



*Д. П. Войтович, Р. Ю. Сукач*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2280-5585> – Д. П. Войтович

<https://orcid.org/0000-0003-4174-9213> – Р. Ю. Сукач



[voytovych.dmt@gmail.com](mailto:voytovych.dmt@gmail.com)

## НЕОБХІДНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИК ВОГНЕВИХ ВИПРОБУВАНЬ ВОГНЕГАСНИХ ПОРОШКІВ ДЛЯ ГАСІННЯ МЕТАЛІВ

**Вступ.** Гасіння пожеж з горінням металів пов'язане з рядом труднощів. Зокрема, існує певна невизначеність у виборі вогнегасних порошків, придатних для гасіння того чи іншого металу, відповідних технічних засобів пожежогасіння, а також нормованих параметрів подавання вогнегасних речовин, у тому числі в умовах горіння декількох горючих матеріалів різної природи одночасно. Вирішення цих проблем дасть змогу підвищити ефективність боротьби з пожежами, що супроводжуються горінням металів.

**Мета та задачі досліджень.** Метою роботи було обґрунтування напрямів досліджень з підвищення ефективності гасіння пожеж класу D розробленням методик випробувань вогнегасних порошків, призначених для їх гасіння. З цією метою необхідно було проаналізувати документи, якими регламентовано порядок визначення вогнегасної ефективності порошків під час гасіння металів, а також літературні дані щодо вогнегасних порошків, призначених для гасіння пожеж класу D і технічних засобів їх подавання.

**Методи.** Для досягнення мети та реалізації поставлених задач застосовано аналітичний метод. Проаналізовано методи оцінювання вогнегасної ефективності вогнегасних порошків під час гасіння пожеж класу D, регламентовані стандартами ISO 7165, ГОСТ Р 53280.5, методика, запропоновану в Україні, дані щодо таких порошків, насадок-заспокоювачів для їх подавання, а також сучасні підходи до удосконалення існуючих методів.

**Результати дослідження.** Вивчено необхідність удосконалення рецептур вогнегасних порошків для гасіння металів, насадок-заспокоювачів для їх подавання, а також відповідних технічних засобів пожежогасіння. Обґрунтовано потребу в подальших роботах з удосконалення таких методів, розроблення методів оцінювання ефективності порошків для гасіння горючих металів, а також їхньої сумісності з вогнегасними речовинами інших типів під час гасіння пожеж, що супроводжуються горінням речовин і матеріалів різної природи.

**Висновки.** Для розроблення відповідних методик запропоновано взяти за основу методи випробування з визначення вогнегасної ефективності порошків для гасіння пожеж класу D, передбачені ISO 7165, а також сумісності вогнегасних порошків з повітряно-механічною піною, регламентовані EN 615. Встановлено, що для забезпечення єдності вимірювань необхідно використовувати випробувальний пристрій типу вогнегасника з унормованими параметрами, а також насадку-заспокоювач заданої конструкції. Створення таких методів дасть змогу визначати вогнегасну ефективність порошків для гасіння тих чи інших горючих металів без огляду на характеристики використовуваних технічних засобів пожежогасіння, а також оцінювати нормовані параметри подавання вогнегасних порошків (тривалість подавання, питома витрата тощо) технічними засобами, в тому числі стаціонарними системами пожежогасіння.

**Ключові слова:** пожежа, горіння, горючий метал, вогнегасний порошок, вогнегасник, гасіння, методика, випробування.

*D. P. Voytovych, R. Yu. Sukach*

*Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine*

## THE NEED TO IMPROVE METHODS OF FIRE TESTS OF FIRE EXTINGUISHING POWDERS FOR EXTINGUISHING METALS

**Introduction.** Fighting fires with burning metals is associated with some difficulties. In particular, there is some uncertainty in choosing fire-extinguishing powders suitable for extinguishing a metal, and appropriate technical means of fire-fighting as well as standardized parameters of application of fire extinguishing agents, including in case of combustion of several combustible materials of different nature simultaneously. Solving these problems will increase the efficiency of fighting fires involving burning metals.

**The purpose and objectives of the research.** The purpose of the work was to substantiate the spheres of research on improving the efficiency of fighting Class D fires by developing methods for testing fire extinguishing powders intended for their extinguishing. To this end, it was necessary to analyse the documents regulating the procedure for determining the fire-extinguishing efficiency of powders for extinguishing metals as well as literature data on fire extinguishing powders intended for extinguishing Class D fires and technical means of their application.

**Methods.** The analytical method was used to achieve the purpose and the objectives. Methods for evaluating the extinguishing efficiency of fire-extinguishing powders while fighting Class D fires regulated by ISO 7165, GOST R 53280.5, the method proposed in Ukraine, data on such powders, nozzles for their supply, and modern approaches to improve existing methods were analysed.

**Results of the research.** The need to improve available formulations of the powders for extinguishing metals, nozzles for their supply and appropriate technical means of firefighting was revealed. The need for further work on improving such methods, developing methods for evaluating the effectiveness of powders for extinguishing combustible metals as well as their compatibility with fire extinguishing substances of other types during fires involving combustion of substances and materials of various natures were substantiated.

**Conclusion.** To develop appropriate methods we proposed to take as a basis test methods for determining the fire-fighting efficiency of powders for fighting Class D fires provided by ISO 7165 as well as compatibility of fire-fighting powders with air-mechanical foam regulated by EN 615. It was disclosed that the use of a fire-extinguisher type test device with standardized parameters as well as a smoothing nozzle of a given design is necessary for the provision of the unity of the measurements. The development of such methods will provide for the determination of fire-extinguishing efficiency of powders as such in extinguishing certain combustible metals regardless of the characteristics of the technical means of firefighting as well as evaluation of the standardized parameters of fire-extinguishing powders application (application duration, specific consumption etc.) by technical means including fire-fighting systems.

**Keywords:** fire, flammable metal, fire-extinguishing powder, fire extinguisher, extinguishing, method, testing.

**Постановка проблеми.** Пожежі з горінням лужних, лужноземельних і деяких інших металів та їхніх сплавів, незважаючи на той факт, що їхні масштаби можуть бути невеликими, належать до тих, гасіння яких пов'язане із значними проблемами. Цей факт зумовлено рядом причин, насамперед хімічною взаємодією лужних і лужноземельних (більшість горючих металів належать саме до них), а також інших металів з високою хімічною активністю, зокрема, магнію та його сплавів, з водою, що супроводжується виділенням водню й утворенням вибухонебезпечного гримучого газу.

На жаль, окремої статистики пожеж, пов'язаних саме з горінням металів, в Україні і світі не ведуть. З іншого боку зрозуміло, що пожежі на складах боєприпасів, які іноді трапляються в Україні, а також пожежі з горінням піротехнічних виробів можуть бути пов'язані з горінням металів, насамперед, магнію. Приклади “резонансних” пожеж, під час яких відбувалося горіння металів, наведено, зокрема, в роботі [1]. Одна з цих пожеж трапилася 2015 року на заводі PolMag в м. Олшовой в Польщі та супроводжувалася горінням 47 т металевого магнію, загасити її не вдалося через брак технічних засобів подавання вогнегасного порошку. Друга пожежа сталася 2018 року на заводі, що належить концерну BMW, в Німеччині, під час цієї пожежі горіли сплави магнію. Цілковито зрозуміло, що пожежі з горінням металів можливі на різноманітних промислових підприємствах, де вони обертаються (автомобільна, авіаційна галузі, підприємства з виробництва літєвих батарей і т. ін.), на колісних транспортних засобах, оснащених літєвими акумуляторами тощо.

Ускладнює проблеми, пов'язані з гасінням подібних пожеж, той факт, що горіння металів майже в усіх випадках відбувається з одночасним горінням інших речовин і матеріалів. Так, наприклад, горіння піротехнічних виробів, що містять магній, як правило відбуватиметься одночасно з горінням матеріалів, з яких виготовлено ці вироби, а також пакувальних матеріалів. Аналогічно, горіння літєвого акумулятора у складі електромобіля, ймовірно, відбуватиметься одночасно з горінням конструкційних матеріалів самого автомобіля (пластикові елементи кузова, ізоляція електричних кабелів, органічний електроліт, що міститься в акумуляторі). Це майже напевно означає не лише необхідність використання різних вогнегасних речовин, але й їх підбирання з таким розрахунком, щоб не виникали небезпечні взаємодії традиційно застосовуваних вогнегасних речовин (наприклад, води, водних розчинів піноутворювачів) з горючими металами, а також між собою.

Довідник [2] містить рекомендації до гасіння горючих металів вогнегасними порошками, призначеними для їх гасіння, сумішами газових вогнегасних речовин, піском або певними солями. Водночас відомо [3], що вогнегасні речовини, придатні для гасіння одного горючого металу, можуть бути непридатними для гасіння іншого, а особливості пожежі (насамперед, конфігурація осередку пожежі) можуть звести ефективність вогнегасної речовини нанівець. Ймовірно, саме з цієї причини міжнародний стандарт ISO 7165:2017 [4] регламентує методи випробування вогнегасних порошків, призначених для гасіння пожеж класу D (точніше, вогнегасників, заряджених такими

порошками), з передбаченням різноманітних сценаріїв пожежі, а також використанням під час відповідних випробувань магнію, його сплавів і натрію, тобто металевих матеріалів, які у виробництві застосовують найчастіше.

Водночас, названий стандарт встановлює вимоги насамперед до переносних вогнегасників, а не вогнегасних порошоків, у той час як загально визначених норм до порошоків, призначених саме для гасіння металів (пожеж класу D), на сьогодні у світі не існує. Більше того, у стандарті вказано місткість корпусу вогнегасника, але не вказано інші його особливості, насамперед конструкцію насадки для подавання вогнегасної речовини (що зрозуміло, адже документ, як вже зазначалося, стосується вогнегасників, а не вогнегасних порошоків). Відповідно, принцип єдності вимірювань, що дав би змогу об'єктивно оцінювати ефективність самих вогнегасних порошоків, а також їхню придатність для гасіння тих чи інших горючих металів і порівнювати їх між собою, повною мірою не забезпечено, можливе їх порівняння між собою лише у разі використання одного й того самого вогнегасника. Крім того, питання, пов'язані з гасінням пожеж, що супроводжуються одночасним горінням металів та інших речовин (матеріалів), на сьогодні вивчене недостатньою мірою. Зокрема, у доступній літературі не знайдено не тільки жодних даних щодо практичного досвіду гасіння пожеж, пов'язаних з горінням вмісту літєвого акумулятора та інших матеріалів, що входять до складу електромобіля, але й опису або результатів відповідних експериментальних досліджень.

ГОСТ Р 53280.5 [5] регламентує одну методику випробування з використанням як горючого матеріалу лише металевого магнію, що звужує сферу застосовності результатів ще більшою мірою, ніж у разі застосування методик, регламентованих міжнародними нормами [4]. До того ж, автори роботи [1] виявили, що опис методики, наведений у стандарті [5], не містить повної інформації (в частині кількості горючої рідини, необхідної для запалювання модельного вогнища пожежі), а також містить помилки, які не дають змоги повною мірою реалізувати його. Автори названої роботи вказували також на відсутність інформації стосовно кількості горючої рідини, необхідної для запалювання модельних вогнищ, у міжнародному стандарті [4], і визначили таку кількість для однієї з методик, регламентованих ним.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Як вже зазначалося, ISO 7165:2017 [4] регламентує вимоги до вогнегасників, у тому числі стосовно їх вогнегасної здатності під час гасіння пожеж різних класів, зокрема й класу D. Методика випробування,

передбачена стандартом, регламентує необхідність використання вогнегасника з зарядом вогнегасної речовини 13,6 кг, а у разі використання вогнегасників з меншою величиною заряду (яка, водночас, не повинна бути нижчою за 8 кг) кількість горючого матеріалу і площу модельного вогнища пожежі необхідно зменшувати. На відміну від вогнегасних порошоків, призначених для гасіння пожежі класів А (горіння твердих горючих матеріалів) та В (горіння рідин), вогнегасні порошки для гасіння пожеж класу D необхідно подавати із забезпеченням якнайнижчого імпульсу струменя вогнегасної речовини, рівномірно покриваючи поверхню горіння і запобігаючи роздмухуванню полум'я [2 – 9]. Характерною особливістю таких випробувань є необхідність спостереження за модельним вогнищем пожежі, погашеним вогнегасним порошком, упродовж декількох годин на предмет можливого повторного запалювання горючого металу.

Вищезазначеним стандартом регламентовано такі методики випробування вогнегасників з зарядом порошку для гасіння пожеж класу D:

1. Гасіння модельних вогнищ пожежі за наявності металеві стружки або залишків токарної обробки. В цьому разі як горючі матеріали у різних серіях дослідів використовують: магнієвий сплав; магнієвий сплав і мастильно-охолоджувальну рідину; магній реактивної чистоти; магній реактивної чистоти і мастильно-охолоджувальну рідину. Формують шар горючого матеріалу, підпалюють його і після завершення проміжку часу вільного горіння здійснюють гасіння вогнегасником з подальшим витримуванням і спостереженням.

2. Гасіння модельних вогнищ пожежі за наявності порошкоподібного металу та ошурок. У цьому разі як горючий матеріал використовують порошкоподібний магній з частинками нормованих розмірів, а вогневе випробування, а також витримування після нього проводять аналогічним чином.

3. Гасіння модельних вогнищ пожежі за наявності розплаву натрію, що знаходиться в металевій посудині з нормованими геометричними параметрами. У разі успішності гасіння, проводять подальше спостереження за погашеним модельним вогнищем пожежі, а також контролювання температури упродовж цього проміжку часу.

4. Гасіння модельних вогнищ пожежі, що імітують ливарну форму, з використанням розплавленого магнієвого сплаву. Випробування і подальше витримування проводять аналогічним чином.

Як видно, навіть сам перелік горючих металів і сплавів набагато вужчий за перелік відомих

горючих матеріалів цього класу, тобто успішність гасіння, зокрема, натрію чи магнію не є свідченням ефективності вогнегасного порошку під час гасіння, наприклад, літію. На недосконалість зазначених методів і труднощі, пов'язані з розробленням універсальної методики випробування, вказував автор дисертаційної роботи [10]. Окрім рецептур вогнегасних порошоків для гасіння пожеж класу D і методів їх випробування, ним проаналізовано ряд відомих конструкцій насадків-заспокоювачів для подавання таких порошоків на гасіння, а також розроблено вогнегасник для гасіння металів, який успішно пройшов випробування й отримав схвалення працівників пожежно-рятувальної служби. До того ж, показано необхідність удосконалення рецептур вогнегасних порошоків для гасіння магнію та його сплавів. Разом з тим, ряд проблем, пов'язаних з випробуванням вогнегасних порошоків, призначених для гасіння горючих металів, до цього часу залишаються нерозв'язаними.

У роботі [1], як вже зазначалося, виявлено помилки та недоліки ГОСТ Р 53280.5 [5], а також визначено відсутність певної інформації в міжнародних нормах [4]. Крім того, запропоновано методику випробувань (включно з оцінюванням вогнегасної ефективності порошоків під час гасіння магнію, його сплавів, а також сумішей магнію з технологічними рідинами, що використовуються в промисловості під час його оброблення). Ця методика є модифікацією однієї з методик, регламентованих ISO 7165 [4], розробленою з урахуванням висновків за результатами проведених досліджень, проте використання інших, ніж магній, металів вона не передбачає.

**Метою роботи** було обґрунтування напрямів досліджень, спрямованих на підвищення ефективності гасіння пожеж класу D в цілому, розроблення методик випробувань вогнегасних порошоків, призначених для їх гасіння.

**Результати досліджень.** Як вже зазначалося, на сьогодні відсутні загальновизнані методи випробування вогнегасних порошоків, призначених для гасіння пожеж класу D (горіння металів та їх сплавів). Метод, описаний міжнародним стандартом ISO 7165 [4], передбачає визначення вогнегасної ефективності вогнегасника, зарядженого таким порошком, а не самої вогнегасної речовини, під час гасіння тих чи інших пожежонебезпечних ділянок або технологічного обладнання. Це означає, що змінювання конструкції вогнегасника, насадки-заспокоювача для подавання вогнегасного порошку на гасіння, не кажучи вже про величину заряду вогнегасника, зумовлює фактичну неможливість прогнозування ефективності подібних технічних засобів пожежогасіння у разі виникнення пожежі на

певному об'єкті. Застосування ГОСТ Р 53280.5 [5] вирішення відповідних питань тим більше не забезпечує, а запропонована в Україні методика [1] також має обмежену сферу застосування. На додаток, як вже зазначалося, вогнегасна ефективність порошку під час гасіння одного горючого металу може не бути свідченням його ефективності під час гасіння іншого горючого металу. Більше того, сама його придатність у такому разі підпадає під сумнів.

Зважаючи на той факт, що пожежа з горінням винятково металу малоімовірна, в усіх випадках слід враховувати можливий вплив інших горючих матеріалів, а також вогнегасних речовин, застосовуваних для їх гасіння. Так, наприклад, на сьогодні в усьому світі швидко збільшується кількість електромобілів, електроживлення яких здійснюється від літєвих акумуляторів. Як відомо, літій є лужним металом, несумісним з водою, у зв'язку з чим електроліти літєвих джерел струму являють собою органічні розчинники або їхні суміші. У разі виникнення дорожньо-транспортної пригоди можливі пошкодження та розгерметизація акумулятора, і в такому разі ймовірні одночасне горіння і літій, і органічного електроліту, і конструкційних матеріалів автомобіля (пластмас, тканин оббивки, електроізоляції проводів тощо). За таких умов подавання води або повітряно-механічної піни, що зазвичай застосовуються під час гасіння пожеж на колісних транспортних засобах, стає надзвичайно небезпечним з огляду на можливість вибуху гримучого газу (що утворюється внаслідок взаємодії літійу з водою), а вогнегасні порошки, придатні для гасіння пожеж класів A, B і D одночасно, за наявними даними, серійно не виробляються.

Аналізування даних щодо існуючих конструкцій насадок-заспокоювачів для подавання вогнегасних порошоків на гасіння горючих металів, викладених у дисертаційній роботі [10], свідчить, що їхні конструкції кардинально не відрізняються, проте враховують особливості вогнегасників, використовуваних для їх зберігання і подавання. Дані щодо застосування вогнегасних порошоків для гасіння пожеж класу D у стаціонарних системах пожежогасіння і, тим більше, конструкційних особливостей таких систем (насамперед насадок для подавання вогнегасної речовини) у доступній літературі не знайдено.

Зважаючи на це, існує потреба в розробленні єдиної методики випробування вогнегасних порошоків, призначених для гасіння пожеж класу D, з використанням випробувального пристрою типу вогнегасника з нормованими параметрами, а також насадки-заспокоювача заданої конструкції для його подавання. На першому етапі вбачається за потрібне прийняти як випробувальний пристрій типу

вогнегасника засіб пожежогасіння, рекомендований стандартом [4], але з насадкою-заспокоювачем конкретної, наприклад, удосконаленої конструкції, запропонованої автором дисертаційної роботи [10]. Як горючі матеріали пропонується використовувати горючі метали принаймні в двох агрегатних станах (твердому і рідкому) залежно від їх застосовності у промисловості. Перелік самих горючих металів і, можливо, конструкційних параметрів пристроїв, використовуваних для улаштування модельних осередків пожежі, також слід було б розширити. Змінювання запропонованих підходів можливе залежно від результатів досліджень, які буде одержано.

Така методика дасть змогу однозначно оцінювати вогнегасну ефективність порошків, призначених для гасіння пожеж класу D, під час гасіння горючих металів, а також саму придатність порошку для гасіння того чи іншого з них, і зрештою – порівнювати вогнегасні порошки між собою і виявляти як принципову придатність вогнегасного порошку для гасіння того чи іншого металу, так і порівнювати його ефективність за різних умов застосування. Застосування принципу єдності вимірювань дасть змогу обґрунтовано вибирати вогнегасні порошки, найбільш ефективні для конкретного виду застосування, а також науково обґрунтовувати нормовані параметри їх подавання. Безперечно, можливими шляхами підвищення ефективності гасіння пожеж класу D є вдосконалення рецептур відповідних вогнегасних порошків [10], а також створення більш універсальних вогнегасних речовин, але це є предметом окремих досліджень.

Методика оцінювання сумісності вогнегасних речовин під час гасіння горючих металів одночасно з горючими рідинами різної хімічної природи та/або твердими горючими матеріалами має передбачати одночасне подавання вогнегасних речовин на гасіння з використанням випробувальних пристроїв з нормованими технічними параметрами, наприклад, методом, подібним до описаного в EN 615 [11], яким передбачено оцінювання сумісності вогнегасного порошку з повітряно-механічною піною. Її реалізація дасть змогу обґрунтовано вибирати оперативні-тактичні прийоми гасіння пожеж, під час яких відбувається одночасне горіння металів і речовин (матеріалів) іншої хімічної природи, зокрема, ефективно гасити такі пожежі із забезпеченням безпеки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів.

#### **Висновки**

1. Проаналізовано нормативні документи, літературні дані і результати дисертаційних досліджень і встановлено, що в теперішній час не існує загальноприйнятих методів випробування

вогнегасних порошків, призначених для гасіння пожеж класу D (горіння металів та їх сплавів).

2. Виявлено, що передбачена міжнародним стандартом ISO 6175:2017 методика визначення вогнегасної ефективності вогнегасників під час гасіння горючих металів дає змогу оцінювати придатність вогнегасника для гасіння пожеж заданої площі в умовах горіння того чи іншого металу в певному агрегатному стані або за заданого гранулометричного складу, проте не дає змоги оцінювати експлуатаційні характеристики самого вогнегасного порошку, а також нормовані (рекомендовані) параметри його подавання на гасіння. Крім того, передбачений нею підхід не дає змоги оцінювати вогнегасну ефективність порошків як таких під час гасіння пожеж класу D у разі використання як горючого матеріалу інших, ніж передбачено регламентованими методиками, металів, оцінювати її за інших умов застосування, а також цілеспрямовано підбирати вогнегасний порошок залежно від особливостей пожежі та умов застосування вогнегасних речовин. Те саме стосується інших існуючих методів.

3. Обґрунтовано необхідність розроблення єдиної методики визначення вогнегасної ефективності вогнегасних порошків, призначених для гасіння пожеж класу D, яка також давала б змогу порівнювати вогнегасні порошки між собою за тих чи інших умов застосування. Її застосування дасть змогу цілеспрямовано підбирати вогнегасні порошки і, відтак, сприятиме підвищенню ефективності гасіння пожеж, під час яких відбувається горіння металів.

4. Висвітлено складність питань, пов'язаних з гасінням пожеж, під час яких відбувається горіння речовин або матеріалів різної хімічної природи, а також актуальність розроблення методики оцінювання сумісності таких порошків з іншими вогнегасними речовинами. Запропоновано принципові підходи щодо їх розроблення.

#### **Список літератури:**

1. Ковалишин В.В., Марич В.М., Гусар Б.М. та ін. Обґрунтування методики випробувань вогнегасних порошків спеціального призначення. Пожежна безпека: Збірник наукових праць. Львів, ЛДУБЖД, 2018. №33. – С. 53-59.
2. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник. Изд. 2-е. В 2-х частях. М., 2004.
3. Довідник керівника гасіння пожежі / під заг. ред. Кропивницького В.С. К.: Літера-Друк, 2016. – 320 с.
4. ISO 7165:2017 Fire fighting – Portable fire extinguishers – Performance and construction.

5. ГОСТ Р 53280.5-2009 Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 5. Порошки огнетушащие специального назначения. Классификация, общие технические требования и методы испытаний.

6. Ковалишин В.В., Марич В.М., Кирилів Я.Б та ін. Дослідження хімічних речовин як складників вогнегасних порошків для гасіння легких металів. Пожежна безпека: Збірник наукових праць. Львів, ЛДУБЖД, 2016. №29. – С. 46-56.

7. Wilson C., Plugge M. and Zallen D. Evaluation of existing. Phase 1. Agents. Extinguishing agent for magnesium fire / Mexico Engineering and Research Institute Report prepared for Air Force Engineering and Services Center. Tyndal Air Force Base, 1983. P. 3-24.

8. Колосов Г.Г., Сергиенко К.А., Куценко Г.В. Способ получения универсального огнетушащего порошка / Крупные пожары: Предотвращение и тушение. Матер.ХVI науч.-практ. конф. Москва: ВНИИПО, 2001. – Ч. 2. – С. 199-204.

9. Галикеев А.Р. Определение пожаро-взрывоопасных показателей углеродсодержащих отложений при составлении рецептуры огнетащитных красок и создании огнетушащих порошков / Нефтегазовое дело: электр. науч. журнал, 2001. URL: [http://www.scholar.ru/catalog.php?page=topic\\_id=84](http://www.scholar.ru/catalog.php?page=topic_id=84).

10. Марич В.М. Підвищення ефективності порошкового пожежогасіння магнію та його сплавів. дис. ... канд. техн. наук: 21.06.02. Львів, 2019. – 159 с.

11. EN 615:2009 Fire protection – Fire extinguishing media – Specification for powders (other than class D powders).

#### References:

1. Kovalyshyn V.V., Marych V.M., Husar B.M. et al. Substantiation of protocol of testing of special purpose fire extinguishing powders. Fire safety: Scientific bulletin. Lviv, LSULS, 2018. No. 33. – P. 53-59.

2. Korolchenko A.Ya., Korolchenko D.A. Fire and explosion hazard of substances and materials and means of fighting fires involving them: Reference book. Edition 2. In 2 parts. Moscow, 2004.

3. Chief fire fighter's handbook / General editor V.S.Kropyvnytskyi. Kyiv: Litera-Druk, 2016. – 320 p.

4. ISO 7165:2017 Fire fighting – Portable fire extinguishers – Performance and construction.

5. GOST R 53280.5-2009 Automatic fire-fighting installations. Fire extinguishing substances. Part 5. Special purpose fire extinguishing powders. Classification, general technical requirements and test methods.

6. Kovalyshyn V.V., Marych V.M., Kyryliv Ya.B. et al. Study of chemicals as components of fire extinguishing powders for fighting fire involving light metals. Fire safety: Scientific bulletin. Lviv, LSULS, 2016. No. 29. – P. 46-56.

7. Wilson C., Plugge M. and Zallen D. Evaluation of existing. Phase 1. Agents. Extinguishing agent for magnesium fire / Mexico Engineering and Research Institute Report prepared for Air Force Engineering and Services Center. Tyndal Air Force Base, 1983. P. 3-24.

8. Kolosov H.H., Serhienko K.A., Kutsenko H.V. Method of obtaining universal fire-extinguishing powder / Large Fires: Prevention and Fighting. Proceedings of the XVI Scientific and Practical Conference. Moscow: RRIFP, 2001. – P. 2. – P. 199-204.

9. Halikeev A.R. Determination of fire and explosion hazard performance of carbon-containing deposits when developing compositions of fire protective paints and developing fire extinguishing powders / Oil and Gas Business: El. Sc. J., 2001. URL: [http://www.scholar.ru/catalog.php?page=topic\\_id=84](http://www.scholar.ru/catalog.php?page=topic_id=84).

10. Marych V.M. Raising efficiency of fighting fires involving magnesium and its alloys. Diss. ... Cand. of Sc. (Eng.): 21.06.02. Lviv, 2019. – 159 p.

11. EN 615:2009 Fire protection – Fire extinguishing media – Specification for powders (other than class D powders).

© Д. П. Войтович, Р. Ю. Сукач, 2022.

#### Оглядова стаття.

Надійшла до редакції 21.01.2022.

Прийнято до публікації 17.05.2022.