

*В.В. Ковалишин, д-р техн. наук, професор, Я.Б. Кирилів, канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
О.В. Грушовінчук¹, канд. техн. наук
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,
¹Державний центр сертифікації ДСНС України)*

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ СТРУМЕНІВ ПОВІТРЯНО-МЕХАНІЧНОЇ ПІНИ РІЗНОЇ КРАТНОСТІ ПІД ЧАС ЇХ ПОЛЬОТУ

Перевірено експериментально транспортування струменя середньої кратності струменями низької кратності. Встановлено, що дальність польоту комбінованого струменя становить понад 18 м. У даній роботі також було досліджено вплив тиску подачі водопінної суміші для утворення повітряно-механічної піни оптимальної кратності у генераторах піни низької та середньої кратності. Виявлено ефект синергізму щодо ефективності припинення горіння легкозаймистих та горючих рідин у разі взаємодії поверхні їх горіння із комбінованою піною. Усереднене значення кратності комбінованої піни становить понад 54.

Ключові слова: повітряно-механічна піна, піногенератор, конструктивна схема, комбінована дія, кратність піни, дальність подачі піни.

V. V. Kovalyshyn, Ya. B. Kyryliv, O. V. Grushovinchuk

INTERACTION BETWEEN AIR-FILLED FOAM JETS OF DIFFERENT EXPANSION RATIOS: EXPERIMENTAL STUDY

Using of low expansion foam for transportation of medium expansion foam was experimentally checked. The results showed that the throwing range of the combined jet is more than 18 m. The influence of the supply pressure of the water-foam mixture for the formation of air-filled foam of optimum multiplicity in foam generators was also investigated. The effect of synergism during the extinguishing fires of flammable and combustible liquids was revealed. This effect was observed after interaction between burning-surface area and combined foam. The average expansion value of the combined foam was calculated (the value was more than 54).

Key words: air-filled foam, foam generator, structural scheme, combined action, foam expansion, foam throwing range.

Вступ. Повітряно-механічна піна є поверхневим засобом припинення горіння і може застосовуватися для гасіння будь-яких речовин, крім палаючих боєприпасів. Піна особливо ефективна при гасінні легкозаймистих і горючих рідин (нафтопродуктів). До переваг повітряно-механічної піни, як засобу пожежогасіння можна віднести: суттєве скорочення витрати води; можливість гасіння пожеж на великих площах; можливість об'ємного гасіння; можливість підшарового гасіння нафтопродуктів у резервуарах; підвищена (порівняно з водою) змочувальна здатність; при гасінні піною не потрібно одночасне перекриття всього дзеркала горіння, оскільки піна здатна розтікатися по поверхні палаючого матеріалу.

Принцип гасіння пожеж піною заснований перш за все на її ізолювальній здатності. Крім того, припиненню горіння сприяє деяка охолоджувальна дія піни. Повітряно-механічна піна в своїй більшості не псує різноманітне обладнання і одяг, безпечна для працюючих і отримують її в простих і надійних пристроях. Піна на прісній воді не електропровідна, тому її можна використовувати для гасіння палаючого електрообладнання під напругою до 500 В. Піна на морській воді електропровідна і застосовувати її для цих цілей забороняється. Оптимальна кратність повітряно-механічної піни лежить в межах 70-150.

Піна середньої кратності при рясній і безперервній подачі здатна розтікатися на великі відстані, легко долати повороти і заповнювати приміщення по висоті (до 8 м), звільняючи при цьому приміщення від горючих продуктів згорання і диму. Через ці властивості піна середньої кратності є ефективним засобом гасіння внутрішніх пожеж, коли через задимленість і високу температуру важко виявити осередок пожежі і близько підійти до нього.

Піна високої кратності може застосовуватися для об'ємного способу гасіння пожежі в великих і високих приміщеннях. Великий підпір повітря, що створюється вентилятором піногенератора, дозволяє подавати піну по каналах і м'яких пінопроводах на значну висоту і великі відстані.

При гасінні легкозаймистих рідин найбільший ефект досягається при подачі максимальної кількості піни в якнайкоротший термін. Повітряно-механічна піна утворюється в результаті інтенсивного механічного перемішування водного розчину піноутворювача з повітрям [1, 2, 3]. Вона складається з бульбашок, оболонка яких утворена з розчину піноутворювача. У бульбашках міститься (в залежності від піноутворювача) повітря до 90%, води 9,5% і піноутворювача до 0,5%. Питома вага піни від 0,11 до 0,17. Виходить повітряно-механічна піна за допомогою спеціальних апаратів, піногенераторів (змішувачів і повітряно-пінних стволів). При гасінні легкозаймистих рідин дальність польоту струменів піни високої кратності не перевищує 6-8 м, а це в свою чергу ускладнює ефективність процесу гасіння. Це також наражає пожежних на додаткову небезпеку.

Таким чином, можна намітити основні тенденції щодо вдосконалення пінного гасіння: створення нових сучасних піноутворювачів; створення окремих компонентів-добавок до існуючих піноутворювачів, що підвищують їх якість (добавка полімерів для підвищення стійкості піни); вдосконалення конструкції піногенераторів (піна середньої та високої кратності, отримана без примусової подачі повітря або наповнена інертним газом); вдосконалення тактичних прийомів гасіння пожеж із застосуванням піни.

Тому одним із актуальних завдань є вдосконалення конструкції існуючих піногенераторів встановленого на основі аналізу їх відомих конструкцій та параметрів. Одним з їх недоліків є обмеженість дальності польоту повітряно-механічної піни з середньою та високою кратністю. В роботах [4, 5] досліджено підвищення ефективності гасіння пожеж легкозаймистих та горючих речовин комбінованими пінними струменями та залежність кратності повітряно-механічної піни від геометричних параметрів піногенератора, де паралельні струмені піни низької кратності транспортують струмені середньої кратності в осередок горіння. Крім того, обґрунтовано параметри генераторів піни ежекційного типу підвищеної вогнегасної ефективності [6, 7], де розроблено кілька схем подачі струменів низької та високої кратності, причому транспортуючу роль виконують струмені низької кратності. Серед них вибрана оптимальна схема на підставі якої розроблено дослідний зразок піногенератора для експериментальних досліджень.

Мета роботи. Перевірити теоретичні розрахунки на основі експериментальних досліджень дослідного зразка піногенератора.

Матеріали та методи досліджень. Розроблена конструкція дослідного зразка піногенератора для подачі повітряно-механічної піни середньої та високої кратності на основі теоретичних та попередніх експериментальних досліджень. Для досліджень піну низької та середньої кратності генерували з 6%-го робочого розчину піноутворювача загального призначення для гасіння пожеж "Альпен" [8] виробництва ТОВ "Альхім" (Україна) за ТУ У 24.6-32740136-001:2006. Густина піноутворювача при 20 °С – 1022 кг/м³; кінематична в'язкість при 20 °С – 3,4 мм²/с; водневий показник – рН = 7,86; показник змочувальної здатності – 0,5 с. Вимірювальні засоби для визначення висоти та дальності польоту струменів. Дослідження з визначення дальності та висоти подавання пінних струменів, що сформовані піногенератором проводились з використанням пожежного автомобіля АЦ-40(130)63Б при тиску 0,4 МПа, 0,6 МПа та 0,8 МПа.

Викладення основного матеріалу. В роботах [6, 7] визначено раціональну конструктивну схему розташування струменів піни низької кратності для транспортування основного струменя піни середньої кратності на основі дослідження процесу переміщення в повітрі похилих гідравлічних струменів за допомогою математичного моделювання процесу взаємодії струменів повітряно-механічної піни різної кратності. Для цього було побудовано систему диференціальних рівнянь для одного центрального струменя піни середньої кратності і чотирьох струменів піни низької кратності, що взаємодіють з центральним (1):

$$\begin{aligned}
& \ddot{x}_0 + \alpha_0 \cdot \dot{x}_0 \cdot (\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2)^{1/2} + \beta_1 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_2 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} + \beta_3 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_4 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_0 + \alpha_0 \cdot \dot{y}_0 \cdot (\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2)^{1/2} + \beta_1 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_2 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} + \beta_3 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_4 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{x}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{x}_1 \cdot (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2)^{1/2} - \beta_1 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{y}_1 \cdot (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2)^{1/2} - \beta_1 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{x}_2 + \alpha_2 \cdot \dot{x}_2 \cdot (\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2)^{1/2} - \beta_2 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_2 + \alpha_2 \cdot \dot{y}_2 \cdot (\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2)^{1/2} - \beta_2 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{x}_3 + \alpha_3 \cdot \dot{x}_3 \cdot (\dot{x}_3^2 + \dot{y}_3^2)^{1/2} - \beta_3 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_3 + \alpha_3 \cdot \dot{y}_3 \cdot (\dot{x}_3^2 + \dot{y}_3^2)^{1/2} - \beta_3 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{x}_4 + \alpha_4 \cdot \dot{x}_4 \cdot (\dot{x}_4^2 + \dot{y}_4^2)^{1/2} - \beta_4 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_4 + \alpha_4 \cdot \dot{y}_4 \cdot (\dot{x}_4^2 + \dot{y}_4^2)^{1/2} - \beta_4 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2)^{1/2} = -g
\end{aligned} \tag{1}$$

На рис. 1 показано оптимальну схему розміщення підтримуючих струменів розміщених через кожні 90° зі зміщенням 45°. Конструктивне виконання піногенератора зображено на рис. 2. Даний піногенератор є генератором комбінованої дії, який складається з корпусу 1

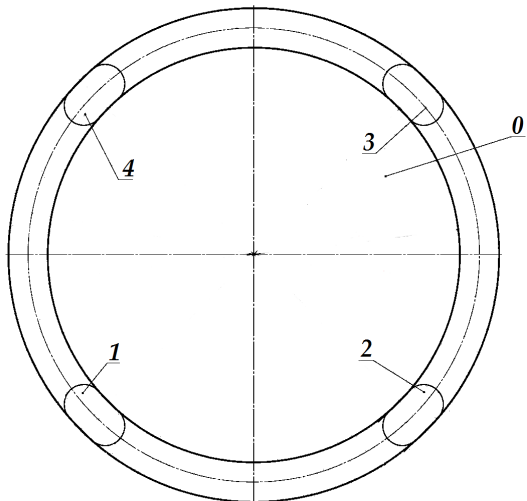


Рисунок 1 – Конструктивна схема розміщення струменів через кожні 90° зі зміщенням 45°, де 0 – нульовий струмінь піни середньої кратності; 1, 2, 3, 4 – підтримуючі струмені піни низької кратності

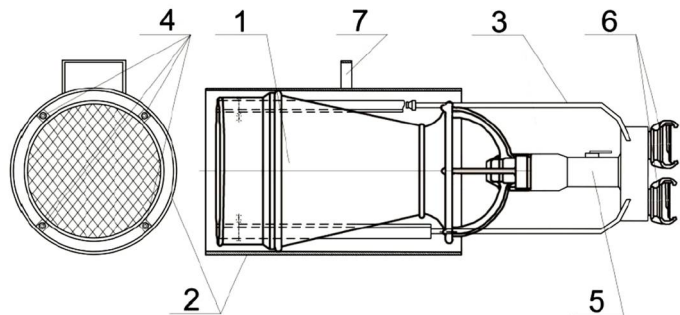


Рисунок 2 – Принципова схема генератора комбінованої піни: 1 – корпус генератора піни середньої кратності ГПС; 2 – кожух генератора комбінованої піни; 3 – генератори піни низької кратності; 4 – заспокоювачі; 5 – манометр; 6 – з'єднувальна муфтова головка; 7 – ручка для утримання генератора

генератора піни середньої кратності ГПС, 2 кожуха генератора комбінованої піни, 3 чотирьох генераторів піни низької кратності, 4 заспокоювачів піни низької кратності, 5 манометра для контролю тиску, 6 з'єднувальної муфтової головки та ручки для утримання піногенератора. Генератори 3 призначені для одержання повітряно-механічної піни низької кратності. Вони надійні в роботі, прості за конструкцією та широко застосовуються при гасінні пожеж. Причинами отримання повітряно-механічної піни низької якості з таких стволів може бути засмічення конусного насадка і поганий піноутворювач. Принцип роботи: водний розчин піноутворювача, що подається під напором, розпоршується в конусній насадці і, протікаючи по ній, створює розрідження, повітря через отвори в трубі спрямовується в зону зниженого тиску і змішується з розчином, в результаті утворюється повітряно-механічна піна низької кратності (6-10), яку направляють в осередок пожежі. При цьому тиск води в стволі має бути не менше 0,6 МПа. Всі чотири стволи мають номінальну кратність піни 8. Генератор піни середньої кратності (ГПС) призначений для отримання і подачі повітряно-механічної піни середньої кратності в осередок пожежі. Існує кілька типорозмірів генераторів: ГПС-200, ГПС-600, ГПС-2000. Принцип роботи їх однаковий, вони розрізняються лише геометричними розмірами і продуктивністю 200-2000 л/с піни кратністю 100. Працює генератор наступним чином: водний розчин піноутворювача через розпилювач викидається на пакет сіток, створюючи в корпусі розрідження, повітря через задню відкриту частину корпуса (конфузор) спрямовується в зону зниженого тиску, на сітках водний розчин піноутворювача інтенсивно перемішується з повітрям утворюються бульбашки приблизно однакового розміру. Отриманий струмінь піни спрямовують в осередок пожежі. Оскільки в нас піногенератор комбінованої дії, де поєднано піногенератори низької кратності з піногенератором середньої кратності то відповідно струмені низької кратності транспортують струмінь середньої кратності на значно більшу відстань, при цьому утворюється менше значення кратності піни сумісної дії. Отже, нами проведено експериментальні дослідження з визначення дальності та висоти польоту повітряно-пінного струменя при певних кутах польоту в тиху спокійну, при температурі 20 °С погоду та порівняно з розрахованими теоретично. Заміри дальності та висоти польоту здійснювались по три рази при кожному дослідженні та на їх підставі визначались середні значення. Графічна залежність наведена на рис. 3. З даної графічної залежності ми бачимо, що дальність та висота польоту повітряно-механічної піни розрахункова більша на 10% за

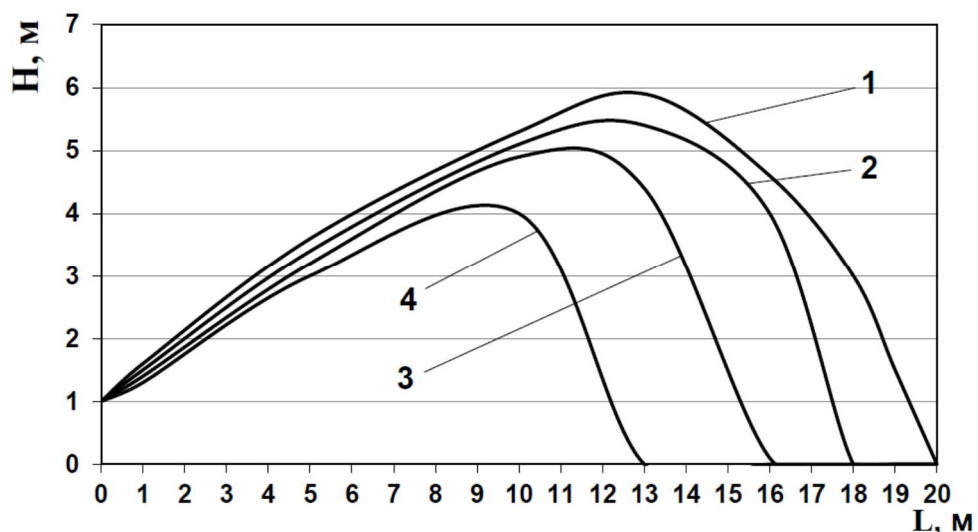


Рисунок 3 – Траєкторії переміщення струменів піни середньої кратності розробленого піногенератора під кутом 45°: 1 – розраховані на основі математичного моделювання [7, 8]; 2 – визначені під час експериментальних досліджень при тиску 0,8 МПа; 3 – при тиску 0,6 МПа; 4 – при тиску 0,4 МПа

визначену експериментально. Це свідчить про те, що експериментальні дані не сильно відрізняються від розрахункових. Реалізація такої схеми дозволяє суттєво підвищити дальність польоту повітряно-механічної піни у порівнянні із стандартним піногенератором ГПС – 600, який має дальність польоту піни середньої кратності 6-8 м в залежності від умов її генерування. Це дозволяє покращити умови роботи пожежних рятувальників та підвищити їхню безпеку збільшивши відстань подачі піни до 18,1 м. Крім того, досліджено дальність польоту повітряно-механічної піни при тисках 0,4 та 0,6 МПа, яка становить відповідно 12,8 та 16,3 м. Із рис. 3 видно, що при зниженні тиску дальність польоту суттєво зменшується. Безперечно на відстань подачі піни буди впливати і вітряна погода. В залежності від швидкості вітру та напрямку протидії ця відстань буде зменшуватися. Для уникнення цього явища можна подавати піну з вітряної сторони.

Значний інтерес представляє дослідити яку кратність піни окремо видають стволи низької кратності та центральний ствол піни середньої кратності, а відповідно і встановити кратність змішаної піни. Оскільки відомо, чим вища кратність піни тим кращі її вогнегасні властивості. Звичайно кратність піни буде залежати від багатьох чинників, зокрема і від якості самого піноутворювача так і від якості виготовлення та утримання в належному стані піногенератора, від товщини дроту сітки піногенератора, від розміру вічка сітки та іншого. На рис. 4 наведено залежності кратності піни від тисків їх подачі. Як бачимо з нього піна

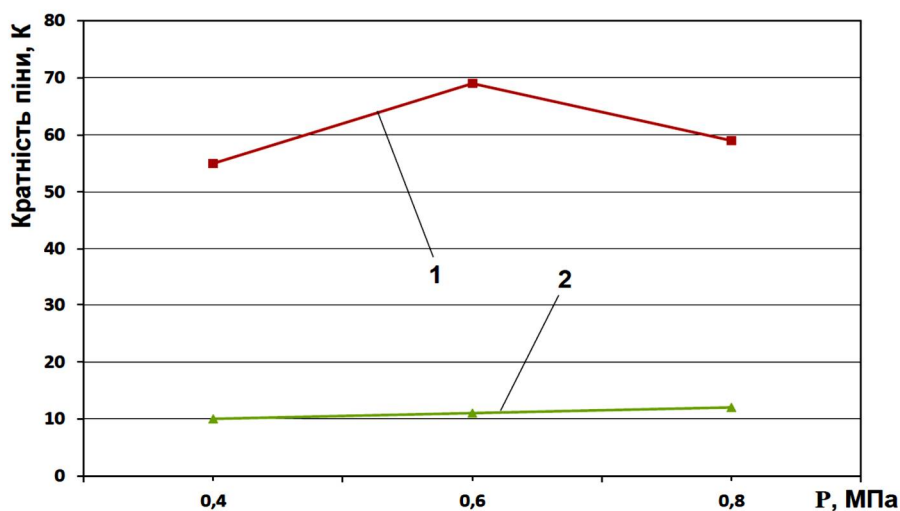


Рисунок 4 – Залежність кратності піни від тиску:

1 – генератора ГПС-600; 2 – піногенератора низької кратності

середньої кратності при 0,4 МПа має кратність 55 і зростає при 0,6 МПа до 69. Після цього починає знижуватися, що робить подальше підвищення тиску недоцільним. Що стосується піногенератора низької кратності то кратність піни суттєво не змінюється. Але тиск подачі струменя піни низької кратності буде мати великий вплив на дальність його польоту. Тому для цього потрібно обирати тиск в межах 0,8-0,9 МПа. Дослідний зразок піногенератора показаний на рис. 5.



Рисунок 5 – Дослідний зразок піногенератора комбінованої піни

Комбінований струмінь повітряно-механічної піни, який в процесі польоту перемішується та обмінюється кінетичними енергіями покриває осередок пожежі спочатку піною низької кратності, а потім середньої кратності, де спочатку відбувається охолодження а потім покривання. Внаслідок цього зменшується руйнування піни середньої кратності під дією високої температури та конвективних потоків, яка краще ізолює горючі поверхні від потрапляння кисню. Експериментальні дослідження проведено з гасіння модельного вогнища 44 В. На їх основі встановлено ефект синергізму щодо ефективності припинення

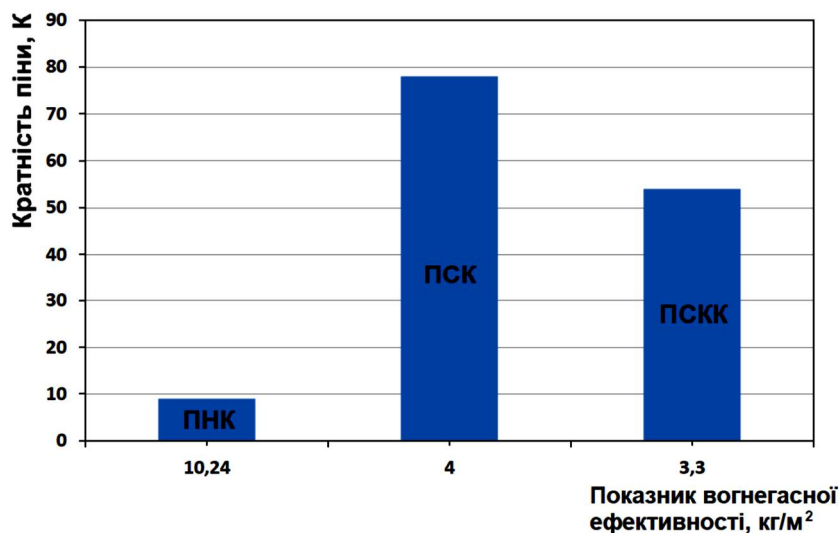


Рисунок 6 – Залежність вогнегасної ефективності від кратності піни, що отримана з розчину піноутворювача загального призначення: ПНК – піна низької кратності; ПСК – піна середньої кратності; ПСКК – піна середньої кратності комбінована

горіння (рис. 6) легкозаймистих та горючих рідин у разі взаємодії поверхні їх горіння із комбінованою піною. Він проявляється у тому, що показник вогнегасної здатності комбінованої піни є нижчим (3,30 кг/м²) за значення окремих її компонентів (10,24 кг/м² та 4,00 кг/м² відповідно для піни низької та середньої кратності). Кратність генерованої піни досягає 54.

Висновки.

1. За результатами експериментальних досліджень встановлено, що внаслідок сумісного польоту струменів, їх взаємодії та обміну кінетичними енергіями створюються передумови для забезпечення подавання комбінованої піни з усередненим значенням кратності понад 54 на поверхню горіння легкозаймистих та горючих рідин на відстань понад 18 м порівняно з 6-8 м у разі застосування лише генератора піни середньої кратності з одним струменем.

2. Встановлено кратності піни для генераторів низької та середньої кратності піни. Показано, що тиск 0,6 МПа є оптимальним для генераторів середньої кратності піни, а для генераторів низької кратності він в діапазоні 0,4-0,8 МПа практично незмінний. Однак для дальності польоту струменів він повинен бути в межах 0,8-0,9 МПа.

3. Як видно із проведених досліджень вдосконалення будь-якого робочого елемента комбінованого генератора дозволить ще додатково покращити його ефективність.

Список літератури:

1. Ковалишин В.В., Васильєва О.Е., Козяк Н.М. Пінне гасіння // Навч. посібник. – Львів: ЛДУ БЖД, 2007. – 168 с.
2. ДСТУ 3789-89. Піноутворювачі загального призначення для гасіння пожеж. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.
3. ДСТУ 2802-94. Стволи пожежні лафетні комбіновані.

4. Луц В.І. Підвищення ефективності гасіння пожеж легкозаймистих та горючих речовин комбінованими пінними струменями: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Л., 2007. – 20 с.
5. Ковалишин В.В. Дослідження залежності кратності повітряно-механічної піни від геометричних параметрів піногенератора / В.В. Ковалишин, Е.М. Улинець, О.В. Грушовінчук, В.В. Кавецький // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2011. – № 2 (24). – С. 74-79.
6. Грушовінчук А.В. Обоснование параметров генераторов пены эжекционного типа повышенной огнетушащей эффективности / А. В. Грушовинчук, В. В. Ковальшин, Я. Б. Кырылив // *Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza. BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 125-132.*
7. Ковалишин В.В. Обґрунтування параметрів генераторів піни ежекційного типу підвищеної вогнегасної ефективності / В.В. Ковалишин, Я.Б. Кирилів, О.В. Грушовінчук // Праці II-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми моделювання ризиків і загроз виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури» – Київ: Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, 2016. – С. 231-240.
8. Ковалишин В. В. Дослідження з визначення вогнегасної ефективності піни різної кратності генерованої з 6% розчину піноутворювача «Альпен» / В. В. Ковалишин, О. В. Грушовінчук // Пожежна безпека : теорія і практика : зб. наук. праць. – Черкаси : АПБУ, 2015. – № 25. – С. 45-52.

References:

1. Kovalyshyn V.V., Vasyl'yeva O.E., Kozyar N.M., Pinne gasinnya, *Navch. Posibnyk*, L'viv: LDU BGD 2007, 168.
2. DSTU 3789-89: *Pinoutvoryuvachi zagal'nogo pryznachennya dlya gasinnya pozhezh. Zagal'ni tekhnichni vymogy i metody vyprobuvan'.*
3. DSTU 2802-94: *Stvoly pozhezhni lafetni kombinovani.*
4. Lushch V.I., *Pidvyshchennya efektyvnosti gasinnya pozhezh legkozaymystykh ta goryuchykh rehovyn kombinovanymy pinnymy strumenyamy: Avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk. – L., 2007, 20.*
5. Kovalyshyn V.V., Ulynets' E.M., Grushovinchuk O.V., Kavets'kyi V.V., *Doslidzhennya zalezhnosti kratnosti povitryano-mekhanichnoi piny vid geometrychnykh parametriv pinogenerato- ra*, „Naukovyi visnyk UkrNDIPB” Vol. 24 Issue 2, 2011, pp. 74–79.
6. Grushovinchuk A.V., Kovalyshyn V.V. & Kyryliv Ya.B. Identification of parameters for a foam generator with improved extinguishing effectiveness. *Bezpieczenstwo i Technika Pozar- nicza (Safety & Fire Technique). BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 125-132.*
7. Kovalyshyn V.V., Kyryliv Ya.B. & Grushovinchuk A.V. Justification of the parameters of foam generators of ejection type with increased fire-extinguishing efficiency. *Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference "Actual Problems of Modeling Risks and Threats of Emergencies at Critical Infrastructure Facilities"* – Kyiv: Ukrainskyi naukovy-doslidnyi instytut tsyvilnoho zakhystu, 2016. – Pp. 231-240.
8. Kovalyshyn V.V. & Grushovinchuk A.V. Studies to determine the fire-extinguishing effectiveness of foam of different multiplicity produced from a 6% solution of the foamer “Alpen”. *Pozhezh- na bezpeka : teoriia i praktyka : zb. nauk. prats. – Cherkasy : APBU, 2015. – № 25. – Pp. 45-52.*

