

*В.М. Баланюк<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент, А.Т. Лозинський<sup>1</sup>, О.І. Гарасимюк<sup>2</sup>*  
(<sup>1</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
<sup>2</sup>ГУ ДСНС України в м. Київ)

### **ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕГАСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АЕРОЗОЛЬУТВОРЮВАЛЬНИХ СУМІШЕЙ З ДОБАВКОЮ АМОНІЙ ГІДРОГЕНФОСФАТУ**

Описано та наведено результати експериментального дослідження ефективності аерозольуювальних сумішей з добавкою амоній гідрогенфосфату. Наведено методику визначення ефективності отриманого аерозолю. Описано експериментальні дані щодо ефективності гасіння гетерогенного та дифузійного горіння.

Виявлено що найбільш ефективними в гасінні гетерогенного горіння є аерозольуювальні рецептури, які містять нітрат та перхлорат калію та лактозу у складі АУС, а також компоненти вогнегасного порошку - амоній гідрогенфосфату у пропорції від 5 % до 15 %.

**Ключові слова:** вогнегасний аерозоль, вогнегасний порошок, аерозольуювальна суміш, амоній гідрогенфосфат.

*В.М. Баланюк, А.Т. Лозинський, А.І. Гарасимюк*

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОГNETУШАЩЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЕРОЗОЛЬОБРАЗУЮЩИХ СМЕСЕЙ С ДОБАВКОЙ АМОНИЙ ГИДРОГЕНФОСФАТА**

Описаны и приведены результаты экспериментального исследования эффективности аэрозольобразующих смесей с добавкой амоний гидрогенфосфата. Приведена методика определения эффективности полученного аэрозоля. Описаны экспериментальные данные по эффективности тушения гетерогенного и диффузионного горения.

Выявлено, что наиболее эффективными в тушении гетерогенного горения являются аэрозольобразующие рецептуры содержащие нитрат и перхлорат калия и лактозу в составе АУС, а также компоненты огнетушащего порошка – амоний гидрогенфосфата в пропорции от 5% до 15%.

**Ключевые слова:** огнетушащий аэрозоль, аэрозольуювальна смесь, амоний гидрогенфосфат.

*V.M. Balanyuk, A.T. Lozynskyy, O.I. Garasymyk*

### **DEFINITION OF EFFICIENCY FIRE EXTINGUISHING MIXTURES WITH AEROSOL FORMING MIXTURE ADDITIVE DIAMONY PHOSPHATE**

In the work described and the results of an experimental study of the effectiveness of aerosol mixtures with the addition of phosphate diamony. The technique of determining the efficiency of the resulting spray. The experimental data on the efficiency of suppression of heterogeneous and diffusion combustion.

Revealed that the most effective in extinguishing aerosol forming a heterogeneous combustion formulations containing nitrate and potassium perchlorate in the composition and lactose AFS as well as components of fire-extinguishing powder – diamony phosphate in a proportion of from 5% to 15%.

**Keywords:** fire extinguishing spray, dry chemical, aerosol forming mixture phosphate.

**Постановка проблеми.** Дослідження рецептур сучасних зарядів АУС і властивостей одержуваних із них вогнегасних аерозолів, показало, що сучасні аерозольотворювальні сполуки мають високі експлуатаційні характеристики, наприклад, вогнегасна концентрація у 3-5 разів нижча за концентрацію хладону 13В1, а коефіцієнт озоноруйнівної дії аерозолію при вогнегасних концентраціях дорівнює нулю. Також продукти згоряння аерозольотворювальних сполук (АУС) безпечні для людей, не шкодять обладнанню, що захищається. Разом з тим температура продуктів згоряння має достатньо високі значення.

Вивчення особливостей побудови та функціонування сучасних систем об'ємного пожежогасіння показало, що найперспективнішими є автоматичні системи аерозольного пожежогасіння. Основним робочим елементом яких є генератор вогнегасного аерозолію.

Виявлено переваги систем пожежогасіння з використанням генераторів вогнегасного аерозолію (ГВА) перед традиційними, а саме: відсутність посудин під тиском для зберігання вогнегасної речовини та мережі трубопроводів для її доставки, як наслідок цього – низька металоємність системи, простота технічного обслуговування та тривалий строк експлуатації системи. Але час роботи системи аерозольного пожежогасіння, порівняно з аналогічною характеристикою систем об'ємного гасіння, залишається досить великим. Значною мірою на це впливає тривалість роботи ГВА.

Питання створення й удосконалення систем аерозольного гасіння висвітлені в роботах А.М. Баратова, В.В. Агафонова [1,2], М.П. Копилова, [3]. В їх роботах основна увага приділяється вирішенню таких проблем: зниження пожежної небезпеки процесу отримання вогнегасної речовини, вибору оптимальних схем розміщення ГВА для забезпечення рівномірного розподілу аерозолію в приміщенні, що захищається. Питанням удосконалення характеристик ГВА, таких як тривалість роботи, швидкодія, інтенсивність аерозольотворення, практично не приділяється уваги. Тому задача з обґрунтування можливості створення генераторів вогнегасного аерозолію з покращеними характеристиками, а саме з ширшими характеристиками, та можливістю гасіння гетерогенного горіння, є актуальною.

Вогнегасні аерозолі та порошки не залежно один від одного мають ряд недоліків, які є причиною їх обмеженого використання - у випадку порошоків нездатність ефективно гасити дифузійні пожежі, а у випадку аерозолів неможливість гасити тління. Зрозуміло, що для подолання цих недоліків необхідно об'єднати переваги аерозолів та порошоків в одній суміші. Для аерозольотворювальної суміші необхідно підібрати таку рецептуру складників, яка могла б забезпечувати максимально повний викид та частковий термічний розклад добавки з синергічним ефектом між компонентами добавки та аерозолію [4]. Цього можна досягнути, збільшивши температуру та ступінь газифікації аерозольотворювальної сполуки при її згорянні. На підставі цих припущень розраховано рецептурні склади АУС, які спочатку теоретично мали б забезпечувати більший ступінь газифікації [5]. На характер перебігу процесу горіння АУС суттєвий вплив має хімічна природа палива та добавок. Зробити висновок про вплив природи палива та продуктів його перетворення на вогнегасну ефективність одержуваних аерозолів можна провівши експериментальні дослідження.

**Виклад основного матеріалу.** Насамперед досліджували вогнегасну ефективність аерозольотворювальних сполук, одержаних із АУС, на основі  $\text{KNO}_3$ . Мінімальну вогнегасну концентрацію аерозолію знаходили за методикою [6].

Мінімальна кількість експериментів для отримання середнього значення досліджуваної величини – не менше чотирьох. При поганій відтворюваності результатів число експериментів було збільшено до 7.

Усереднені результати залежності тривалості горіння деревини від маси АУС наведені в таблицях 1, 2.

Таблиця 1

Вогнегасна ефективність аерозольотворювальної суміші на основі лактози з добавкою амоній гідрогенфосфату

АУС – Лактоза – 30% KNO <sub>3</sub> – 70%			
$\tau$ , с гетерогенне	$\tau$ , с дифузійне	$M_m$ , г	діамоній фосфат мас %
80,7	5,4	10,02	15
82,6	5,9	10,08	10
81,4	5,8	10,04	5

Таблиця 2

Вогнегасна ефективність аерозольотворювальної суміші на основі лактози з нітратом та перхлоратом калію з добавкою амоній гідрогенфосфату

Лактоза – 28 KNO <sub>3</sub> – 70 KClO <sub>4</sub> – 12			
$\tau$ , с гетерогенне	$\tau$ , с дифузійне	$M_m$ , г	діамоній фосфат мас %
73,5	5,3	10,02	15
74,2	5,4	10,01	10
74,1	5,6	10,14	5

Експеримент показав достатньо хорошу відтворюваність одержаних експериментальних значень  $M_m$  визначених за вищеописаною методикою. В кінцевому вигляді результати досліджень ефективності аерозолів, одержаних із АУС вибраних композицій вищевказаних складів, представлені в таблиці 3.

Результати цих дослідів показали, що на вогнегасну ефективність при гасінні дифузійного полум'я в першу чергу, суттєво впливає співвідношення компонентів та вид компонентів в складі АУС. Крім того, зразки АУС, які містять одночасно і KNO<sub>3</sub> і KClO<sub>4</sub>, проявляють вищу ефективність, ніж зразки, що містять тільки KNO<sub>3</sub>, завдяки збільшенню ступеня перетворення АУС [7]. До того ж як відомо карбонати та хлориди являються синергентами [8]. Отже, змінюючи природу і склад вихідних компонентів АУС та добавки можна впливати на вогнегасну ефективність аерозолу.

Все це свідчить про те, що в рецептурах АУС в яких наявні KNO<sub>3</sub> або (і) KClO<sub>4</sub> підвищується ступінь перетворення вихідних компонентів. Результати дослідів (табл. 1 і 2) також показують, що природа палива і відповідно кількість продуктів його можливого перетворення: чи то CO<sub>2</sub>, чи CO, чи H<sub>2</sub>O – впливають на утворення більш чи менш ефективних частинок аерозолу, а саме на можливість утворення чи то K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, чи K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O, чи KCl·nH<sub>2</sub>O. Так, наприклад, вогнегасна ефективність зразків АУС на основі вуглецю значно нижча від усіх інших, хоча ступінь перетворення цих зразків дуже високий [5]. Це пояснюється тим, що при горінні вуглецю може утворюватись тільки CO<sub>2</sub> і може сформуватись активна частинка K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, а гідратована форма не може сформуватись. Це є поясненням того, що потрібна вогнегасна концентрація таких аерозолів значно більша, ніж у інших зразків. Ефект недопалу зразків АУС на основі ЕДС також відображається в потребі більшої вогнегасної концентрації аерозолу (табл. 4). Очевидно, в цьому випадку утворюється менша кількість CO<sub>2</sub> і інших кінцевих компонентів, отже буде утворюватися і менша кількість активних частинок, зокрема K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

На підставі результатів цих досліджень можна зробити узагальнюючі висновки щодо ефективних аерозольотворювальних рецептур. Саме кращу ефективність проявляють АУС, що містять одночасно KNO<sub>3</sub> і KClO<sub>4</sub> на основі палива лактози.

Оскільки лактоза має порівняно невеликий газифікуючий ефект, і на згоряння 1 грама потрібно 0,88 г кисню, то виникає необхідність перевірки на вогнегасну ефективність рецептур з іншими паливами в основі – епоксидно діанової смоли та ідітолу. Як бачимо, максимальний діапазон ефективної дії  $\text{KClO}_4$  для різних складів АУС різний. Так, для АУС на основі ЕДС цей діапазон становить 10-40 % мас., для ідітолу – 10-30% мас., а для лактози 10-20 % мас.,  $\text{KClO}_4$ .

**Таблиця 3**

*Вогнегасна ефективність аерозольотворювальної суміші на основі ЕДС з нітратом та перхлоратом калію з добавкою амоній гідрогенфосфату*

ЕДС – 20 $\text{KNO}_3$ – 45 $\text{KClO}_4$ – 35			
$\tau$ , с гетерогенне	$\tau$ , с дифузійне	$Mm$ , г	діамоній фосфат мас %
71.4	5,3	10,1	15
71.5	5,2	10,06	10
72.1	5,6	10,15	5

Оптимальне ефективне співвідношення окисників ( $\text{KNO}_3:\text{KClO}_4$ ) для різних АУС також різне: для ЕДС це 45 до 35 % мас., для ідітолу – 60 до 20 % мас, для лактози – 55 до 15 % мас. Експериментально було перевірено вогнегасну ефективність аерозольотворювальних сполук на основі палива ЕДС та ідітолу.

Як бачимо, з результатів експериментів в табл. 4 мінімальне значення часу гасіння властиве аерозольотворювальним сполукам на основі АУС, в яких концентрація  $\text{KClO}_4$  знаходиться в межах 10-20 % мас., та відношення концентрація добавки від 5% до 15%. Для інших палив по зрівнянню з лактозою  $C_b = 10,3 \text{ г/м}^3$ , та для ідітолу  $C_b = 17,5 \text{ г/м}^3$ ; для ЕДС  $C_b = 18,3 \text{ г/м}^3$ . Цей факт свідчить про те, що  $\text{KClO}_4$  відіграє не тільки роль компонента, який підвищує ступінь перетворення АУС, але, перетворюючись в  $\text{KCl}$ , сприяє підвищенню ефективності аерозолі завдяки ефекту синергізму при одночасній присутності в певному співвідношенні  $\text{KCl}$  і  $\text{K}_2\text{CO}_3$ .

**Таблиця 4**

**Вогнегасна ефективність аерозольотворювальної суміші на основі ідітолу з добавкою амоній гідрогенфосфату**

Ідітол – 20 $\text{KNO}_3$ – 60 $\text{KClO}_4$ – 20			
$\tau$ , с гетерогенне	$\tau$ , с дифузійне	$Mm$ , г	діамоній фосфат мас %
54.7	5,2	10,03	15
59.7	5,6	10,02	10
55.4	5,8	10,12	5

При зміні палива від важкоокислюваної ЕДС через ідітол до легкоокислюваної лактози зберігається однакове оптимальне співвідношення  $\text{KNO}_3:\text{KClO}_4$ , яке вказує одночасно на те, що домінуючу роль в процесі припинення горіння відіграє тверда аерозольна фаза, а вогнегасна ефективність твердої фази формується завдяки компонентам газової фази, таким як  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$ . Власне цим і пояснюється найвища ефективність аерозолів, одержаних із АУС, де паливом є лактоза, оскільки при спалюванні лактози утворюється найбільша кількість водяної пари, яка сприяє формуванню гідратованих частинок, що підтверджено авторами [9]. Крім цього експеримент показав, що добавка амоній гідрогенфосфату призводить до підвищення ефективності гасіння гетерогенного горіння, що пояснюється виносом разом з аерозолем вказаної добавки в захищений об'єм [10].

**Висновок:** Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено, що рецептури на основі нітрату та перхлорату калію з домішками амоній гідрогенфосфату у пропорції від 5% до 15 %, гасять гетерогенне горіння деревини за час від 54 до 82 секунд від початку горіння. Найвища ефективність притаманна рецептурам на основі ідітолу, нітрату калію та перхлорату калію, які придушують тління за час від 54 секунд.

### Список літератури

1. Стенковой В.И., Селивестров В.И., Молчадский И.С., Баратов А.Н. Газопорошковое тушение пожаров нефтепродуктов в резервуарах // Пожарная безопасность. – 2011. – №1. – С.100-106.
2. Агафонов В.В., Копилов Н.П. Установки аэрозольного пожежогасіння: елементи і характеристики, проектування, монтаж та експлуатація. – М.: ВНИПО, 1999. – 232 с.
3. Агафонов В.В., Жевлаков А.Ф., Копилов Н.П., Ніколаєв В.М. Перспективи застосування установок аэрозольного пожежогасіння. // Науково-технічне забезпечення протипожежних і аварійно-рятувальних робіт: Матеріали XII Всеросійської науково-практичної конференції. М.: ВНИПО МЧС РФ, 1993. С. 161-162.
4. Баланюк В.М., Комбіноване аэрозольно-порошкове пожежогасіння. В.М. Баланюк, О.І. Гарасимюк, // Пожежна безпека. – 2015. – №26. – С. 7-12.
5. Вплив газової фази на ефективність вогнегасних аерозолів. Баланюк В.М., Грималюк Б.Т., Кіт Ю.В., Левуш С.С. // Вісник НУ “Львівська політехніка”. – 2004. – №497. – С 102-104.
6. Баланюк В.М. Метод пошуку ефективних вогнегасних аерозольотворюючих складів / Баланюк В.М., Грималюк Б.Т. // Пожежна безпека. – 2005. – №6. – С. 113-116.
7. Деякі аспекти дослідження інгібувальної здатності аерозолю / Цапко Ю.В., Соколенко К.І., Ліхновський Р.В., Баланюк В.М. // «Проблеми зниження ризику. Виникнення надзвичайних ситуацій в Україні»: Матеріали VIII всеукраїнської науково – практичної конференції рятувальників. Київ. УКРНДІПБ, 2006. – С. 274-276.
8. Дослідження з визначення вогнегасної ефективності сумішей інгібіторів горіння та інертних розріджувачів / Жартовський В.М., Откідач М.Я., Цапко Ю.В., Тропінов О.Г. // Науковий вісник. – 2003. – №2. – С. 5-10.
9. Баланюк В. М. Дослідження впливу інертних розріджувачів на ефективність вогнегасних аерозолів / Баланюк В.М., Грималюк Б.Т. // Пожежна безпека. – 2005. – №5. – С. 113-116.
10. Исавнин Н. В. Средства порошкового пожаротушения. - Москва стройиздат, 1983, – С. 154.

### References

1. Stenkovoy V.I., Selivestrov V.I., Molchadskiy I.S., Baratov A.N. Gazoporoshkovoe tushenie pozharov nefteproduktov v rezervuarah // Pozharnaya bezopasnost. – 2011. – №1. – S.100-106.
2. Agafonov V.V., Kopilov N.P. Ustanovki aerezolnogo pozhezhogasinnya: elementi i harakteristiki, proektuvannya, montazh ta ekspluatatsiya. – M.: VNIPO, 1999. – 232 s.
3. Agafonov V.V., Zhevlaikov A.F., Kopilov N.P., Nikolaev V.M. Perspektivi zastosuvannya ustanovok aerezolnogo pozhezhogasinnya. // Naukovo-tehnichne zabezpechennya protipozhezhnih i avariyno-ryatuvalni robit: Materiali XII Vserosiyskoyi naukovo-praktichnoyi konferentsiyi. – M.: VNIPO MVS RF, 1993. – S. 161-162.
4. Balanyuk V.M., Kombinovane aerezolno-poroshkove pozhezhogasinnya. V.M. Balanyuk, O.I. Garasimyuk, // Pozhezhna bezpeka. – 2015. – №26. – S. 7-12.
5. Vliv gazovoyi fazi na efektyvnist vognegasnih aerezoliv. Balanyuk V.M., Grimalyuk B.T., Kit Yu.V., Levush S.S. // Visnik NU “Lvivska politehnika”. – 2004. – №497. – S 102-104.
6. Balanyuk V. M. Metod poshuku effektivnih vognegasnih. aerezolutvoryuyuchih skladiv / Balanyuk V.M., Grimalyuk B.T. // Pozhezhna bezpeka. – 2005. – №6. – S. 113-116.

7. Deyaki aspekti doslidzhennya ingibuvalnoyi zdatnosti aerolyu / Tsapko Yu.V., Sokolenko K.I., Lihnovskiy R.V., Balanyuk V.M. // «Problemi znizhennya riziku Viniknennya nadzvichaynih situatsiy v Ukrayini»: Materiali VIII vseukrayinskoyi naukovo – praktichnoyi konferentsiyi ryatuvalnikov. Kiyiv. UKRNDIPB, 2006. – S. 274-276.
8. Doslidzhennya z viznachennya vognegasnoyi efektyvnosti sumishey ingibitoriv gorinnya ta inertnih rozridzhuvachiv / Zhartovskiy V.M., Otkidach M.Ya., Tsapko Yu.V., Tropinov O.G. // Naukoviy visnik. – 2003. – №2. – S. 5-10.
9. Balanyuk V. M. Doslidzhennya vplivu inertnih rozridzhuvachiv na efektyvnist vognegasnih aerolyiv / Balanyuk V.M., Grimalyuk B.T. // Pozhezhna bezpeka. – 2005. – №5. – S. 113-116.
10. Isavnin N. V. Sredstva poroshkovogo pozharotusheniya. – Moskva stroyizdat, 1983, – S. 154.

