

БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНА ЛАБОРАТОРНА УСТАНОВКА ТА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕГАСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОРОШКІВ ТА АЕРОЗОЛЕЙ

*Тищенко Є. О., д.т.н., професор,
Куценко М. А., к.економ.н., доцент,
Маладика Л. В., к.пед.н., доцент,
Котляр Д. О.*

Національний університет цивільного захисту України

Аналіз науково-технічної та патентної літератури показує, що на сучасному етапі практично вичерпано можливості стосовно розробки рецептур вогнегасних порошоків на принципово нових сировинних основах. Більшість розробок базується на вдосконаленні рецептур із використанням уже відомих і добре випробуваних компонентів. Наявність великої кількості рецептур свідчить про те, що в сучасних умовах ведеться інтенсивний пошук найбільш оптимального складу порошоків, який би забезпечував максимальну вогнегасну ефективність, універсальність використання при мінімальних матеріальних затратах. Принцип досягнення необхідних результатів базується на частковій заміні основного компонента іншим із забезпеченням синергізму їх спільної дії та покращанням необхідних властивостей порошку.

Сучасне трактування механізму припинення горіння порошками також показує, що найбільш перспективним способом покращання їх вогнегасної здатності може бути селективний підбір та спільне використання компонентів із посиленням сумарним ефектом інгібування, з урахуванням конкретних умов гасіння пожеж, пов'язаних зі зміною концентрації кисню в газоповітряному середовищі зони горіння.

На особливу увагу заслуговує результат спільної участі різних за природою інгібіторів в умовах змінної концентрації кисню в реакційній суміші, якою є полум'я вуглеводнів. У таких умовах вогнегасна ефективність порошкової суміші може не змінюватися (це свідчить про наявність адитивного характеру спільної дії інгібіторів), а також посилюватися або знижуватися, що є проявом неадитивності їх спільної дії.

На основі аргументованого аналітичного, функціонального та системного аналізу розроблена багатофункціональна лабораторна установка та визначена методика проведення наукових досліджень вогнегасної ефективності порошкових та аерозольних інгібіторів припинення горіння.

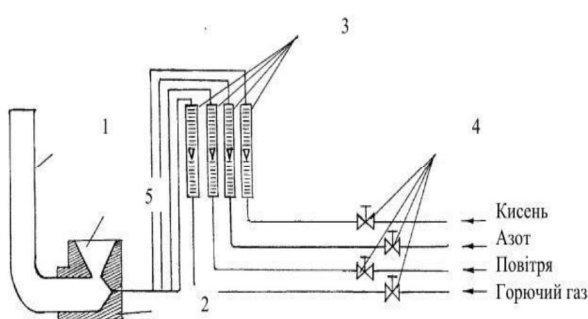


Рисунок – 1. Схема та фото лабораторної установки для визначення вогнегасної ефективності порошоків при гасінні полум'я із змінною концентрацією кисню в газоповітряному середовищі: 1 – циліндричний пальник Бунзена; 2 – ежектор; 3 – ротаметри; 4 – регулювальні крани; 5 – лійка ежектора

Тому для проведення лабораторних досліджень з визначення вогнегасної ефективності порошків при гасінні газоповітряного полум'я з перемінним вмістом кисню в зоні горіння, на основі проведеного аналізу в ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України авторами розроблено та змонтовано модернізовану лабораторну установку пального типу. Блок-схема установки показана на рис. 1. Основним елементом лабораторної установки є скляний циліндричний пальник Бунзена (1) (внутрішній діаметр $14,0 \pm 0,1$ мм, а зовнішній діаметр $17,2 \pm 0,1$ мм), нижня частина якого підігнута до вершу під прямим кутом. У верхній частині горизонтальної ділянки пальника розміщено ежектор (2), в який через спеціальний отвір (5) засипають контрольну масу вогнегасного порошку. Кількість горючого газу, повітря, кисню і азоту при подачі до пальника Бунзена, контролюється відповідними ротаметрами (3) РМ-ГУЗ 0,4 або РМ-ГУЗ 0,63 і регулюється відповідними кранами (4) в залежності від необхідної концентрації кисню в газоповітряному середовищі зони горіння пальника. Горючий газ (пропан-бутан), кисень та азот в лабораторну установку подаються по відповідним трубопроводам із транспортних балонів через редуктори. Повітря при необхідності подається на установку через відповідний ротаметр від газодувки, в якості якої пристосовано побутовий пилосос. Мінімальні маси вогнегасного порошку для проведення досліду зважування на аналітичних терезах марки ВЛА-200-М з точністю до $0,0001$ г. Для уточнення мінімальної маси порошку використовують аналітичні мікротерези ВЛМ-20-М з точністю до $0,00001$ г. В основі методу є визначення мінімальної маси порошку, здатної надійно гасити факел полум'я пальника Бунзена, при фіксованих концентраціях кисню в зоні горіння.

Для забезпечення однозначності кожного визначення по дії вогнегасних порошків на полум'я для фіксованих умов експеримент з визначеною мінімальною масою порошку повторювався не менше 10 разів. Вибір кількості паралельних вимірів обумовлений необхідною точністю або величиною допустимої відносної помилки. Число паралельних вимірів визначаємо з формули:

$$t_{(\alpha, f)} = \frac{\varepsilon}{S} \sqrt{n}, \quad (1)$$

де $t_{(\alpha, f)}$ – коефіцієнт Стюдента, залежний від довірчої вірогідності (α) і числа ступенів свободи (f), ε – точність вимірів або довірчий інтервал, S – стандартне відхилення, n – число вимірів. Стандартне відхилення визначаємо за формулою:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

де i – номер окремого виміру, \bar{x} – середнє арифметичне виміряної величини, x_i – окреме значення виміряної величини.

Із (1–2) маємо:

$$\sqrt{n} = \frac{t_{(\alpha, f)} \cdot S}{\varepsilon} = \frac{t_{(\alpha, f)} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}}{\varepsilon}, \quad (3)$$

Тоді число вимірів, необхідних для досягнення потрібної точності, визначено (n):

$$n = \frac{t_{(\alpha, f)}^2 \cdot \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}{\varepsilon^2 \cdot (n-1)}, \quad (4)$$

Для десяти паралельних вимірів ($n = 10$) число ступенів свободи (f) дорівнює 9, довірчу вірогідність (α) встановлюємо рівною 0,95. Тоді $t_{(\alpha, f)}$ дорівнює 2,26 [a, b].

Точність вимірів (довірчий інтервал) зважування на аналітичних вагах (ε) – 0,0001 г; така ж різниця між величиною середнього (істинного) і окремого виміру ($x_i - \bar{x}$). Із (4) маємо:

$$n = \frac{(2.26)^2 \cdot \sum_{i=1}^{i=n} (0.0001)^2}{(0.0001)^2 \cdot 9} = \frac{10 \cdot (2.26)^2}{9} = 5.68 \quad (5)$$

Аналогічне число вимірів необхідне і при визначені мінімальної маси порошку на аналітичних мікротерезах з точністю 0,00001 г. Тому, навіть шести вимірів та досліджень достатньо для обґрунтованого визначення мінімальної маси вогнегасного порошку та його вогнегасної ефективності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Апанович В. М., Жартовський В. М., Тропінов А. Г. Вогнегасний порошок для гасіння пожеж на об'єктах цивільної авіації. Тези доповіді науково-технічного семінару. Севастопіль, СПІ, 1988. С. 100–101.
2. Ацусі Накакукі. Гасіння пожеж в гіпербаричних камерах. Пожежна охорона, 1972. № 41. С. 1–14.
3. Ацусі Накакукі. Пожежі і протипожежні заходи в камерах високого тиску і високої концентрації кисню. Адзен Когаку, 1972. Т. 2. № 5. 27 с.
4. Тищенко О. М., Жартовський С. В., Тищенко Є. О. Вогнегасні порошки та умови їх застосування: навч. посібн. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, 2014. 250 с.
5. Tyshchenko, O., Kyrychenko, O., Kutsenko, M., Tyshchenko, I. (2025). Fire extinguishing efficiency of the powders in environments with variable oxygen concentration. *Riešenie Krízových Situácií V Špecifickom Prostredí*. 84–86.