

А.І. Кодрик<sup>1</sup>, О.М. Тітенко<sup>1</sup>, С.А. Виноградов<sup>2</sup>, С.М. Шахов<sup>2</sup>, Д.В. Грищенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, Київ, Україна

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

## РОЗРОБКА ДОСЛІДНОГО ЗРАЗКА СИСТЕМИ ГЕНЕРУВАННЯ ТА ПОДАВАННЯ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ

У результаті роботи запропоновано систему генерування та подавання компресійної піни для дослідження її властивостей із вмістом модифікованих добавок при зміні складу рідини та повітря, що її утворюють. Розроблено систему вимірювання витрати водного розчину і повітря, яка являє собою апаратно-програмний комплекс.

**Ключові слова:** компресійна піна, пожежі класу А, compressed air foam systems, модифіковані добавки.

### Постановка проблеми

Ефективним вогнегасним засобом [1, 2] для гасіння пожеж класу А є компресійна піна, що утворюється у системах Compressed Air Foam Systems – CAFS (піногенерувальна система зі стисненим повітрям). Такі системи набули широкого поширення у провідних країнах світу: США, Німеччині, Китаї та ін. Слід зауважити, що технічні параметри CAFS (інтенсивність та витрати водного розчину піноутворювача / повітря), що впроваджені у практику пожежогасіння у вигляді промислових зразків, проєктують і виготовляють так, щоб забезпечити ефективне гасіння розвинених пожеж значної площі.

Основною перевагою компресійної піни при гасінні пожеж є можливість шляхом зміни складу рідкої фази отримувати піну різної кратності, яка має відмінні фізико-хімічні та експлуатаційні властивості. Це надає широкі можливості щодо вибору типу піни для гасіння пожеж у кожній конкретній ситуації. До недоліків вогнегасної властивості компресійної піни можна віднести відсутність інгібіторного впливу на зону горіння та утворення ізоляційного вогнезахисного покриття на твердій поверхні матеріалу. Одним зі шляхів вирішення цього недоліку є застосування у її складі модифікованих добавок, що набули широкого поширення для підвищення вогнегасних властивостей водних речовин у галузі пожежогасіння [3, 4].

Зі свого боку, при дослідженні вогнегасної ефективності засобів пожежогасіння, зокрема компресійної піни, застосовують стандартизовані модельні вогнища пожеж певних класів, серед яких і класу А [1, 2]. Також у науковій практиці поширення набуло використання лабораторних осередків пожеж твердих горючих матеріалів, що за розміром та площею менше за стандартизовані [5, 6]. При використанні наявних зразків з отримання компресійної піни постає

проблема, що полягає у обмежених можливостях регулювання подавання компресійної піни (інтенсивність та витрати водного розчину піноутворювача / повітря), за яких можливе її застосування із модифікованими добавками при гасінні лабораторних осередків пожеж твердих горючих матеріалів, та відсутності плавного регулювання її подачі.

Тому актуальним завданням є розробка системи із такими технічними параметрами, які дозволять забезпечити умови подавання піни (інтенсивність та витрати водного розчину піноутворювача / газової фази), що відповідають розмірам (площі) лабораторних осередків пожеж класу А та дозволять провести дослідження властивостей піни із модифікованими добавками при зміні складу рідкої та газової складових.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проведений аналіз дозволив визначити найбільш поширених виробників систем генерування та подавання компресійної піни та їх технічні параметри:

1. Фірма «HNE Technologie AG» [7], що спеціалізується на розробці та виготовленні устаткування з виробництва компресійної піни. Головною продукцією фірми є:

– ранцеві автономні CAFS серії VARIO з об'ємом вогнегасної речовини 9 та 13 літрів. Робочий тиск у системах передбачено до 38 бар, дальність подавання струменя – до 21 м. Діапазон витрат піни – до 18 л/хв;

– пересувне устаткування AviationCAFS з об'ємом вогнегасної речовини до 50 літрів, робочим тиском до 22 бар, із дальністю струменя до 10 метрів. Діапазон витрат піни – до 38,5 л/хв;

– установка MFU 50-150 із дальністю подачі струменя до 32 м, шириною розпилення до 10 м, витратою піни 40–130 л/хв.

2. Фірма «Rosenbauer Österreich GmbH» [8] завдяки універсальному асортименту продукції має відповідні рішення для будь-яких вимог, якими

можуть оснащуватися як муніципальні малі пожежні машини, так і промислові великогабаритні пожежні машини. Серед продукції представлені:

- автономні ранцеві системи RFC Portex із діапазоном витрати піни 9–11 л/хв при тиску в системі 9 бар із дальністю подавання струменя від 8 до 12 м;

- пересувна система RFC POLY Trolley із витратою 31–38 л/хв при тиску 9 бар із дальністю струменя 10–16 метрів;

- CAFS Mobile – мобільна установка, у якій передбачено генерування компресійної піни з робочим діапазоном кратності  $K = 4–20$ . Процес генерування піни відбувається шляхом встановлення установки в рукавну лінію, прокладання якою здійснюється від відцентрового пожежного насоса автоцистерни. Продуктивність установки у вигляді готової компресійної піни знаходиться в межах від 400 до 1600 л/хв. Нагнітання повітря у робочий розчин піноутворювача, що транспортується по рукавній лінії, передбачено із балонів зі стиснутим повітрям, що встановлені на модулі установки;

- CONTI & FLASH CAFS 400-2400 – стаціонарна система, змонтована на базовому шасі пожежних автомобілів. У системі забезпечено регулювання кратності в діапазоні  $K = 4–15$ . Продуктивність системи у вигляді готової компресійної піни знаходиться в межах від 1600 до 9600 л/хв. Залежить продуктивність установки від насосної установки автоцистерни;

- SKY CAFS – система генерування та подавання компресійної піни, технічні характеристики якої дозволяють подавати готову піну по рукавам на висоту до 400 м. Висота подавання зумовлена низьким вмістом рідкої фази у компресійній піни, що досягається технологією генерування;

- FLASH CAFS AR 30-400 – система генерування та подавання компресійної піни, передбачена для гасіння пожеж на аеродромах. Монтується на базове шасі аеродромних автомобілів. Слід зазначити, що продуктивність системи у вигляді готової піни можлива до 64 000 л/хв при кратності  $K = 8$ .

3. Фірма «One Seven» [9], якій належить запатентована технологія генерування компресійної піни. Виробником переважно пропонується виготовлення стаціонарних систем. Характерною рисою технології є використання низької концентрації піноутворювача від 0,3 до 1 %. Зокрема, у назві фірми «One Seven» відображено співвідношення водного розчину піноутворювача / повітря – 1:7. Серед інших продуктів компанії слід зазначити наступні системи генерування та подавання компресійної піни:

- Stored Energy System – автономна система із заздалегідь визначеним об'ємом водного розчину піноутворювача, що знаходиться під тиском. Тривалість генерування піни при гасінні пожеж – до 10 хв;

- Maxi-Xtinguisher – малогабаритна стаціонарна установка із готовим робочим розчином піноутво-

рювача. Генерування піни передбачено за рахунок повітря, що під тиском закачане до ємності з робочим розчином. Серед переваг слід зазначити низьку тривалість приведення в дію системи;

- Wandhydrant WXS – система генерування та подавання компресійної піни, що є альтернативою системі внутрішнього пожежогашіння (кран-комплекти + трубопроводи). Довжина робочої лінії рукава становить 60 м. У системі передбачено запас кількості піноутворювача та повітря на роботу протягом 20 хв. Дальність подавання струменя готової піни від ствола – до 15 м.

4. Компанія «Waterous» пропонує технологічне рішення ONE STEP CAFSystem [10]. Особливістю є модуль регулювання тиску, який забезпечує підтримання постійного дозування піноутворювача та повітря у камеру змішування системи. Фірма виготовляє низку продукції, зокрема:

- насосну установку на автоцистерні з інтегрованою системою генерування компресійної піни 150-OS ONE STEP CAFSystem. Передбачено отримання піни різної кратності залежно від умов застосування: як суху, так і мокру, з робочою концентрацією піноутворювача 0,1 %; 1,3 %; 6 %. Нагнітання повітря здійснюється за рахунок роботи вбудованого компресора із продуктивністю до 4,25 м<sup>3</sup>/хв при тиску 8,6 бар;

- Eclipse CAFSystem – модульна система генерування та подавання компресійної піни, у складі якої насосна установка та компресор. Продуктивність системи по готовій піні до 9000 л/хв при тиску 15 бар;

- модулі установки 70-35-GP, 100-50-DS, 200-100-DS, 100-50-OS, 200-100-OS із відцентровим насосом, компресором та пінодозувальним пристроєм. Продуктивність систем залежно від моделі становить до 800 л/хв у вигляді готової піни, із максимальним напором 35, 50 та 100 м вод. ст.

У [13] розроблено експериментальний лабораторний зразок CAFS, який складається з наступних основних елементів: компресор (та/або балон зі стисненим повітрям), посудина для водного розчину ПУ, реактор оригінальної конструкції для змішування водного розчину ПУ з повітрям та генерування піни. Габаритні розміри – 1050×490×650 мм. Загальна вага в спорядженому стані – 85 кг. Кількість вогнегасного розчину – 50 л. Тип піноутворювача – 1 %, 3 %, 6 %. Кратність піни – від 4 до 25. Діапазон швидкості потоку вогнегасної речовини становить від 2,8 до 25 л/хв. Час безперервної роботи при різних витратах та кратності – 150–650 с. Повітряний балон – 6,8/350 л/атм. Дальність подачі струменя по сухій піні при тиску 0,6 МПа – 10 м. Робочий тиск у системі – від 0,5 до 1,0 МПа. Довжина рукавної лінії – 10 м.

За результатами аналізу продукції виробників та наявних зразків встановлено, що при виготовленні систем керуються певними вимогами щодо їх технічних параметрів (інтенсивність та витрати

водного розчину піноутворювача / повітря). Отже, розробка системи генерування та подавання компресійної піни з необхідними технічними параметрами, що дозволять досліджувати її властивості із вмістом модифікованих добавок при зміні складу рідини та повітря, що її утворюють, є доцільною та актуальною.

### Мета статті

Метою статті є розробка системи генерування

та подавання компресійної піни для дослідження її властивостей із вмістом модифікованих добавок при зміні складу рідини та повітря, що її утворюють.

### Виклад основного матеріалу

Вимоги до системи, що розроблялась, подано у табл. 1. На рис. 1 представлено запропоновану пневмогідралічну схему генерування компресійної піни у лабораторному зразку системи.

Таблиця 1

Вимоги до системи, що розроблялась

№	Вимоги до системи	Параметри
1	Діапазон зміни кратності піни	4–20
2	Плавне регулювання витрат водного розчину / піноутворювача, л/хв	від 2 до 20
3	Тиск у системі, бар	4–8
4	Плавне регулювання витрат газової фракції, л/хв	від 8 до 450
5	Робота в залежному та автономному режимі	+
6	Регулювання інтенсивності подавання піни за допомогою сопел різних діаметрів	+
7	Регулювання порозності пористого тіла у піногенераторі	+
8	Вимірювання витрати рідинної та газової фази у режимі реального часу	+

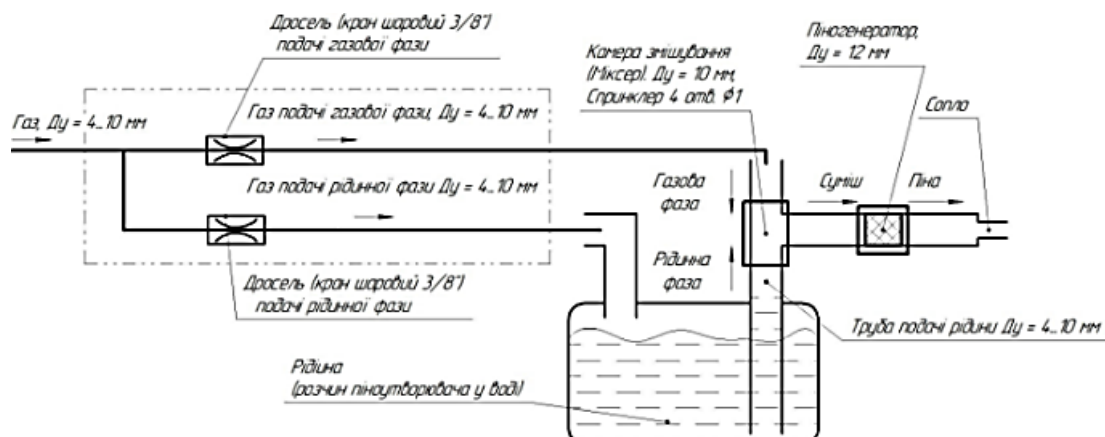


Рис. 1. Розроблена пневмогідралічна схема генерування компресійної піни у системі

Для попереднього визначення числових параметрів системи, що відповідали висунутим вимогам, було проведено моделювання генерування піни за допомогою математичної моделі [12, 13]. Застосування таких моделей передусє проектуванню різних конструкцій, особливо складних, побудованих на внутрішніх взаємодіях окремих структурних одиниць. Використана математична модель дає змогу аналітично отримати оптимальні геометричні та технологічні параметри системи із виявленням впливу технологічних параметрів на процес генерування піни.

На рис. 2 подано 3D-модель та фото розробленої системи генерування та подавання компресійної піни із оригінальним стволом для гасіння лабораторних модельних вогнищ. Процес генерування піни у системі полягає в наступному: створення тиску передбачається від зовнішнього джерела (компресор

або балон зі стиснутим повітрям).

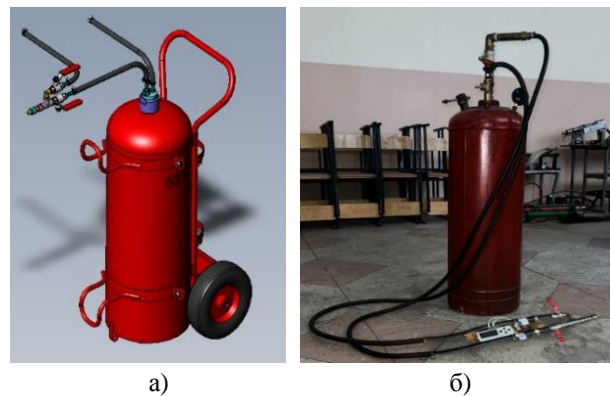


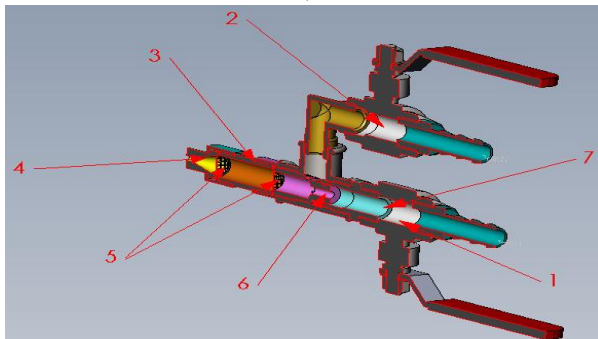
Рис. 2. Система генерування та подавання компресійної піни для гасіння лабораторних вогнищ: а) 3D-модель; б) фото зразка

Зовнішнє джерело з'єднується з системою у такий спосіб, щоб забезпечити подавання стиснутого повітря одразу до ємності з водним розчином піноутворювача (у попередньо встановленій пропорції) та камери змішування водного розчину піноутворювача (рідинна фаза) зі стиснутим повітрям (газова фаза). Кратність (співвідношення витрат рідинної та газової фази) регулюється за допомогою дроселів. Після змішування водного розчину піноутворювача зі стиснутим повітрям суміш потрапляє до камери змішування, яка забезпечує отримання високодисперсної однорідної піни. Після проходження через камеру змішування вже генерована піна потрапляє до сопла.

На рис. 3 зображено 3D-модель та фото оригінального ствола.



a)



b)

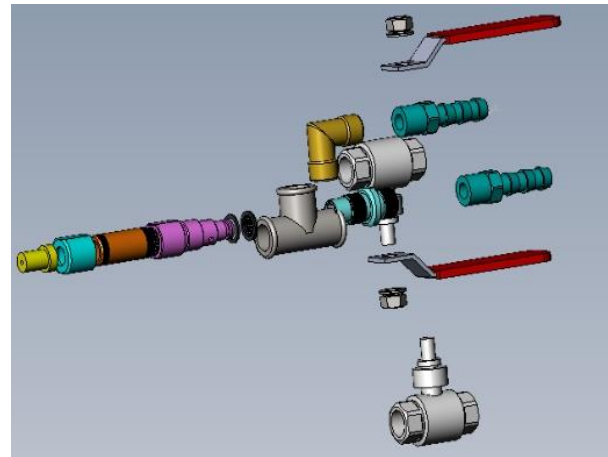
Рис. 3. Ствол для генерування та подавання компресійної піни: а) фото зразка; б) 3D-модель ствола у розрізі, де: 1 – дросель регулювання витрати водного розчину піноутворювача; 2 – дросель регулювання витрати стиснутого повітря; 3 – піногенератор 4 – сопло; 5 – пакети сіток; 6 – змішувач; 7 – втулка

Змішування повітря із розчином піноутворювача передбачено через 3 отвори діаметром 1 мм, розташованих по діаметру змішувача з кроком 120 градусів, за Т-подібним способом генерування. Для варіювання інтенсивності подавання піни у стволі передбачені змінні конусоподібні сопла з вхідним діаметром 11 мм та вихідними діаметрами 0,8 мм, 1 мм, 1,5 мм, 2 мм. Для отримання високодисперсної однорідної

піни встановлюються сітки з розміром квадрата у світлі  $1 \times 1 - 2 \times 2$ , із діаметром дроту 0,32–0,66 мм. Для спінювання суміші водного розчину піноутворювача та повітря використовується пористий елемент. Порозність пористого елемента впливає на якісні показники піни (це розмір пухирця, однорідність розмірів пухирців та стійкість піни) та кількісні показники функціонування установки (продуктивність, л/хв, споживана потужність, кВт). Величина порозності пористого елемента регулюється за рахунок його густини в об'ємі піногенератора. На рис. 4 подано фотографії елементів оригінального ствола та 3D-модель.



a)



b)

Рис. 4. Елементи розробленого ствола: а) фото виготовлених деталей; б) елементи у 3D-виді

Також розроблено систему вимірювання витрати водного розчину та повітря (рис. 5). Система являє собою апаратно-програмний комплекс, який може використовуватися для вимірювання питомої витрати водного розчину та повітря. Система дозволяє зберігати результати вимірювань на ПК у вигляді таблиці Excel для подальшої побудови залежностей.



a)

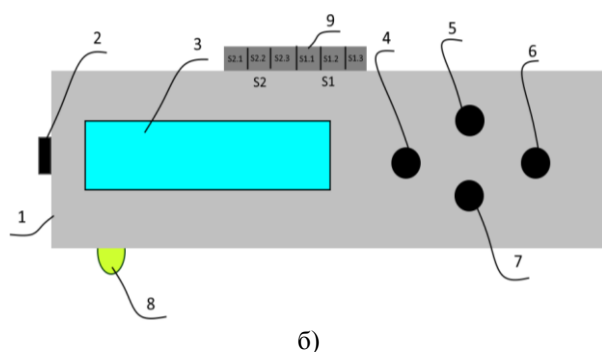


Рис. 5. Система вимірювання витрати водного розчину та повітря: а) фото зразка; б) загальний вигляд системи, де: 1 – корпус; 2 – роз’єм мікро-USB; 3 – символічний LCD-екран; 4 – кнопка «Назад»; 5 – кнопка «Вгору»; 6 – кнопка «Вперед»; 7 – кнопка «Вниз»; 8 – RG-світлодіод; 9 – роз’єм для підключення датчиків

Система дає змогу одночасно в режимі реального часу виводити на екран дисплея та на ПК витрату водного розчину піноутворювача та повітря. Використання імпульсних датчиків та здатність живлення від джерела напруги 5 В розширює спектр можливостей системи вимірювання, роблячи її ефективним і універсальним засобом вимірювання.

## Висновки

У результаті роботи запропоновано систему компресійної піни для дослідження її властивостей із вмістом модифікованих добавок при зміні складу рідини та повітря, що її утворюють.

Попередньо розроблено пневмогідролічну схему, що використовувалась як підґрунтя для врахування особливостей фізичних процесів, які відбуваються при генеруванні піни у зразку, що виготовляється. На підставі результатів математичного моделювання визначено необхідні технічні параметри системи, які задовольняють вимоги, що висувались до дослідного зразка. Виготовлена система має наступні параметри: кратність – 4–20; робочий тиск системи – 4–8 бар; плавне регулювання витрат водного розчину / піноутворювача – 2–20 л/хв; плавне регулювання витрат газової фракції – 8–450 л/хв. Зокрема передбачено можливість регулювання витрат водного розчину піноутворювача та повітря, роботу в залежному та автономному режимі, регулювання інтенсивності подавання піни за допомогою сопел різних діаметрів, регулювання порозності пористого тіла у піногенераторі. Розроблено систему вимірювання витрати водного розчину та повітря, яка являє собою апаратно-програмний комплекс. Система дає змогу зберігати результати вимірювань на ПК у вигляді таблиці Excel для подальшої побудови залежностей та одночасно в режимі реального часу виводити на екран дисплея та на ПК витрату водного розчину піноутворювача та повітря.

## Література

1. Shakhov S.M. The efficiency of the compressed air foam, water and gel extinguishing agent on the standard model fire class A / S.M. Shakhov, S.A. Vinogradov // *Safety & Fire Technology*. – 2020. – №1(56). С. 154–160.
2. Galla, S. Experimental comparison of the fire extinguishing properties of the firesorb gel and water / S. Galla, B. Stefanický, A. Majlingová // *7th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*. – 2017. – №17(51). С. 439–446.
3. Liang, T, Li, R, Li, J, et al. Extinguishment of hydrocarbon pool fires by ultrafine water mist with ammonium/amidogen compound in an improved cup burner. *Fire and Materials*. 2018. № 42. P. 889– 896. <https://doi.org/10.1002/fam.2644>
4. Zhe Dong, Shao-Kun Wei, and Lin-Shuang Zhao. Experimental Study on Synergistic Fire Extinguishing between Different Potassium Additives in Water Mist. *International Journal of Environmental Science and Development*. 2019. Vol. 10, No. 2. P.75-78. doi: 10.18178/ijesd.2019.10.2.1150.
5. Park, J. Experimental Study on Fire Sources for Full-Scale Fire Testing of Simple Sprinkler Systems Installed in Multiplexes / J. Park, J. Kwark // *Fire*. – 2021. – №4(8).
6. Wanhai, G. Study on the fire extinguishing mechanism of small size wood crib based on small sand-throwing equipment / G. Wanhai, Z. Guoqing, Y. Bin // *Case Studies in Thermal Engineering*. – 2021. – № 25. С. 1-11.
7. HNE Fightingfire [Електронний ресурс] // HNE Fighting-fire - Режим доступу: <https://www.hne.ag/de/produkte>
8. Rosenbauer [Електронний ресурс] // Rosenbauer - Режим доступу: <https://www.rosenbauer.com/de/ch/>
9. Oneseven [Електронний ресурс] // Oneseven - Режим доступу: <http://www.oneseven.com/>
10. CAFS-Systems [Електронний ресурс] // Waterous co. - Режим доступу: <http://www.waterousco.com/cafs-systems.html>
11. Шахов С.М. Підвищення ефективності використання систем подачі компресійної піни / С.М. Шахов, С.А. Виноградов, А.І. Кодрик, О.М. Тітенко // *Проблеми пожежної безпеки*. – 2020. – № 48. С. 127–131.
12. Шахов С.М. Математичне забезпечення для проектування систем генерування компресійної піни / С.М. Шахов, С.А. Виноградов, А.І. Кодрик, О.М. Тітенко // *Науковий вісник НЛТУ України*. – 2020. – № 3(30). С. 111-115.
13. Shakhov S.M. Mathematical modeling of gas-liquid flow in compressed air foam generation systems / S.M. Shakhov, S.A. Vinogradov, A.I. Kodrik, O.M. Titenko, O.V. Parkhomchuk // *Technology audit and production reserves*. – 2020. – № 4/3(54). С. 29-35.

## References

1. Shakhov, S.M., Vinogradov, S.A. (2020). The efficiency of the compressed air foam, water and gel extinguishing agent on the standard model fire class A. *Safety & Fire Technology*, 1(56), 154–160.
2. Galla, S., Štefanický, B., Majlingová, A. (2017). Experimental comparison of the fire extinguishing properties of the firesorb. Gel and water. *7th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*, 17(51), 439–446.
3. Liang, T, Li, R, Li, J, et al. (2018). Extinguishment of hydrocarbon pool fires by ultrafine water mist with ammonium/amidogen compound in an improved cup burner. *Fire and Materials*. Vol. 42. P. 889– 896. Retrieved from: <https://doi.org/10.1002/fam.2644>
4. Zhe Dong, Shao-Kun Wei, and Lin-Shuang Zhao. (2019). Experimental Study on Synergistic Fire Extinguishing between Different Potassium Additives in Water Mist. *International Journal of Environmental Science and Development*. Vol. 10, No. 2. P. 75-78. doi: 10.18178/ijesd.2019.10.2.1150.
5. Park, J., Kwark, J. (2021). Experimental Study on Fire

- Sources for Full-Scale Fire Testing of Simple Sprinkler Systems Installed in Multiplexes. Fire, 4(8).
6. Wanhai, G., Guoqing, Z, Bin, Y. (2021). Study on the fire extinguishing mechanism of small size wood crib based on small sand-throwing equipment. Case Studies in Thermal Engineering, 25, 1-11.
7. HNE Fightingfire [electronic resource] // HNE Fightingfire - Access mode: <https://www.hne.ag/de/produkte>
8. Rosenbauer [electronic resource] // Rosenbauer - Access mode: <https://www.rosenbauer.com/de/ch/world>
9. Oneseven [electronic resource] // Oneseven - Access mode: <http://www.oneseven.com/>
10. CAFS-Systems [electronic resource] // Waterous co. - Access mode: <http://www.waterousco.com/cafs-systems.html>
11. Shakhov, S.M., Vinogradov, S.A., Kodryk, A.I., Titenko, O.M. (2020). Increasing the efficiency of using compression foam supply systems. Problems of fire safety, 48, 127-131.
12. Shakhov, S.M., Kodryk, A.I., Titenko, O.M., Vinogradov, S.A. (2020). Mathematical support for the design of compression foam generation systems. Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine, 3(30), 111-115.
13. Shakhov, S.M., Vinogradov, S.A., Kodrik, A.I., Titenko, O.M., Parkhomchuk, O.V. (2020). Mathematical modeling of gas-liquid flow in compressed air foam generation systems. Technology audit and production reserves, 4/3(54), 29-35.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.О. Кіреєв, Національний університет цивільного захисту України, Україна.

**Автор:** КОДРИК Анатолій Іванович  
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник  
Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту  
E-mail – [kodrik@ukr.net](mailto:kodrik@ukr.net)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3787-5674>

**Автор:** ТИТЕНКО Олександр Миколайович  
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник  
Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту  
E-mail – [titenkoalex1954@gmail.com](mailto:titenkoalex1954@gmail.com)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4950-8580>

**Автор:** ВІНОГРАДОВ Станіслав Андрійович  
кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної та аварійно-рятувальної техніки  
Національний університет цивільного захисту України  
E-mail – [vynogradovs@gmail.com](mailto:vynogradovs@gmail.com)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2569-5489>

**Автор:** ШАХОВ Станіслав Михайлович  
доктор філософії, старший викладач кафедри інженерної та аварійно-рятувальної техніки  
Національний університет цивільного захисту України  
E-mail – [lophenns@gmail.com](mailto:lophenns@gmail.com)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9161-1696>

**Автор:** ГРИЩЕНКО Дмитро Володимирович  
ад'юнкт  
Національний університет цивільного захисту України  
E-mail – [grishchenko.pb@gmail.com](mailto:grishchenko.pb@gmail.com)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7241-737X>

## DEVELOPMENT OF A TEST SAMPLE OF A SYSTEM FOR GENERATING AND SUPPLYING COMPRESSED AIR FOAM

A. Kodryk<sup>1</sup>, O. Titenko<sup>1</sup>, S. Vynogradov<sup>2</sup>, S. Shakhov<sup>2</sup>, D. Hryshchenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>National University of Civil Protection of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

*An effective fire extinguishing agent for class A fires is the compressed air foam formed in Compressed Air Foam Systems (CAFS). Such systems have become widespread in leading countries such as the USA, Germany, China, and others. It is worth noting that the technical parameters of CAFS (intensity and consumption of an aqueous solution of foaming agent/air), implemented in the practice of fire extinguishing in the form of industrial samples, are designed and manufactured in such a way as to ensure effective extinguishing of developed fires of a significant area. When using existing samples for obtaining compression foam, a problem arises, which lies in the limited possibilities of regulating the supply of compression foam (intensity and consumption of the aqueous solution of the foaming agent/air), under which it is possible to use it with modified additives when extinguishing laboratory fires of solid combustible materials, and the lack of a smooth regulation of its supply. As a result of the research, the authors proposed a compressed air foam system to study its properties with the content of modified additives when changing the composition of the liquid and air that make it up. The manufactured system has the following parameters: multiplicity of 4–20, working pressure of systems of 4–8 bar, smooth adjustment of the consumption of aqueous solution/foaming agent of 2–20 l/min, and smooth adjustment of gas fraction consumption of 8–450 l/min. In particular, it is possible to adjust the consumption of the aqueous solution of the foaming agent and air, to work in dependant and autonomous mode, to regulate the intensity of the foam supply using nozzles of different diameters, and to change the porosity of the porous body in the foam generator. Further, we developed a system for measuring the flow of aqueous solution and air, which is a hardware and software complex. The system allows saving the measurement results to a PC in the form of an Excel spreadsheet for further development of dependencies and simultaneously displaying the flow rate of the aqueous foaming agent solution and air on the display screen and PC in real-time.*

**Keywords:** compressed air foam, class A fires, compressed air foam systems, modified additives.