



В. М. Баланюк, О. І. Гірський, О. М. Іващишин

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0853-4229> – В. М. Баланюк

<https://orcid.org/0000-0001-6225-0601> – О. І. Гірський

<https://orcid.org/0009-0002-3699-189X> – О. М. Іващишин



Bagr33@ukr.net

ДОСЛІДНО - ВИПРОБУВАЛЬНА БАЗА ЗАСОБІВ ОБ'ЄМНОГО ГАСІННЯ В УКРАЇНІ

У статті розглянуто актуальну проблему створення та розвитку дослідно - випробувальної бази засобів об'ємного гасіння в Україні. Питання ефективного гасіння пожеж у замкнених об'ємах є надзвичайно важливим через складність забезпечення рівномірного розподілу вогнегасної речовини та підтримання необхідної концентрації в усьому об'ємі. Перегородки, конструктивні елементи будівель і обмеження циркуляції повітря значно ускладнюють процес поширення вогнегасного середовища, що унеможливорює повне припинення горіння. Наявні методики випробування засобів об'ємного гасіння не враховують цих просторових факторів і не відображають реальних умов експлуатації систем.

Метою дослідження є аналіз чинної нормативно-технічної бази та наукових джерел щодо визначення вогнегасних і флегматизувальних властивостей дисперсних вогнегасних речовин, виявлення недоліків існуючих методик випробування та розроблення рекомендацій щодо їх удосконалення. Встановлено, що чинні стандарти не враховують особливостей поширення вогнегасних речовин у приміщеннях складної конфігурації, що знижує ефективність їх дії. Аерозольні системи характеризуються високою стабільністю концентрації, однак не забезпечують рівномірного розподілу частинок за наявності перегородок і зон обмеженого доступу. Порошкові засоби мають короткочасну дію через осідання частинок, тоді як газові системи забезпечують рівномірне заповнення простору, але потребують точного розрахунку параметрів концентрації та часу подавання. Виявлено також, що стандарти ISO та EN не завжди адаптовані до національних умов експлуатації, тому виникає потреба у створенні випробувально-дослідної бази для перевірки ефективності засобів об'ємного гасіння у моделях приміщень різної геометрії.

Отримані результати можуть бути використані під час розроблення нових нормативних документів, підвищення надійності систем протипожежного захисту та вдосконалення методик оцінювання ефективності вогнегасних речовин. Вони створюють наукове підґрунтя для формування сучасних підходів до класифікації об'ємних засобів пожежогасіння. Подальші дослідження будуть спрямовані на експериментальну перевірку теоретичних висновків і впровадження нових критеріїв оцінки їх ефективності.

Ключові слова: об'ємне гасіння, дослідно - випробувальна база, газові, порошкові й аерозольні системи пожежогасіння.

V. M. Balanyuk, O. I. Girskiy, O. M. Ivashchyshyn

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

TESTING AND RESEARCH BASED ON VOLUME EXTINGUISHING DEVICES IN UKRAINE

This article discusses the challenge of developing a testing and research infrastructure for total flooding fire suppression systems in Ukraine. Ensuring uniform distribution and concentration of extinguishing agents in enclosed spaces is complicated by structural elements and air circulation, which impact agent dispersion and fire suppression effectiveness. Existing testing methods do not accurately represent these operational conditions.

The aim of this study is to analyse the current regulatory framework and scientific literature on the fire-extinguishing and flame-retardant properties of dispersed agents, identify shortcomings in existing testing methods, and provide recommendations to improve them. It was found that current standards do not consider the distribution of extinguishing agents in complex spaces. Aerosol systems provide high concentration stability but do not ensure uniform particle distribution in partitioned areas. Powder systems have a short duration of action due to rapid particle settling, while gaseous systems achieve uniform space coverage but require precise calculation of delivery parameters. Furthermore, ISO, EN, and NFPA standards are not always tailored to national operational conditions, underscoring the need for

dedicated testing and research infrastructure to evaluate the effectiveness of total flooding systems in rooms of varying geometries.

These results support the development of new regulations, enhance the reliability of fire protection systems, and improve evaluation methodologies for extinguishing agents. They offer a scientific foundation for modern approaches to classifying total flooding fire suppression systems. Future research will experimentally validate theoretical conclusions and implement new performance assessment criteria.

Keywords: volume extinguishing, test and research base, gas, powder, and aerosol fire extinguishing systems.

Вступ

Проблема ефективного гасіння пожеж у замкнених об'ємах залишається однією з найактуальніших у сфері пожежної безпеки. Сучасні об'єкти мають складну просторову структуру, наявність перегородок, вентиляційних каналів, технологічних шахт, що ускладнює доступ вогнегасних речовин до можливого осередку горіння [1]. У таких умовах традиційні методи пожежогасіння часто виявляються недостатньо ефективними, що зумовлює потребу у використанні засобів об'ємного гасіння — газових, порошкових та аерозольних систем [2]. Однак відсутність уніфікованих методик оцінювання їх ефективності, недосконалість нормативно-технічної бази та брак випробувальних дослідних установ створюють низку проблем при сертифікації та практичному застосуванні цих систем. Таким чином, дослідження нормативних документів, визначення недоліків чинної випробувальної бази та розроблення пропозицій щодо удосконалення методик випробування засобів об'ємного пожежогасіння є важливим завданням сучасної пожежної науки [3]. Крім цього трапляються нетипові пожежі з винятковими умовами, які не можуть бути загашені ефективно, навіть якщо припустити, що відсоток таких пожеж є невеликий, менший від 1 %, вони все ж таки трапляються.

Постановка проблеми

Пожежі бувають різних форм, площ, у замкнених приміщеннях та з різними типами горючих матеріалів (тверді, рідкі, гази та метали), характером поширення (зовнішні, внутрішні, приховані). На пожежах відомі випадки поновлення горіння через приховане продовження горіння або пожежа виникла там, де неможливо одразу візуально їх розпізнати. Через це було створено засоби гасіння в об'ємах; у складних місцях, таких як тунель, шахтах, літій-іонні акумулятори [2]. Адже придушення прихованих пожеж є необхідним для запобігання повторному займанню. При гасінні об'ємних пожеж може бути багато особливостей які полягають у складних конструкціях приміщень, обладнання. Наприклад, під час гасіння пожеж у замкнених приміщеннях фронт полум'я може бути розділений будівельними конструкціями або перегородками, за якими процес горіння триває. У таких випадках об'ємні засоби пожежогасіння можуть не забезпечити формування необхідної

вогнегасної концентрації в осередку горіння через обмежене проникнення вогнегасної речовини за межі основного об'єму [3]. Отже, подавання вогнегасного середовища в об'єм приміщення не завжди гарантує повне припинення процесу горіння. Горіння може продовжуватися у прихованих зонах, хоча його візуальні ознаки відсутні. З огляду на це, актуальним науково-практичним завданням є створення дослідно-випробувальної бази для оцінювання ефективності засобів об'ємного пожежогасіння та підтвердження їх придатності до застосування в різних просторових умовах.

Виклад основного матеріалу

Огляд нормативних документів наукової літератури у галузі визначення вогнегасних та флегматизувальних властивостей дисперсних вогнегасних речовин.

Універсальних вогнегасних засобів не існує, тому для припинення процесу горіння однієї і тієї ж речовини у ряді випадків використовують різні вогнегасні засоби [3] у сучасній протипожежній практиці все більше уваги приділяється системам, що використовують дисперсні вогнегасні речовини (наприклад, концентровані аерозолі), а також засобам флегматизації (вогнегасним інгібіторам горіння, інгібіторам запалювання). Для ефективного та безпечного застосування таких засобів необхідні науково-обґрунтовані методики оцінки їх вогнегасних і флегматизувальних властивостей, а також нормативне регулювання проектування, монтажу та технічного обслуговування відповідних систем [3]. Вогнегасні аерозолі можна застосовувати у вибухонебезпечних приміщеннях за умови, що виробник має відповідні дозволи та схвалення стосовно таких об'ємів від відповідних уповноважених органів.

Вогнегасний аерозоль являє собою вогнегасну речовину, що складається з дрібнодисперсних твердих частинок (наприклад, з масовою часткою 40 %), основою яких зазвичай бувають солі лужних металів, і газоподібних речовин (наприклад, з масовою часткою 60 %), головним чином азоту, діоксиду вуглецю і водяної пари. Вогнегасний аерозоль гасить полум'я шляхом хімічного впливу, перешкоджаючи перебігу ланцюгових реакцій, що відбуваються в полум'ї, завдяки зв'язуванню реакційно здатних вільних радикалів, а також фізичного впливу, а саме охолодження осередку пожежі [4]. Обидва процеси відбуваються головним

чином на поверхні частинок аерозолі, тобто що менші ці частинки, то ефективніше гасіння.

Усі пристрої мають бути розраховані на вплив цього вогнегасного аерозолі в наявних умовах, і не повинні легко виходити з ладу або бути схильними до випадкового спрацювання за різних температур.

Як правило, пристрої мають бути спроектовані для належної роботи за температури від $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ або марковані із зазначенням обмежень щодо температури або ж використовуватись у відповідності до вимог виробника, що мають бути вказані на паспортній табличці або (за її відсутності) в настанові виробника [5].

У випадку вогнегасних аерозолів потрібно приділяти особливу увагу визначенню максимальної температури повітря, за якої можна встановлювати генератор вогнегасного аерозолі без ризику його самого пуску під впливом температури.

Генератори вогнегасного аерозолі не повинні встановлюватись на відстані, меншій за зазор, що забезпечує термічну безпеку і вказаний у настанові виробника.

Відомо [11], що автоматична установка об'ємного пожежогасіння – це установка на основі генераторів вогнегасного аерозолі з електричним запуском із застосуванням автоматичних засобів виявлення пожежі, у якій вогнегасний аерозоль використовують як вогнегасну речовину. Автоматичні установки аерозольного пожежогасіння (АУАП) застосовують для гасіння (ліквідації) пожеж - горіння твердих речовин, яке не супроводжується тлінням), класу В (горіння рідких речовин) та локалізуванню пожеж - горіння твердих речовин, яке супроводжується тлінням. Застосування АУАП для захисту кабельних споруд (напівповерхи, колектори, шахти тощо) припустиме для споруд об'ємом до 3000 м^3 , висотою не більшою ніж 10 м, за значень параметра негерметичності приміщення не більше ніж $0,001\text{ м}^{-1}$ та за відсутності в електромережі захищеної споруди пристроїв автоматичного повторного вмикання (або його блокування АУАП) [6]. Використовуючи вогнегасний аерозоль чи інший об'ємний засіб пожежогасіння, наприклад порошок чи газ, потрібно визначити, чи заповнить він ефективно весь об'єм, чи лиш поверхневі частини. Враховуючи те, що питання зачепило вогнегасні порошки, необхідно зазначити, що вони є достатньо ефективними у гасінні пожеж майже всіх класів. Дія вогнегасних аерозолів та порошоків на полум'я визначається рядом фізичних та хімічних факторів. Хімічний вплив, в свою чергу, залежно від виду порошку і виду полум'я, обумовлює гасіння як гомогенним, так і гетерогенним інгібуванням (гальмуванням)

реакцій горіння [11]. Гомогенне інгібування здійснюється шляхом втягування активних радикалів іон-молекулярні комплекси з іонами, молекулами, атомами солей, а також зміною теплових ефектів ряду хімічних реакцій і полівпливу іонів [6]. У випадку гетерогенного механізму інгібування частинки порошку діють як «вловлювачі» активних центрів, що протікають у реакції горіння. Вогнегасні порошки, що гасять класи пожеж А, В, С, електричне обладнання, володіють додатковим ефектом, що проявляється в гасінні тліючих речовин та матеріалів пожеж класу А1. З аналізу літературних джерел зрозуміло, що вогнегасні порошки – одні з найбільш ефективних засобів пожежогасіння, однак недостатнє ознайомлення з основними факторами їх дії на вогнища пожеж різних класів призводило до неправильного застосування тих чи інших марок порошоків або аерозолі в умовах реальних пожеж. Також вогнегасний порошок, на відміну від вогнегасних газів, швидко осідає після потрапляння в об'єм та не забезпечує збереження вогнегасної концентрації до 30 хвилин. Таким чином вогнегасні порошки не є універсальними об'ємними засобами пожежогасіння.

Також необхідно виокремити питання вогнегасної дії дисперсної води або соляних водних розчинів. Їх дія проявляється в основному завдяки охолоджувальному ефекту і, звичайно, розбавленню зони реакції утворенню водяною парою, а також зміні теплофізичних властивостей горючої системи [11]. Стосовно установок газового пожежогасіння (УГП), то на теперішній час вони все більш широко застосовуються для протипожежного захисту тунелів та технологічного обладнання. Вогнегасний газ ефективно ліквідує пожежі об'ємним способом та легко проникає в зону горіння пожежі, куди подавання інших речовин, наприклад порошку, піни, розпиленої води, є ускладненим. Після ліквідації пожежі або несанкціонованого пуску УГП газова вогнегасна речовина (ГВР), так само як і аерозоль практично, не створює шкідливого впливу на матеріальні цінності, що охороняються, порівняно з іншими вогнегасними речовинами та легко видаляється вентиляційним способом [10]. Тому автоматичні установки газового пожежогасіння (АУГП) широко застосовують для захисту електрокабелів, приладів та щитів управління. Кожна з дозволених до застосування ГВР є достатньо ефективною і пожежу буде ліквідовано, якщо в захищуваному об'ємі буде створено нормативну вогнегасну концентрацію, встановлено час її подавання, виходячи з науково обґрунтованого прогнозу зниження температури в зоні горіння до 100°C . Існує два способи газового пожежогасіння: об'ємний та локально-об'ємний.

Таблиця 1

Перелік нормативних документів що регламентують використання засобів об'ємного пожежогасіння

Тип гасіння об'єкта, приміщення	Нормативні документи
Порошкове гасіння	- ДСТУ EN 12416-1:2015 «Стаціонарні системи порошкового пожежогасіння. Частина 1. Вимоги до компонентів і методи випробувань» - ДСТУ EN 12416-2:2015 «Стаціонарні системи порошкового пожежогасіння. Частина 2. Проектування, монтаж та технічне обслуговування» - ДСТУ ISO 7202:2005 - ISO 7202:2003 — Fire extinguishing media
Газове гасіння	- ДСТУ EN 12094-1:2015 «Протипожежна техніка. Стаціонарні системи газового пожежогасіння. Компоненти систем газового пожежогасіння. Частина 1. Вимоги до електричних пристроїв автоматичного управління і затримки та методи їх випробувань» - ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» - ISO 14520-1:2015 «Gaseous fire-extinguishing systems — Physical properties and system design — Part 1: General requirements»
Вогнегасний аерозоль	- ДСТУ 4490-2005 «Установки автоматичного аерозольного пожежогасіння. Загальні технічні вимоги» - ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» - ДСТУ 15276-1:2021 «СТАЦІОНАРНІ СИСТЕМИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ. СИСТЕМИ АЕРОЗОЛЬНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ» - ISO 15779:2011 Condensed aerosol fire extinguishing systems — Requirements and test methods for components and system design

Аналіз недоліків та причин низької ефективності недоліків при випробуванні та добровільній сертифікації порошкових та аерозольних засобів пожежогасіння, шляхи їх усунення.

Аерозольний метод є об'ємним методом гасіння пожеж, тобто у всьому приміщенні створюється середовище, що не підтримує процес горіння, навіть у важкодоступних місцях. Вогнегасна концентрація аерозолі може підтримуватися у приміщенні більше пів години. Завдяки цьому виключається можливість повторного займання. У ДСТУ 15276-1:2021 існує визначення ефективності використання аерозолеутворювальної композиції — це оцінене значення дійсної маси вогнегасної речовини, поданої генератором певного типу, що забезпечує досягнення дійсного значення показника вогнегасної здатності аерозолевої вогнегасної речовини в модельній споруді. Також існують вимоги до генераторів вогнегасного аерозолі, де виробник має вказати мінімальну відстань від випускного соплового отвору генератора до найближчої перепони. Виробник має вказати мінімальну та максимальну масу вогнегасного аерозолі, твердої аерозолеутворюючої композиції в генераторі, показник вогнегасної здатності для певних горючих матеріалів, горіння яких належить до пожеж різних класів, максимальну захищувану площу і відповідні значення максимальної та мінімальної висоти

захищуваного приміщення для кожного типорозміру генератора вогнегасного аерозолі, Тривалість подавання вогнегасної речовини, робочі діапазони температури і відносної вологості повітря - генератори вогнегасного аерозолі мають спрацьовувати за температур повітря, вказаних виробником, вимогою є їх спрацьовування в діапазоні принаймні від мінус 20 С до +50 С, термін та умови зберігання, температура струменя вогнегасного аерозолі - вибрані типорозміри виробів мають відповідати захищуваному об'єму з огляду на мінімальний зазор, що забезпечує термічну безпеку, від випускного соплового отвору генератора [5]. Та при цих всіх параметрах, жоден виробник та документ не вказує: об'єм заповнення приміщення, максимальну щільність, у яку може попадати вогнегасна речовина, об'ємної чи локально-об'ємної дії вогнегасна речовина, установки для перевірки цих параметрів, відповідну документацію про ці всі параметри вогнегасної речовини, вплив при потраплянні її на електрообладнання [11-13].

При цьому автори статей розглядають питання розповсюдження аерозолі (твердих частинок + газова фаза) у закритому приміщенні після його активації, і ці ключові величини: однорідний час дифузії — час, за який концентрація аерозолі стає практично однорідною по всьому приміщенню; ефективна концентрація — концентрація аерозолі, достатня

для гасіння пожежі в даному об'ємі, взаємозв'язок між коефіцієнтом дифузії, часом дифузії і концентраційною динамікою.

Після запуску генератора аерозолі якийсь час частинки дифузують (розсіюються) по об'єму приміщення, поки концентрація не стане відносно рівномірною. Цей проміжок часу і є «часом заповнення» чи «однорідного розподілу». При цьому жоден автор не згадував про заповнення повного об'єму приміщення з усіма перегородками та щілинами та виходячи з цього визначати чи це аерозоль об'ємного гасіння чи локально-об'ємного [13].

Щодо вогнегасних порошків то вогнегасна ефективність всіх вогнегасних порошків збільшується із зростанням ступеня дисперсності [4]. Таким чином, при гасінні високодисперсними порошками кількість ефективних взаємодій молекул і радикалів в зоні хімічної реакції горіння буде значно меншою, бо число нейтральних частинок високодисперсного порошку в 1см^3 співмірне з числом активних радикалів. Загальновідомо, що обрив ланцюгових реакцій здійснюється на твердій поверхні, тобто від кожного активного центра тягнеться ланцюг до твердої поверхні, а отже, чим ближче активний центр до твердої поверхні, тим коротший ланцюг, що забезпечує високу ймовірність обриву ланцюга, отже, і високу ймовірність зниження швидкості горіння аж до його повного припинення [14]. Чим дрібніші частинки, тим швидше вони будуть прогріватись і тим більше будуть відбирати тепло від зони хімічної реакції за одиницю часу і тим швидше буде охолоджуватись полум'я. Проте розбавлення зони горіння і відвід тепла частинками пилу є недостатнім для того, щоб повністю припинити горіння [15]. Так, вогнегасний ефект порошків, завдяки інгібуванню, на основі солей лужних металів значно перевищує ефект охолодження або розбавлення [14]. Тобто порошки здатні гальмувати хімічні реакції горіння, діючи як інгібітори. Проте щодо порошків, так як і щодо аерозолів ніде не вказано про їхню об'ємну дію чи об'ємно-локальну дію.

Ця проблема є актуальною через відсутність нормативних документів та випробувальних методик, які б окреслювали вимоги і визначали технічні та експлуатаційні характеристики зазначених аерозольних та порошкових засобів пожежогасіння [17] відповідно до їх складу, вогнегасної ефективності та ін. Встановлено, що саме лиш ухвалення відповідних нормативних документів не вирішить усіх проблем технічного регулювання у сфері пожежної безпеки та під час виготовлення продукції протипожежного призначення, адже ці проблеми пов'язані з

вузьким спрямуванням вітчизняних нормативних документів, а також з відсутністю належного фінансування робіт з розроблення національних стандартів під відповідні технічні регламенти та методики, а також недостатнім оснащенням, сучасним випробувальним устаткуванням випробувальних лабораторій. Щодо питання шляхів вирішення проблем нормативно технічних рішень в галузі випробувань аерозольними, порошковими та газовими вогнегасними речовинами то необхідно зазначити, що розвиток систем об'ємного пожежогасіння на основі зазначених речовин (аерозольних та порошкових) потребує удосконалення нормативно-технічної бази, яка сьогодні залишається фрагментарною та недостатньо узгодженою з міжнародними вимогами. Для подолання цих недоліків необхідно реалізувати комплекс нормативно-технічних та науково-практичних рішень, спрямованих на підвищення достовірності результатів випробувань і забезпечення єдиного підходу до оцінювання ефективності дисперсних вогнегасних речовин. Для вирішення цього питання необхідно розробити національний стандарт, що визначатиме методи випробування систем об'ємного пожежогасіння з урахуванням геометрії приміщень, швидкості дифузії вогнегасної речовини в об'ємі та часу утримання ефективної концентрації [17]. Отже пропонуємо ввести у нормативній документації вимоги обов'язкового визначення типу дії речовини — локальної, локально-об'ємної чи об'ємної — під час сертифікаційних випробувань. Доцільним є також створення дослідно - випробувальних баз для перевірки ефективності аерозольних і порошкових систем у приміщеннях різного об'єму, конфігурації та типу пожежного навантаження. Щодо дослідно - випробувальної бази, то вона повинна бути призначена для моделювання пожеж у закритих приміщеннях об'ємом до 100 м^3 . Це дозволить досліджувати розподіл аерозолі чи порошку, концентрацію вогнегасної речовини та час її утримання. Можна зазначити, що установка повинна складатися з секційних металевих контейнерів або модулів, які можна комбінувати для імітації приміщень різної конфігурації (з перегородками, шахтами, кабельними каналами). Забезпечувати вимірювання температури, тиску, швидкості осідання частинок, електропровідності, а також оцінку впливу вогнегасних речовин на електрообладнання та матеріали. Таким чином буде можливо визначити: відповідність дисперсних вогнегасних речовин нормативним вимогам; тип запропонованої дії (локальна, локально-об'ємна чи об'ємна); рівномірність заповнення приміщення та стійкість концентрації

у часі; оцінку впливу вогнегасної речовини на електрообладнання, ізоляційні матеріали та оптичну видимість у приміщенні.

Висновок

У результаті проведеного аналізу встановлено, що нормативно-технічна база щодо випробувань аерозольних і порошкових вогнегасних речовин потребує суттєвого вдосконалення. Існуючі стандарти не враховують реальних умов поширення вогнегасних речовин у приміщеннях із різною конфігурацією, що знижує достовірність оцінки їх вогнегасної ефективності. Доцільним, також є запровадження в нормативно-технічних документах визначення типу запропонованої дії (локальна, локально-об'ємна чи об'ємна).

Список літератури:

1. АНАЛІТИЧНА ДОВІДКА про пожежі та їх наслідки в Україні за 10 місяців 2025 року. <https://dsns.gov.ua/upload/2/5/1/4/3/0/4/analitichna-dovidka-pro-pozezi-za-10-misiaciv-2025-roku.pdf>.
2. Х. Чжан, М.Х.С. Ісмаїл, Ф.Р.Б. Ахмадун та ін., Браз. Дж. Хім. Інгл. 32, 2015. 707–724с. <https://doi.org/10.1590/0104-6632.20150323s00003510>
3. Стаціонарні системи пожежогасіння. Системи аерозольного пожежогасіння. Частина 1. Вимоги до компонентів і методи їх випробувань: ДСТУ EN 15276-1:2021. [Чинний від 01-05-2022] Держстандарт України, 2021.
4. Стаціонарні системи пожежогасіння. Системи аерозольного пожежогасіння. Частина 2: Проектування, монтаж і технічне обслуговування: ДСТУ EN 15276-2:2022. [Чинний від 01-03-2024] Держстандарт України, 2024.
5. Пожежна техніка. Установки автоматичні аерозольного пожежогасіння. Проектування, монтажування та експлуатування. Технічні вимоги: ДСТУ 4490-2005. [Чинний від 01-07-2006] Держстандарт України, 2006.
6. Системи протипожежного захисту: ДБН В.2.5-56:2014 [Чинний від 01-07-2015] Держбуднорми України, 2015.
7. Стаціонарні системи порошкового пожежогасіння. Частина 1. Вимоги до компонентів і методи випробувань: ДСТУ EN 12416-1:2022. [Чинний від 31-12-2023] Держстандарт України, 2023.
8. Стаціонарні системи порошкового пожежогасіння. Частина 2. Проектування, монтаж та технічне обслуговування: ДСТУ EN 12416-2:2022. [Чинний від 31-12-2023] Держстандарт України, 2023.
9. Розроблення технічної документації. Графи у штампях та основних написах :ДСТУ ISO

7202:2005. [Чинний від 01-10-2006] Держстандарт України, 2006.

10. Gaseous fire-extinguishing systems — Physical properties and system design — Part 1: General requirements: ISO 14520-1:2015

11. Н.М. Козяр, Підвищення ефективності об'ємного пожежогасіння: збірник наукових праць, Львів: “Пожежна безпека”, 2014. Том 25, 47-52 с. ldubgd.edu.ua/sites/default/files/files/9_16.pdf.

12. Condensed aerosol fire extinguishing systems — Requirements and test methods for components and system design: ISO 15779:2011

13. Протипожежна техніка. Стаціонарні системи газового пожежогасіння. Компоненти систем газового пожежогасіння. Частина 1. Вимоги до електричних пристроїв автоматичного управління і затримки та методи їх випробувань: ДСТУ EN 12094-1:2015. [Чинний від 01-01-2016] Держстандарт України, 2016.

14. Babrauskas V. Fire Extinguishing Mechanisms of Dry Chemical Powders. Fire Safety Journal, 2010; Dry chemical powders in fire suppression: mechanisms of inhibition, cooling, and dilution. Journal of Fire Sciences, 2012.

15. Standard Test Methods for Heat and Mass Transfer in Fire Suppression: ASTM E1355-08.

16. Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems: NFPA 2001-2022

References:

1. ANALITYCHNA DOVIDKA pro pozhezhi ta yikh naslidky v Ukraini za 10 misiatsiv 2025 roku. [ANALYTICAL REPORT on fires and their consequences in Ukraine for 10 months of 2025]. <https://dsns.gov.ua/upload/2/5/1/4/3/0/4/analitichna-dovidka-pro-pozezi-za-10-misiaciv-2025-roku.pdf>.
2. H. Zhang, M.H.S. Ismail, F.R.B. Ahmadun et al., Braz. J. Chem. English 32, 2015. 707–724p. <https://doi.org/10.1590/0104-6632.20150323s00003510>.
3. Statsionarni systemy pozhezhohasinnia. Systemy aerzolnoho pozhezhohasinnia. Chastyna 1. Vymohy do komponentiv i metody yikh vyprobuvan [Stationary fire extinguishing systems. Aerosol fire extinguishing systems. Part 1. Requirements for components and their test methods]. (2022). DSTU EN 15276-1:2021 from 1st May 2022. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
4. Statsionarni systemy pozhezhohasinnia. Systemy aerzolnoho pozhezhohasinnia. Chastyna 2: Proiektuvannia, montazh i tekhnichne obsluhovuvannia [Stationary fire extinguishing systems. Aerosol fire extinguishing systems. Part 2: Design, installation and maintenance]. (2024). DSTU EN 15276-2:2022 from 1st March 2024. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].

5. Pozhezhna tekhnika. Ustanovky avtomatychni aerosolnoho pozhezhohasinnia. Proektuvannia, montuvannia ta ekspluatuvannia. Tekhnichni vymohy [Fire equipment. Installations of automatic aerosol fire extinguishing. Design, installation and operation. Technical requirements] (2006). DSTU 4490-2005 from 1st July 2006. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
6. Systemy protypozhezhnoho zakhystu [Fire protection systems] (2015). DBN V.2.5-56:2014 from 1st July 2015. Kyiv: Derzhbudnormy Ukraine [in Ukrainian]
7. Statsionarni systemy poroshkovoho pozhezhohasinnia. Chastyna 1. Vymohy do komponentiv i metody vyprobuvan [Stationary powder fire extinguishing systems. Part 1. Requirements for components and test methods] (2023). DSTU EN 12416-1:2022 from 31 December 2023. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
8. Statsionarni systemy poroshkovoho pozhezhohasinnia. Chastyna 2. Proiektuvannia, montazh ta tekhnichne obsluhovuvannia [Stationary powder fire extinguishing systems. Part 2. Design, installation and maintenance] (2023). DSTU EN 12416-2:2022 from 31 December 2023. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
9. Rozroblennia tekhnichnoi dokumentatsii. Hrafy u shtampakh ta osnovnykh napysakh [Development of technical documentation. Columns in stamps and main inscriptions] (2006). DSTU ISO 7202:2005 from 1st October 2006. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
10. Gaseous fire-extinguishing systems — Physical properties and system design — Part 1: General requirements: ISO 14520-1:2015
11. N.M. Koziar (2014), Pidvyshchennia efektyvnosti obiemnoho pozhezhohasinnia [Increasing the efficiency of volumetric fire extinguishing] Lviv: “Pozhezhna bezpeka”. Tom 25, 47-52 s.
12. Condensed aerosol fire extinguishing systems — Requirements and test methods for components and system design: ISO 15779:2011
13. Protypozhezhna tekhnika. Statsionarni systemy hazovoho pozhezhohasinnia. Komponenty system hazovoho pozhezhohasinnia. Chastyna 1. Vymohy do elektrychnykh prystroiv avtomatychnoho upravlinnia i zatrymky ta metody yikh vyprobuvan [Fire fighting equipment. Stationary gas fire extinguishing systems. Components of gas fire extinguishing systems. Part 1. Requirements for electrical devices of automatic control and delay and their test methods] (2016). DSTU EN 12094-1:2015 from 1st January 2016. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
14. Babrauskas V. Fire Extinguishing Mechanisms of Dry Chemical Powders. Fire Safety Journal, 2010; Dry chemical powders in fire suppression: mechanisms of inhibition, cooling, and dilution. Journal of Fire Sciences, 2012.
15. Standard Test Methods for Heat and Mass Transfer in Fire Suppression: ASTM E1355-08.
16. Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems: NFPA 2001-2022

© В. М. Баланюк, О. І. Гірський,
О. М. Іващишин, 2025.

Оглядова стаття.

Надійшла до редакції 03.11. 2025.

Прийнято до публікації 26.11.2025.