

УДК 614.841

DOI: 10.15587/2313-8416.2016.69333

## ЗАСТОСУВАННЯ ГАЗОАЕРОЗОЛЬНОПОРОШКОВИХ ВОГНЕГАСНИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ЗАПАЛЮВАЛЬНИХ СУМІШЕЙ

© В. М. Баланюк, Н. М. Козяр, О. І. Гарасим'юк

*Визначено, що суміш вогнегасного аерозолу, порошку та газів флегматизаторів забезпечує ефективний захист від дії запалювальних сумішей в обмеженому об'ємі де можуть виникнути пожежі класів А, В, С, та Е, при співвідношеннях компонентів суміші – аерозолу до 20 г/м<sup>3</sup>, газів CO<sub>2</sub> або N<sub>2</sub> до 15 %, та амонійно-фосфатного порошку – мінімум 50 г/м<sup>3</sup>*

**Ключові слова:** *гази флегматизатори, інгібітори горіння, аерозольне пожежогасіння, запалювальні суміші*

*It is determined that a mixture of extinguishing spray, powder and gases-phlegmatizers provides effective protection from the effects of incendiary mixtures in limited volume, where it may be a fire of classes A, B, C, and E, by proportions of mixture components: aerosol up to 20 g/m<sup>3</sup>, CO<sub>2</sub> or N<sub>2</sub> gases up to 15 % and ammonium phosphate powder – at least 50 g/m<sup>3</sup>*

**Keywords:** *gases-phlegmatizers, flame retardants, aerosol fire suppression, incendiary mixtures*

### 1. Вступ

Пожежі на об'єктах з перебуванням змішаних горючих середовищ – твердих рідких та газоподібних зараз є досить поширеними, згідно статистичних даних. Пожежі на промислових об'єктах та складах з горючими рідкими, твердими та вибуховими речовинами гасити надзвичайно важко, зважаючи на те, що в процесі розвитку пожежі виникають небезпечні фактори вибухи, обвалення конструкцій, бойові дії, та інші, які перешкоджають безпосередньому перебуванню людей всередині об'єкту. Найефективніше та найлегше гасити такі пожежі на стадії виникнення та розвитку, або взагалі їх попереджати – флегматизувати горюче середовище до внесення можливих джерел запалювання всередину об'єму. Зрозуміло, що коли горіння виникає в результаті дії високоенергетичних джерел запалювання, а ще в декількох місцях одночасно пожежа може швидко поширюватись та набуде максимальних параметрів набагато швидше. Гасіння при таких умовах значно ускладнюється, так як необхідно припинити або нівелювати дію всіх запалювальних засобів, горіння яких може бути причиною подальшого продовження горіння твердих, рідких та газоподібних горючих матеріалів. На даний час відсутні засоби гасіння та прийоми захисту від виникнення пожеж від запалювальних сумішей (ЗС) або повторного виникнення горіння в результаті тління, а такі ЗС пропонується засипати піском, ґрунтом, накривати щільним матеріалом та заливати водою. Як видно всі ці прийоми передбачають безпосередню участь людини в процесі гасіння, що не завжди є безпечно.

Таким чином, ефективне гасіння пожеж, яке супроводжуються гетерогенним горінням вже в початкових стадіях розвитку, а також флегматизування та гасіння середовищ з наявними одночасно гомогенними і гетерогенними середовищами, що можуть перебувати або перебувають під дією запалювальних

сумішей, є актуальною науково-технічною задачею, яка потребує вирішення.

### 2. Постановка проблеми

Досвід експлуатації і випробувань вогнегасних порошоків та аерозолів показує, що одним з істотних недоліків конструкції порошоків вогнегасників є злежуваність порошку та неповний вихід вогнегасного порошку, який згідно нормативного документу має бути не більше 15 % [1]. Існують факти, що порошок залишався в вогнегаснику в кількості до 30 % [2]. Також, порошки, як об'ємний засіб пожежогасіння, забезпечують вогнегасну концентрацію максимум до п'яти хвилин після їх потрапляння в об'єм і пізніше осідають на поверхню. Вогнегасний аерозоль отриманий з аерозоль утворюваних сумішей (АУС) перебуває в повітрі до 40 хвилин, а до 20–30 хвилин може забезпечувати вогнегасну концентрацію [3, 4]. Сам вогнегасний аерозоль не залежно від виду АУС, з якого його отримали, взагалі не гасить гетерогенного горіння – тління, на відміну від порошоків на основі амонійно-фосфорних сполук. Гази флегматизатори гасять як гомогенне, так і гетерогенне горіння, але для гасіння гомогенного горіння необхідно знизити концентрацію кисню нижче 15 %, а для гасіння гетерогенного горіння навіть нижче 5 %. Крім гасіння гетерогенного горіння проблемним напрямком є флегматизування та подальше гасіння поверхні горючих твердих речовин та об'єму, в якому вони можуть перебувати разом з горючими речовинами в різних агрегатних станах, та які можуть зазнавати дії запалювальних сумішей та зарядів. Найбільш поширеними запалювальними речовинами на основі нафтопродуктів є напалми, супер-напалми, пірогелі, терміти, білий фосфор та його суміші. Всі ці речовини мають здатність легко займатись і розвивати температуру від 1200 °С до 3500 °С. Вони прилипають до поверхонь різних об'єктів, горять як при доступі, так і без доступу кисню і важко підда-

ються гасінню. Час горіння окремих зразків досягає 5 хв [5]. Гасіння цих сумішей є проблематичним та ресурсоемким процесом, так як для гасіння горіння з температурою вище 2000 °С воду використовувати не можна, зважаючи на її температуру розкладу – 1700 °С. Проблемним є і використання інших засобів пожежогасіння – вогнегасних порошоків, піни, газів флегматизаторів, концентрації яких для досягнення ефекту гасіння потрібно доводити до значень набагато вищих за їх вогнегасні. Для забезпечення об'ємного гасіння таких пожеж, підходить порошок і газ, але порошок через 2–5 хвилин осідає, що є меншим за час горіння ЗС [6], а газу необхідно значну кількість, що є подеколи проблематичним забезпечити.

Відповідно визначення вогнегасних та флегматизувальних здатностей газоаерозольнопорошкових сумішей та умови їх застосування, для попередження та гасіння пожеж з наявністю гетерогенних та гомогенних горючих сумішей, а також середовищ які перебувають під дією западновальних сумішей, є актуальною науково-технічною задачею, яка потребує розв'язання.

### 3. Літературний огляд

Відомо, що гасіння запалювальних сумішей є практично неможливим або утрудненим, при цьому ЗС, як правило використовують для запалювання горючих речовин, попередити горіння яких та загасити які цілком реально. У випадку захисту від ЗС флегматизувати потрібно не лише гомогенне, але і гетерогенне горюче середовище. Враховуючи комбіновану дію аерозольно порошкової суміші можна говорити про використання при гасінні нею переваг, як аерозолі, так і порошку. Основними вогнегасними факторами аерозолі являється ефективне флегматизування та відповідно гасіння гомогенного горіння, що підтвердили автори роботи [7] при незначних концентраціях аерозолі – 15 г/м<sup>3</sup> та СО<sub>2</sub> – 9 %. Таким чином поєднання трьох вогнегасних компонентів в одному дозволяє отримати універсальний вогнегасний засіб для флегматизування та гасіння як гомогенних, так і гетерогенних горючих середовищ.

Сумісне застосування вогнегасних аерозолів, порошоків та газів підводить до питання їх сумісності, а загалом до можливого синергізму між компонентами аерозолі порошку та газу.

Відомо, що в результаті згорання аерозольотворюючих речовин зазвичай утворюються карбонатні, хлоридні, солі лужних металів. Вирішення питання сумісного застосування аерозолів, порошоків та газів пов'язане з їх характеристиками. Відомо, що зараз в основному застосовуються порошкові вогнегасні рецептури на основі амонію і діамонію фосфатів. Застосовуються також порошки на основі хлоридів металів та на основі бікарбонатів.

З метою підвищення вогнегасної ефективності є необхідність застосування додаткових газів флегматизаторів, які значно збільшують вогнегасну ефективність за рахунок синергізму між хімічними та

тепловими інгібіторами, що показано в роботі [8]. Для підвищення ефективності гасіння гетерогенного горіння аерозольно-порошковими композиціями, виходячи з вищеописаного і враховуючи думки деяких авторів [9, 10], доцільно збільшити вміст добавок сполук фосфатів, а саме Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> і K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> і K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, які виявляють синергічний ефект між собою. Також якщо порівняти час осідання порошку з часом осідання аерозолі, то час осідання порошку значно менший. Після осідання основної маси вогнегасної порошку, він буде придушувати гетерогенне горіння, а в повітрі в цей час залишиться аерозоль, який буде придушувати полум'яне горіння. При додаванні газів флегматизаторів – азоту або вуглекислого газу до зазначеної суміші аерозолі вогнегасна ефективність отриманої аерозольно порошкової газової суміші (АПГС) повинна значно збільшитись. Це також підтверджують автори [11], які вказують на синергізм фізичних та хімічних компонентів суміші та в результаті зниження вогнегасної концентрації фізичного компоненту при додаванні лише незначної кількості хімічного інгібітора. Значне збільшення вогнепригнічувальної ефективності при комплексному застосуванні дисперсних вогнегасних засобів та газів підтверджують і інші автори робіт. Так в роботі [12] відмічається, що одночасна присутність в об'ємі вогнегасного порошку СО<sub>2</sub> та водяної пари значно збільшує час горіння метану в бомбі об'ємом 10 л, навіть при незначних концентраціях (1,0–1,2 % об.). Аналіз загальних закономірностей процесів інгібування показує, що підвищити ефективність інгібувальних засобів можна знизивши вміст окислювача в горючій суміші або в зоні горіння. Відповідно, робить висновок автор [13], газові флегматизатори, додатково розбавляють, знижують концентрацію кисню в горючій системі і тим самим різко підвищують ефективність вогнегасної дії інгібітора. Автори [14] також вказують, що додавання азоту приводить до зменшення в 2,5 рази вогнегасної концентрації хладону 114В2 при гасінні н-гептану. Розбавлення суміші природного газу з повітрям на 10 % N<sub>2</sub> зменшує вогнегасну концентрацію хладону до 2-х разів, а добавка 20 % – приводить до зменшення концентрації хладону до 0,5–0,6 %. Те саме спостерігається при добавці СО<sub>2</sub>. В роботі [15], показано що, суміш СО<sub>2</sub> з хладоном 1301 має значно нижчі вогнегасні концентрації за азот та аргон. Автори [15], розрахувавши температуру полум'я, показали, що газі флегматизатори знижують температуру полум'я, а інгібуючий ефект на полум'я посилюється завдяки зменшенню температури реакції горіння, що приводить синергізму та відповідно підвищення ефективності пожежогасіння такою сумішшю.

Таким чином, принцип об'ємного гасіння аерозольно порошково газовою сумішшю доречно розглядати за принципом комбінованої дії вогнегасних засобів, які поєднують в собі ефекти охолодження, інгібування, та розбавлення, що приводить до значного кінцевого синергічного вогнегасного ефекту.

**4. Матеріали та методи визначення флегматизувальної та вогнегасної здатності газоаерозольнопорошкової суміші**

Для підтвердження висунутої думки про те, що сумісне застосування аерозолу порошку та газів флегматизаторів забезпечуватиме повноцінний захист горючого середовища від дії високої температури розплавлених частинок металу та струменів полум'я на горючу тверду чи рідку речовину, було проведено дослідження з визначення флегматизувальної та вогнегасної ефективності запропонованої комбінованої суміші.

Аерозоль отримували з АУС на основі ідітолу – 20 % та нітрату калію – 80 %. В якості вогнегасного порошку використали промисловий порошок на основі амоній фосфату. Використовували також хімічні чисті на 99,9 % газу CO<sub>2</sub> та N<sub>2</sub>. Для визначення ефективності флегматизування та гасіння сумішшю аерозолу, порошку та газів флегматизаторів було використано металеву камеру (рис. 1) об'ємом 175 л з термостійким оглядовим склом та термостійкою металевою основою. В середині камери розташовано тигель з гептаном діаметром 5 см та модельне вогнище класу А1 з деревини розмірами: висотою 100 мм, шириною 100 мм та довжиною 100 мм. Над модельними вогнищами розташовано термопару для фіксування ознак тління та горіння. Запалювальна суміш, в кількості 10 г, що складалась з суміші пудри алюмінію з нітратом калію загущеною ідітолом, в якій розташовувався електрозпальник, розташовувалась в алюмінієвій фользі на штативі на кріпленні безпосередньо над дзеркалом горючої рідини та на поверхні модельного вогнища класу А1. Повний час горіння запалювальної суміші складав 35–39 секунд. Температура горіння запалювальної суміші становила біля 2000 °С. Здатність гасіння АПГС визначали таким чином. Запалювальна суміш запалювалась на поверхні деревини, або над поверхнею гептану. Давався час горіння 10 секунд, після чого камеру заповнювали аерозолем, який отримували підпалюючи АУС та подавали газ з порошком. Після чого, або паралельно, подавали суміш газу з порошком. Після заповнення сумішшю протягом 180 секунд фіксували ознаки горіння. Здатність флегматизування АПГС визначали так. Камеру заповнювали аерозольно-порошковою сумішшю та подавали газ, створюючи АПГС. Після 10 секунд запалювали електрозпальником запалювальну, суміш на поверхні деревини, або над поверхнею гептану. Після заповнення сумішшю протягом 180 секунд фіксували ознаки горіння.

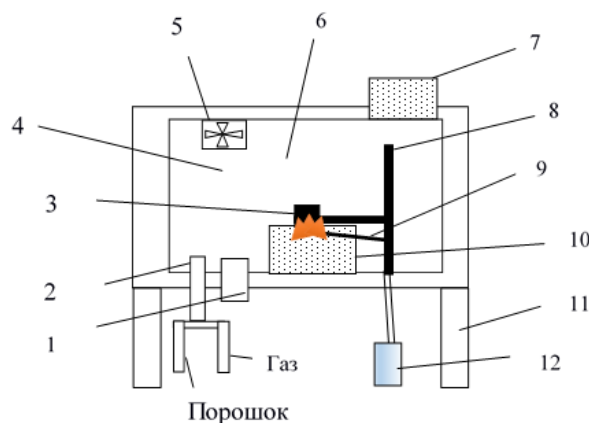


Рис. 1. Експериментальна установка для визначення вогнегасної ефективності АПГС: 1 – джерело запалювання АУС; 2 – патрубок для подачі вогнегасного порошку та газу; 3 – запалювальна суміш з електрозпальником; 4 – Корпус камери; 5 – Вентилятор; 6 – оглядове скло; 7 – витяжний отвір; 8 – штатив для кріплення запалювальної суміші та термопар; 9 – Термопара хромель-алюмелева; 10 – місце розташування горючого; 11 – стійки; 12 – регулятор вимірювач

**5. Результати досліджень**

В першій серії дослідів було визначено здатність аерозольно-газової суміші (АПГС) гасити та попереджувати горіння гептану при подачі суміші перед його займанням та після його займання за вказаною методикою.

Результати експерименту показані в табл. 1.

Як видно з результатів дослідів АПГС добре гасить та флегматизує гептан, який підпалений таким високотемпературним джерелом, як суміш пудри алюмінію з нітратом калію. Лише в одному випадку, коли концентрація газу була недостатньо високою і при підпалюванні гептану в результаті займання його парів сталося два хлопки. В решті випадків, як при підпалюванні гептану в АПГС, так і при заповненні сумішшю, коли гептан горів в присутності запалювальної суміші, горіння припинялось у всіх випадках.

В другій серії експериментів було визначено здатність АПГС гасити та попереджувати горіння та тління деревини при подачі суміші перед її займанням та після її займання за вказаною методикою. Результати експерименту наведено в табл. 2.

Таблиця 1

Залежність та особливості гасіння та флегматизування гептану

№	Склад рецептури	Час подачі АПГС	Результат
1	Аерозоль – 15 г/м <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> – 6,5 %	Перед запалюванням ЗС	Гасіння Локальні спалахи парів гептану без подальшого горіння
2	Аерозоль – 20 г/м <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> – 10,5 %	Перед запалюванням ЗС	Флегматизування Відсутність горіння та спалахів парів гептану
3	Аерозоль – 15 г/м <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> – 4 %	Після запалювання ЗС	Гасіння. Відсутність повторного займання
4	Аерозоль – 20 г/м <sup>3</sup> N <sub>2</sub> – 15 %	Перед запалюванням ЗС	Флегматизування Відсутність горіння та спалахів парів гептану
5	Аерозоль – 10 г/м <sup>3</sup> N <sub>2</sub> – 15 %	Після запалювання ЗС	Гасіння. Відсутність повторного займання

Таблиця 2

Залежність та особливості гасіння та флегматизування деревини

№	Склад рецептури	Час подачі АГС	Результат
1	Аерозолі – 15 г/м <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> – 6,5 % порошок – 50 г/м <sup>3</sup>	Перед запалюванням ЗС	Флегматизування. Залишкове тління вогнища 45 с, відсутність полум'яного горіння.
2	Аерозолі – 20 г/м <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> – 10,5 %	Перед запалюванням ЗС	Флегматизування. Залишкове тління вогнища 52 с Відсутність полум'яного горіння.
3	Аерозолі – 15 г/м <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> –4 %	Після запалювання ЗС	Гасіння. Відсутність повторного займання
4	Аерозолі – 20 г/м <sup>3</sup> N <sub>2</sub> –15 %	Перед запалюванням ЗС	Флегматизування. Залишкове тління вогнища 82 с Відсутність полум'яного горіння.
5	Аерозолі – 10 г/м <sup>3</sup> N <sub>2</sub> –15 %	Після запалювання ЗС	Гасіння. Залишкове тління вогнища 142 с. Відсутність полум'яного горіння.

Результати дослідів показали, що дія ЗС на поверхню модельного вогнища не приводить до його запалювання. При дії на поверхню модельного вогнища ЗС відбувалось утворення гетерогенного горіння, яке тривало від 45 секунд до 142 секунд і після чого припинялось.

#### 6. Обговорення результатів експерименту

Поєднання переваг вогнегасного аерозолі, порошку та газів флегматизаторів дає можливість отримати новий вид вогнегасного засобу, який значно розширює спектр застосування завдяки поєднанню переваг вогнегасного порошку і аерозолі. Основними з переваг обох вогнегасних засобів є великий час захисної дії в об'ємі, де можливе повторне виникнення полум'яного горіння, та ефективне придушення гетерогенного горіння – тління на поверхні горючих речовин. Основною проблемою є поєднання та розробка сумісної рецептури, в якій компоненти не були б антагоністами, а проявляли б ефект синергізму. Але отримані результати дослідів з ефективності гасіння та флегматизування чітко вказують на синергізм між компонентами, так як окремо взяті їх концентрації не достатні ні для гасіння, ні для флегматизації.

При одночасному перебуванні в захищуваному об'ємі вогнегасного порошку та аерозолі перш за все відбуватиметься седиментація порошку завдяки великим розмірам його частинок 20–60 мкм порівняно з розмірами частинок аерозолі – 1–10 мкм. Осілий порошок утворить шар, який перешкоджатиме виходу легких компонентів з твердих горючих речовин в зону горіння та проникненню повітря до поверхні горючої речовини. В результаті затрат тепла на нагрівання частинок порошку відбуватиметься охолодження зони горіння. Крім цього, при контакті порошку з нагрітою поверхнею відбуватиметься його термічний розклад, в результаті чого додатково будуть утворюватися газоподібні продукти піролізу, які розбавлятимуть горюче середовище.

Перебуваючи над поверхнею осілого порошку аерозоль буде змішуватися з продуктами розкладу порошку (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, та ін.). Це пов'язується з результатами роботи [16], в якій вказано, що суміш газів та аерозолів має підвищену вогнегасну ефективність. Також, при додаванні до вогнегасного аерозолі газів флегматизаторів мінімальна вогнегасна концентрація зменшується приблизно на 40 % [16].

Таким чином захисна дія АГПС буде полягати в тому, що над поверхнею осілого вогнегасного порошку утворюватиметься газовий прошарок з підвищеною концентрацією вогнегасних речовин, що буде сприяти активному та ефективному гасінню гетерогенного горіння, а в об'ємі гомогенне горіння буде подавляти газоаерозольна суміш. Причому як видно з результатів дослідів АГПС на основі CO<sub>2</sub> є значно ефективніші, так як концентрація CO<sub>2</sub> є в 2–3 рази меншою за концентрацію азоту. З цього випливає, що для захисту об'єму АГПС на основі CO<sub>2</sub> необхідно в 2–3 рази менше балонів з CO<sub>2</sub> ніж N<sub>2</sub>. Час вогнегасної дії АГПС становитиме 20–40 хвилин, що значно більше за тривалість горіння запалювальної суміші.

#### 7. Висновки

Визначено, що суміш вогнегасного аерозолі, порошку та газів флегматизаторів забезпечує ефективний захист від дії запалювальних сумішей в обмеженому об'ємі, де можуть виникнути пожежі класів А, В, С, та Е, при співвідношеннях компонентів суміші – аерозолі до 20 г/м<sup>3</sup>, газів CO<sub>2</sub> або N<sub>2</sub> до 15 %, та амонійно-фосфатного порошку – мінімум 50 г/м<sup>3</sup>.

Встановлено, що захисна дія АГПС буде полягати в тому, що над поверхнею осілого вогнегасного порошку утворюватиметься газовий прошарок з підвищеною концентрацією вогнегасних речовин, що буде сприяти активному та ефективному гасінню гетерогенного горіння, а в об'ємі гомогенне горіння буде подавляти газоаерозольна суміш. Час вогнегасної дії АГПС становитиме 20–40 хвилин, що значно більше за тривалість горіння запалювальної суміші.

#### Література

1. ДСТУ 3105-95 Порошки огнетушащие. Общие технические требования и методы испытаний п. 4.5.4.2 [Текст]. – Государственный Стандарт Украины.
2. Пивоваров, В. В. Разработка тактико-технических показателей и оценка эффективности огнетушителей [Текст]: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / В. В. Пивоваров; ВИПТШ МВД СССР. – М., 1988. – 20 с.
3. Тарадайко, В. Особенности аэрозольного пожаротушения [Текст] / В. Тарадайко // Бюллетень пожарной безопасности. – 1999. – № 1. – С. 24–30.
4. Коростелев, В. Аэрозольгенерирующие пожаротушащие составы. Основные типы составов и оптимальные условия их применения [Текст] / В. Коростелев // Пожаровзрывобезопасность. – 2002. – № 1. – С. 61–66.

5. Запалювальна зброя та засоби захисту від неї [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://disted.edu.vn.ua/courses/learn/862>

6. Запалювальна зброя [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B7%D0%B1%D1%80%D0%BE%D1%8F](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D0%B7%D0%B1%D1%80%D0%BE%D1%8F)

7. Balanyuk, V. M. Phlegmatisation of flammable gas mixtures by aerosol sprays [Text] / V. M. Balanyuk, D. A. Zhurbinskiy // Flegmatyzacja aerozolami mieszanin palnych. BiTP. – 2013. – Vol. 32, Issue 4. – P. 53–58. doi: 10.12845/bitp.32.4.2013.6

8. Christian, S. D. Synergism in flame extinguishment: New results for mixtures of physical and chemical agents [Text]: conference / S. D. Christian, P. Kerr, E. E. Tucker, C. M. Slipevich, A. P. Hagen. – Halon Options Technical Working, 1997. – P. 88–105.

9. Баратов, А. Н. Огнетушащие порошковые составы [Текст] / А. Н. Баратов, Л. П. Вогман. – М.: Стройиздат, 1982. – 72 с.

10. Добриков, В. В. Расчет испарения частиц огнетушащих порошков в пламени и механизм их огнетушащего действия [Текст]: мат. I Всесоюз. симп. / В. В. Добриков, А. Н. Баратов, А. П. Федотов. – Черногоровка: ОИХФ АН СССР, 1984. – Т. 1, Ч. 2. – С. 63–64.

11. Жартовський, В. М. Дослідження з визначення вогнегасної ефективності сумішей інгібіторів горіння та інертних розріджувачів [Текст] / В. М. Жартовський, М. Я. Откідач, Ю. В. Цапко, О. Г. Тропінов // Науковий вісник. – 2003. – № 2. – С. 5–10.

12. Баратов, А. Н. Об ингибировании пламени аэрозолями получаемыми сжиганием пропеллантов [Текст]: научн.-практ. конф. / А. Н. Баратов, Н. П. Копылов // Проблемы горения и тушения пожаров на рубеже веков. – Москва, 1999. – Ч. 1. – С. 235–236.

13. Saito, N. Fire Extinguishing Effect Of Mixed Agents Of Halon 1301 And Inert Gases [Text] / N. Saito, Y. Saso, Y. Ogawa, Y. Otsu, H. Kikui // Fire Safety Science. – 1997. – Vol. 5. – P. 901–910. doi: 10.3801/iafss.fss.5-901

14. Абдурагимов, И. М. Физико-химические основы развития и тушения пожаров [Текст] / И. М. Абдурагимов, В. Ю. Говоров, В. Е. Макаров. – Москва: ВПШ МВД СССР, 1980. – 256 с.

15. Dewitte, M. Inhibition and Extinction of Premixed Flames by Dust Particles [Text] / M. Dewitte, J. Vrebosch, A. van Tiggelen // Combustion and Flame. – 1964. – Vol. 8, Issue 4. – P. 257–266. doi: 10.1016/0010-2180(64)90079-3

16. Баланюк, В. Влияние вида аэрозольобразующих соединений на основе солей калия и добавок инертных газов на флегматизирующую эффективность аэрозоля [Текст]: сб. науч. раб. / В. Баланюк, Д. А. Журбинский, А. С. Лин // Пожарная безопасность. – 2013. – № 22. – С. 7–11.

## References

1. DSTU 3105-95 Poroshki oagnetushashhie. Obshhie tehicheskie trebovaniya i metody ispytaniy p. 4.5.4.2. Gosudarstvennyj Standart Ukrainy.

2. Pivovarov, V. V. (1988). Razrabotka taktiko-tehnicheskikh pokazatelej i ocenka jeffektivnosti oagnetushitelej. Moscow, 20.

3. Taradajko, V. (1999). Osobennosti ajerozol'nogo pozharotusheniya. Bjulleten' pozharnoj bezopasnosti, 1, 24–30.

4. Korostelev, V. (2002). Ajerozol'generirujushhie pozharotushashhie sostavy. Osnovnye tipy sostavov i optimal'nye usloviya ih primeneniya. Pozharovzryvbezopasnost', 1, 61–66.

5. Zapaljuval'na zbroja ta zasoby zahystu vid nei'. Available at: <http://disted.edu.vn.ua/courses/learn/862>

6. Zapaljuval'na zbroja. Available at: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B7%D0%B1%D1%80%D0%BE%D1%8F](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D0%B7%D0%B1%D1%80%D0%BE%D1%8F)

7. Balanyuk, V. M., Zhurbinskiy, D. A. (2013). Phlegmatisation of flammable gas mixtures by aerosol sprays. Flegmatyzacja aerozolami mieszanin palnych. BiTP, 32 (4), 53–58. doi: 10.12845/bitp.32.4.2013.6

8. Christian, S. D., Kerr, P., Tucker, E. E., Slipevich, C. M., Hagen, A. P. (1997). Synergism in flame extinguishment: New results for mixtures of physical and chemical agents. Halon Options Technical Working, 88–105.

9. Barатов, А. Н., Vogman, L. P. (1982). Oagnetushashhie poroshkovye sostavy. Moscow: Strojizdat, 72.

10. Dobrikov, V. V., Barатов, А. Н., Fedotov, A. P. (1984). Raschet isparenija chastic oagnetushashhij poroshkov v plameni i mehanizm ih oagnetushashhego dejstvija. Chernogolovka: OIHF AN SSSR, 1 (2), 63–64.

11. Zhartov's'kyj, V. M., Ot'kidach, M. Ja., Capko, Ju. V., Tropinov, O. G. (2003). Doslidzhennja z vyznachennja vognegasnoi' efektyvnosti sumishej ingibitoriv gorinnja ta inertnyh rozridzhuvachiv. Naukovyj visnyk, 2, 5–10.

12. Barатов, А. Н., Kopylov, N. P. (1999). Ob ingibirovanii plameni ajerozol'jami poluchaemymi szhiganiem propellantov. Problemy gorenija i tusheniya pozharov na rubezhe vekov. Moscow, 1, 235–236.

13. Saito, N., Saso, Y., Ogawa, Y., Otsu, Y., Kikui, H. (1997). Fire Extinguishing Effect Of Mixed Agents Of Halon 1301 And Inert Gases. Fire Safety Science – Proceedings, 5, 901–910. doi: 10.3801/iafss.fss.5-901

14. Abduragimov, I. M., Govorov, V. Ju., Makarov, V. E. (1980). Fiziko-himicheskie osnovy razvitija i tusheniya pozharov. Moscow: VPTSh MVD SSSR, 256.

15. Dewitte, M., Vrebosch, J., van Tiggelen, A. (1964). Inhibition and extinction of premixed flames by dust particles. Combustion and Flame, 8 (4), 257–266. doi: 10.1016/0010-2180(64)90079-3

16. Balanjuk, V., Zhurbins'kij, D. A., Lin, A. S. (2013). Vlijanie vida ajerozol'obrazujushhij soedinenij na osnove solej kalija i dobavok inertnyh gazov na flegmatizirujushhuju jeffektivnost' ajerozolija. Pozharnaja bezopasnost', 22, 7–11.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук, професор Ковалишин В. В.  
Дата надходження рукопису 06.04.2016*

**Баланюк Володимир Мірчович**, кандидат технічних наук, доцент, Відділ ад'юнктури та докторантури, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, вул. Клепарівська, 35, м. Львів, Україна, 79000

E-mail: [bagr33@ukr.net](mailto:bagr33@ukr.net), [bagr9111@gmail.com](mailto:bagr9111@gmail.com)

**Козяр Назарій Михайлович**, кандидат технічних наук, Головне Управління ДСНС України у м. Києві, вул. Володимирська, 13, м. Київ, Україна, 01601

E-mail: [Kozyar777@ukr.net](mailto:Kozyar777@ukr.net)

**Гарасим'юк Олександр Іванович**, Головне Управління ДСНС України у м. Києві, вул. Володимирська, 13, м. Київ, Україна, 01601

E-mail: [Garas777@ukr.net](mailto:Garas777@ukr.net)