	8	2	17	38	81	87
5	10	2	22	47	101	112

Подання водяного аерозолі із труби складної конструкції за допомогою установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії представлено на рис. 4.



Рис. 4. Загальний вид подавання вогнегасної речовини із складної конструкції: а) труба ПВХ у горизонтальному положенні; б) труба ПВХ у вертикальному положенні

Наступним етапом дослідження було визначення кількості води, що конденсувалась в трубопроводі складної конфігурації в залежності від його загальної довжини. Визначення кількості аерозолю, що конденсувався, здійснювалося спочатку при загальній довжині трубопроводу складної конструкції, що складала 10 м з послідовним зменшенням кількості труб на одну тобто на 2 м. Дослідження конденсації аерозолю здійснювалося за результатами вимірювання витікання води з трубопроводу. Результати досліджень з визначення витрати води, що конденсувалась у трубопроводі, в залежності від його загальної довжини наведені в табл. 2.

Табл. 2. Результати досліджень з визначення витрати води, що конденсувалась у трубопроводі

№ з/п	Загальна довжина труб, м	Масовий відсоток пари води, що конденсувався у трубопроводі, %	Витрата води, яка конденсувалась у трубопроводі, л/хв.	Відсоток конденсації, %
1	2	1,7	0,0935	0,0935±0,221 _{0,9}
2	4	3,9	0,2145	0,2145±0,508 _{0,9}
3	6	6,8	0,374	0,374±0,886 _{0,9}
4	8	8,1	0,4455	0,4455±1,055 _{0,9}
5	10	9,4	0,517	0,517±1,224 _{0,9}

Отримані результати проведених експериментальних досліджень подачі водяного аерозолю в трубопровід складної конфігурації дозволяють застосовувати установку пожежогасіння періодично-імпульсної дії для подавання водяного аерозолю в системи вентиляції для гасіння пожеж в житлових будівлях.

Висновки. При проведенні експериментальних досліджень подачі водяного аерозолю через трубопровід складної конфігурації за допомогою установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії визначено час

затримки виходу водяного аерозолію із трубопроводу складної конфігурації в залежності від його загальної довжини. А також витрату води, яка конденсувалася у трубопроводі. За допомогою методу найменших квадратів проведено опрацювання експериментальних даних. Отримані результати при проведенні досліджень дають підстави для застосування установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії в житлових будівлях, а її тактичні можливості дозволять подавати водяний аерозоль на різну відстань через системи механічної вентиляції до осередку горіння.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-56: 2014. Системи протипожежного захисту.
2. Довідник керівника гасіння пожежі: наукове виробниче видання / за заг. ред. В. С. Кропивницького. Київ. 2016. 320 с.
3. Дубінін Д. П., Лісняк А. А. Дослідження розвитку пожеж в приміщеннях житлових будівель // VII Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист». 2017. С. 60–62. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/5065>
4. Статут дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0802-18#Text>
5. 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://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/7022>
6. Абрамов Ю. А., Росоха В. Е., Шаповалова Е. А. Моделирование процессов в пожарных стволах. Харьков, 2001. 195 с.
7. Дубінін Д. П., Лісняк А. А. Застосування установки періодично-імпульсної дії для гасіння пожеж в будівлях дрібнорозпиленою водою // 20 Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку». 2018. С. 172–175. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/7474>
8. Дубінін Д. П. та ін. Тенденції розвитку імпульсних вогнегасних систем для гасіння пожеж дрібнорозпилим водяним струменем // Проблеми пожежної безпеки. 2019. № 45. С. 41–47. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/9027>
9. Analysis of Water Mist Fire Suppression System Applied on Cellulose Fire / F. Pancawardani et al. // Procedia Engineering. 2017. Vol. 170. P. 344–351. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.049>
10. Increasing extinguishing effect of water mist by elektrification / Dvořák O., Koller J. // The civil engineering journal. 2017. Number 1. P. 46–50. doi: 10.14311/CEJ.2017.01.0005
11. Fine water mist multiple orientation discharge fire extinguisher: pat. 8,746,357 B2 US. № 11/875,494; declared: 19.10.2007; published: 10.06.2014 p.
12. Water mist fire suppression device and method of manufacturing:

pat. 2017/0157442 A1 US. № 15/321,538; declared: 11.07.2014; published: 08.06.2017 р.

13. Експериментальне дослідження методу гасіння пожежі водяним аерозолем у приміщеннях складної конфігурації / Д. П. Дубінін та ін. // Проблемы пожарной безопасности. 2019. № 46. С. 47–53. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/10560>

14. Дубінін Д. П. та ін. Експериментальне дослідження водяного аерозолю, що створюється установкою пожежогасіння періодично-імпульсної дії // Проблемы пожарной безопасности. 2020. № 47. С. 29–34. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/10844>

15. 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

16. 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

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

Д. П. Дубинин, К. В. Корытченко, А. А. Лисняк, Е. Н. Криворучко, И. А. Белоусов

Експериментальное исследование подачи водяного аэрозоля через трубопровод сложной конфигурации

В работе проведены экспериментальные исследования подачи водяного аэрозоля через трубопровод сложной конфигурации с помощью установки пожаротушения периодически-импульсного действия. При проведении исследований определялось время задержки выхода водяного аэрозоля из трубопровода сложной конфигурации в зависимости от его длины. А также проведены исследования по определению расхода воды, который конденсировался в трубопроводе.

Ключевые слова: водяной аэрозоль, установка пожаротушения периодически-импульсного действия, тушение пожара, стационарные технические средства, трубопровод сложной конфигурации.

D. Dubinin, K. Korytchenko, A. Lisniak, Ye. Kryvoruchko, I. Belousov

Experimental study of the supply of water aerosol through a pipeline of complex configuration

Experimental studies of water aerosol supply through a pipeline of complex configuration using a periodic-pulse fire extinguishing system are carried out in the work. During the research, the delay time of the water aerosol exit from the pipeline of complex configuration was determined depending on its total length. As well as conducting research to determine the flow of water that has condensed in the pipeline.

Keywords: water aerosol, periodic-pulse fire extinguishing installation, fire extinguishing, stationary technical means, pipeline of complex configuration.