

*С. М. Шахов, викладач, НУЦЗУ,  
С. А. Виноградов, к.т.н., доцент, заст. нач. каф., НУЦЗУ,  
А. І. Кодрик, к.т.н., нач. відділу, УкрНДІЦЗ,  
О. М. Тітенко, к.т.н., с.н.с., УкрНДІЦЗ*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ВОГНЕГАСНОЇ ЗДАТНОСТІ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ**

(представлено д.т.н. Тарасенком О. А.)

Експериментально визначено показник вогнегасної здатності на лабораторному вогнищі класу А. Встановлено, як впливає кратність та кількість піноутворювача на вогнегасну ефективність компресійної піни. Отримані залежності, які дозволили вивчити, який вплив має структура піни та концентрація піноутворювача на вогнегасну ефективність компресійної піни під час твердих горючих речовин.

**Ключові слова:** пожежогасіння, компресійна піна, показник вогнегасної здатності, лабораторні вогнища класу А.

**Постановка проблеми.** Відомо, що складовими піни є повітря, вода та піноутворювач. Структуру компресійної піни, а саме співвідношення повітряної та рідкої фази, визначає її кратність. В свою чергу з експериментальних досліджень [1] встановлено, що від кратності піни залежать наступні її властивості: стійкість, дисперсність і однорідність. Отже від структури піни залежить її вогнегасна ефективність. З проведеного аналізу [2] з'ясовано, що кожен з відомих світових виробників установок пожежогасіння компресійною піною пропонує різні співвідношення рідкої та повітряної фаз, вміст піноутворювача та робочий діапазон кратності.

На шляху ефективного застосування компресійної піни постає проблема, що полягає у відсутності теоретичного підходу та практичних досліджень, які науково обґрунтовують вплив зміни структури та кількості піноутворювача в компресійній піні на її вогнегасну ефективність.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Найбільша кількість відомих досліджень присвячено використанню компресійної піни для гасіння рідких горючих речовин. Так, у роботі [3] оцінювалась вогнегасна ефективність системи подачі компресійної піни при різних співвідношення кількості стисненого повітря і водного розчину піноутворювача для гасіння пожеж рідких горючих речовин. У дослідженні [4] порівнювалась ефективність гасіння пожеж рідких горючих речовин з використанням піноутворювачів класу А (змочувачі) і AFFF (плівкоутворюючий) в системах компресійної і повітряно-механічної піни. У роботі [5] вивчено вплив типу пінних бульбашок системи CAFS на час гасіння пожежі. Як джерело загорання використовували бензин. Виділено три типи пінних бульбашок: мокрі, середні та сухі. Щодо застосування компресійної піни для гасіння твердих горючих речовин, то в дослідженні [6] проведено порівняння ефективності гасіння таких пожеж компресійною піною та повітряно-механічною піною низької кратності. Ряд досліджень було

спрямовано на пошук оптимальних способів змішування компонентів в системах для подачі компресійної піни. Так, у роботах [7] проаналізовано існуючі способи вводу повітря в камеру змішування CAFS. В роботі [8] проведені дослідження, щодо визначення ефективності компресійної піни під час гасіння твердих горючих речовин, за показником ефективності гасіння. Встановлено, що при співвідношенні повітря-розчин піноутворювача 25 до 1, піна має найбільшу вогнегасну ефективність.

Авторами в роботі [1] вивчалися властивості компресійної піни, такі як її стійкість, дисперсність та однорідність. Визначено, що для компресійної піни більшої кратності має місце і більша її стійкість. Також зі збільшенням кратності відбувається зменшення розміру пінної бульбашки, що призводить до збільшення часу її існування, наслідком чого є утворення високодисперсної стійкої піни. Виходячи з аналізу, вплив структури компресійної піни на її вогнегасну ефективність під час гасіння твердих горючих речовин вивчені недостатньо повно, зокрема вплив кратності піни та кількість піноутворювача у розчині.

**Постановка завдання та його вирішення.** Метою роботи є оцінка ефективності компресійної піни на лабораторних вогнищах класу А за показником вогнегасної здатності.

Для визначення вогнегасної ефективності компресійної піни використовували показник вогнегасної здатності  $P_{в.з.}$  [9–10]. При гасінні твердих горючих речовин цей показник визначається масою вогнегасної речовини  $m$ , що припадає на одиницю площі модельного вогнища пожежі  $S$ , достатньої для впевненого гасіння в ньому в умовах стандартного експерименту.

Як модельне вогнище пожежі класу А був вибраний штабель з 32 брусків розміром (20×20×150) мм, укладених в 8 шарів по 4 бруски в кожному. Відстань між брусками у ряді 20 мм. Загальна площа брусків складає 0,41 м<sup>2</sup>. Відкрита поверхня горіння модельного вогнища (за відніманням площ перекриття брусків) складає 0,32 м<sup>2</sup>. Це модельне вогнище пожежі класу А широко використовується при лабораторних визначеннях показника вогнегасної здатності різних вогнегасних засобів [11–15]. Порядок проведення випробувань описаний у роботі [8]. В табл. 1 наведені отримані результати експерименту.

**Табл. 1. Результати експерименту**

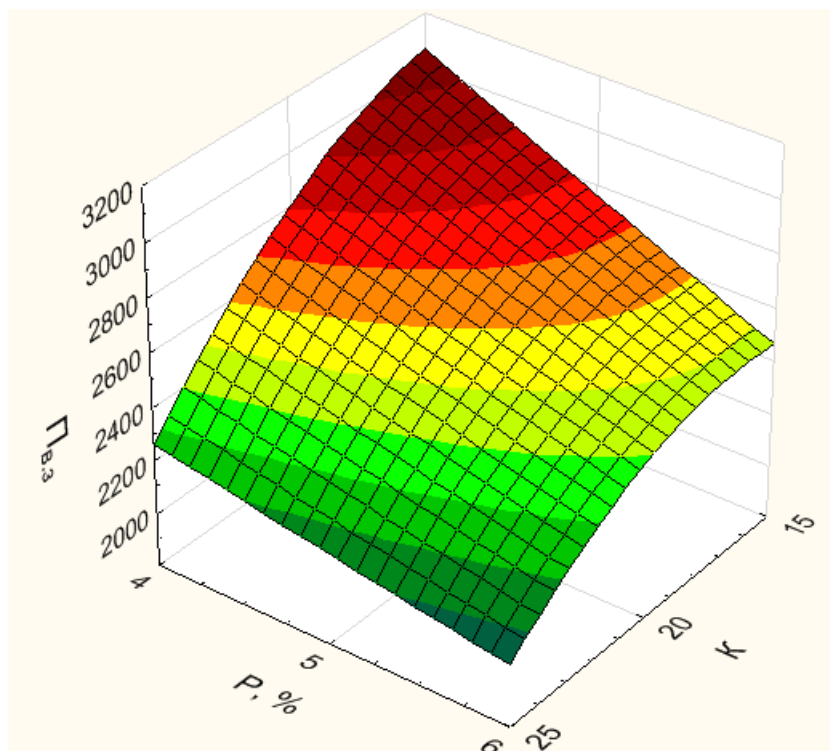
| N | P, %           |                | маса розчину $m_p$ , кг |       |       |           |
|---|----------------|----------------|-------------------------|-------|-------|-----------|
|   | x <sub>1</sub> | x <sub>2</sub> | 1                       | 2     | 3     | $\bar{m}$ |
|   |                |                | $l$                     | $2$   | $m_3$ |           |
| 1 | 15             | 4              | 1,03                    | 0,96  | 0,98  | 0,99      |
| 2 | 25             | 4              | 0,73                    | 0,68  | 0,75  | 0,72      |
| 3 | 15             | 6              | 0,8                     | 0,76  | 0,825 | 0,795     |
| 4 | 25             | 6              | 0,625                   | 0,675 | 0,635 | 0,645     |
| 5 | 15             | 5              | 0,83                    | 0,885 | 0,895 | 0,87      |
| 6 | 25             | 5              | 0,745                   | 0,65  | 0,69  | 0,695     |
| 7 | 20             | 4              | 0,935                   | 0,87  | 0,88  | 0,895     |
| 8 | 20             | 6              | 0,805                   | 0,74  | 0,75  | 0,765     |
| 9 | 20             | 5              | 0,865                   | 0,81  | 0,83  | 0,835     |

Наступним кроком було розраховано значення показника вогнегасної здатності  $\Pi_{в.з.}$ , для кожної серії дослідів. Результати розрахунків  $\Pi_{в.з.}$  наведено в табл. 2.

**Табл. 2. Результати розрахунків показника вогнегасної здатності**

| N, дослід | K, кратність | P, % | m, кг | S, м <sup>2</sup> | $\Pi_{в.з.}$ , г/м <sup>2</sup> |
|-----------|--------------|------|-------|-------------------|---------------------------------|
| 1         | 15           | 4    | 0,99  | 32                | 3094                            |
| 2         | 25           | 4    | 0,72  |                   | 2250                            |
| 3         | 15           | 6    | 0,795 |                   | 2484                            |
| 4         | 25           | 6    | 0,645 |                   | 2016                            |
| 5         | 15           | 5    | 0,87  |                   | 2719                            |
| 6         | 25           | 5    | 0,695 |                   | 2172                            |
| 7         | 20           | 4    | 0,895 |                   | 2797                            |
| 8         | 20           | 6    | 0,765 |                   | 2391                            |
| 9         | 20           | 5    | 0,835 |                   | 2609                            |

На рис. 1 наведена поверхня відгуку, яка описує залежність впливу кратності та кількості ПУ на показник вогнегасної здатності компресійної піни.



**Рис. 1. Поверхня відгуку показника вогнегасної здатності від кратності компресійної піни та концентрації піноутворювача у розчині з водою**

Поверхня відгуку зображена на рис. 1 описує залежність показника вогнегасної здатності  $\Pi_{в.з.}$ , від двох чинників, таких як кратність  $K$  кількість піноутворювача  $P$ . Аналізуючи графік, найвища вогнегасної ефективність,

за показником вогнегасної здатності спостерігається при використанні піни кратністю 25 і концентрацією піноутворювача в розчині 6%. При зниженні кратності до 15 та концентрації ПУ до 4% вогнегасна ефективність піни зменшується практично в 1,5 рази, це свідчить про негативний вплив низької кількості піноутворювача Р та низької кратності піни К на вогнегасну ефективність в цілому. Рівняння регресії, яке описує дану залежність представлено на формулі (1)

$$P_{в,з} = 4599,1 + 73,1 * K - 637,67 * P - 5,7267 * K^2 + 18,8 * K * P + 5,33 * P^2. \quad (1)$$

**Висновки.** Проведено експериментальні дослідження та визначено ефективність компресійної піни за показником вогнегасної здатності. Визначено, що кратність піни істотно впливає на вогнегасну ефективність. Так, збільшення кратності піни з 15 до 20 призводить до підвищення ефективності гасіння на 21%, а з 20 до 25 – до 10%. При цьому для розчину з 6% вмістом ПУ підвищення ефективності гасіння для піни кратністю 25 не спостерігається, що добре корелюється з результатами, отриманими в [1] та вказує на те, що ПУ необхідно використовувати відповідно до рекомендацій виробника у співвідношенні 6/94. Отримано регресійну залежність, за допомогою якої можна порівняти показник вогнегасної компресійної піни в залежності від її структури та вмісту ПУ у розчині.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Виноградов С. А. Кодрик А. І., Тітенко О. М., Шахов С. М. Вплив кратності компресійної піни на дисперсність і стійкість. Проблеми пожежної безпеки. 2019. № 45. С. 27–33.
2. Виноградов С. А., Шахов С. М., Ларін О. М. Аналіз світових зразків систем пожежогасіння газонаповненою піною. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. Збірник. 2017. № 1. С. 50–59.
3. Dong-Ho R., L. Jang-Won., K. Seonwoong. Class B Fire-Extinguishing Performance Evaluation of a Compressed Air Foam System at Different Air-to-Aqueous Foam Solution Mixing. Applied Science. 2016. Vol. 191, Issue 6. P. 2–12.
4. Crampton G. A. Kim. Comparison of the Fire Suppression Performance of Compressed – Air Foam with Air Aspirated and Unexpanded Foam Water Solution. Research Report. 2004. № 147. P. 1–25.
5. Jing-yuan C., X. Mao. Experimental Research of Integrated Compressed Air Foam System of Fixed (ICAF) for Liquid. Procedia Engineering. 2014. Vol. 71. P. 44–56.
6. Камлюк А. Н., Навроцкий О. Д., Грачулин А. В. Тушения пожаров пеногенерирующими системами со сжатым воздухом. Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2017. Т. 1, № 1. С. 44–53.
7. Feng D. Analysis on Influencing Factors of the Gas-liquid Mixing Effect of Compressed Air Foam Systems. Procedia Engineering. 2013. Vol. 52. P. 105–111.

8. Шахов С. М., Виноградов С. А., Кодрик А. И., Титенко О. М. Визначення вогнегасної ефективності компресійної піни під час гасіння нею твердих горючих речовин. Проблеми пожежної безпеки. 2019. № 46. С. 31–39.

9. Вогнегасні речовини : посібник / [Антонов А.В., Боровиков В.О., Орел В.П. та ін.]. К. : Пожінформтехніка, 2004. С. 176.

10. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять: 2006. С. 32. URL: [https://kmdka.com/sites/default/files/files/dstu\\_2272\\_2006.pdf](https://kmdka.com/sites/default/files/files/dstu_2272_2006.pdf)

11. Дубков П. Ф., Плосконосов В. Г., Галкин А. В. Установка для определения огнетушащей эффективности воды с добавками. Пожаротушение. 1983. С. 92–95.

12. Абрамов А. А., Степананко С. Г., Шкоруп А. И. Параметры горения модельного очага пожара класса А. Средства порошкового пожаротушения. 1992. С. 3–5.

13. Шкоруп А. И., Степаненко С. Г., Волошаенко А. И. Особенности тушения очагов пожаров классов А и В в лабораторных условиях. Средства порошкового пожаротушения. 1992. С. 119–125.

14. Жартовский В.А, Цапенко А.В., Стеценко В.В. Дослідження процесів пожежегасіння комбінаціями деяких вогнегасних речовин. Пожежна безпека. 2003. № 7 (46). С. 28–29.

15. Кустов М. В., Каоугин В. Д. Повышение огнетушащей эффективности истинных растворов с помощью добавок электролитов. Проблемы пожарной безопасности. 2008. № 24. С. 38–43.

*Отримано редколегією 09.01.2020*

С. М. Шахов, С. А. Виноградов, А. И. Кодрик, О. М. Титенко

#### **Определение показателя огнетушащей способности компрессионной пены**

Экспериментально определено показатель огнетушащей способности на лабораторном очаге пожара класса А. Установлено, как влияет кратность и количество пенообразователя на огнетушащую эффективность компрессионной пены. Полученные зависимости, которые позволили изучить, какое влияние имеет структура пены и концентрация пенообразователя на эффективность компрессионной пены при тушении твердых горючих веществ.

**Ключевые слова:** пожаротушение, компрессионная пена, показатель огнетушащей способности, твердые горючие вещества, пожар класса А.

S. Shakhov, S. Vinogradov, A. Kodryk, O. Titenko, S. Shakhov

#### **Determination of the fire extinguishing ability of compression foam**

The fire extinguishing ability indicator was experimentally determined at the laboratory fire site of a Class A fire. It has been established how the multiplicity and quantity of foaming agent affects the fire extinguishing efficiency of compression foam. The obtained dependences, which made it possible to study what effect the structure of the foam and the concentration of the foaming agent have on the effectiveness of compression foam when extinguishing solid combustible substances.

**Keywords:** fire extinguishing, compression foam, rate of fire extinguishing ability, solid combustible substances, class A fire.