

*С.А. Виноградов, к.т.н., доцент, заст. нач. каф., НУЦЗУ,
С.М. Шахов, ад'юнкт, НУЦЗУ,
В.В. Присяжнюк, начальник відділу, УкрНДІЦЗ*

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ГАЗОНАПОВНЕНОЮ ПІНОЮ

(представлено д.т.н. Ларіним О.М.)

Проведено аналіз світових зразків систем пожежогасіння компресійною піною. На підставі проведеного аналізу виявлено, що в Україні не ведуться роботи щодо розробки такої системи для підрозділів ОРС ЦЗ. Запропонована конструкція переносної системи пожежогасіння газонаповненою піною, що може бути розроблена та впроваджена у практичні підрозділи ДСНС. Проведено оцінний розрахунок кількості повітря, необхідного для піноутворення. Розроблено технічні вимоги до переносного модуля пожежогасіння газонаповненою піною для підрозділів ОРС ЦЗ ДСНС.

Ключові слова: газонаповнена піна, система пожежогасіння, аналіз, технічні вимоги.

Постановка проблеми. Використання води під час гасіння пожеж в житловому секторі тягне за собою значні побічні матеріальні збитки віж пошкодження майна водою. Найбільш перспективним шляхом їх зменшення є використання систем пожежогасіння газонаповненою (компресійною) піною (далі – СПГП).

Основною проблемою на шляху впровадження їх в підрозділи ОРС ЦЗ ДСНС є відсутність науково обґрунтованих відчизняних розробок таких систем. Найпершим актуальним завданням є проведення аналізу світових зразків СПГП та на його основі розробка системи пожежогасіння.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вперше сучасна система пожежогасіння газонаповненою піною була застосована в 1988 році під час лісових пожеж в Йелоустонського національному парку в штаті Вайомінг, США (Yellowstone National Park, Wyoming) для захисту готелю Old Faithful Lodges [1]. Feng Dong-yun в роботі [2] було розглянуто та визначено основні способи змішування і генерації газонаповненої піни в змішувальних камерах. У роботі [3] проведені дослідження щодо ефективності гасіння пожеж класу Б (бензин, дизель, етанол) за допомогою установки газонаповненої піни в порівнянні з традиційною установкою ПМП. Robert G. Taylor розглядав питання використання газонаповненої піни у приміщеннях з обмеженим доступом повітря [4]. У роботі [5] Dong-Ho Rie, Jang-Won Lee, Seonwoong Kim був проведений експеримент, спрямований на оцінку ефективності системи КАФС для гасіння пожеж класу Б при подачі різних порцій повітря в розчин води і піноутворювача.

На сьогоднішній день авторам невідомі роботи, в яких проведено найбільш повний аналіз систем подачі газонаповненої піни. Роботи, спрямовані

на розробку СПГП для підрозділів ОРС ЦЗ ДСНС наразі не ведуться.

Постановка завдання та його вирішення. Метою роботи є проведення аналізу СПГП провідних країн світу, вивчення основних принципів роботи та характеристик цих установок та на підставі аналізу розробка СПГП для підрозділів ОРС ЦЗ ДСНС.

Основним вогнегасним засобом на сьогодні є вода. Але коефіцієнт використання води під час гасіння пожежі дуже низький, крім цього використання води може тягти за собою значні побічні матеріальні збитки, особливо під час гасіння квартирних пожеж [6]. Незважаючи на значну кількість наукових досліджень, що спрямовані на оптимізацію гасіння пожеж водою, досі не вирішена проблема зменшення побічних збитків від гасіння пожежі на об'єктах житлового сектору.

Використання пін при пожежогасінні скорочує час для гасіння пожежі, зменшує кількість води, необхідну для ліквідації вогню і є більш універсальним засобом. В даний час в США, Європі та інших провідних країнах поширені системи пожежогасіння газонаповненою (компресійною) піною. Особливість даних установок, на відміну від повітряно-механічних систем, полягає в можливості генерації піни за рахунок одночасної подачі в спеціальну камеру змішування повітря під тиском і водного розчину піноутворювача, а не генерації розчину за допомогою ежекторованого повітря. До основних переваг газонаповненої піни можна віднести менший час гасіння пожежі, менші витрати вогнегасних речовин (води та піноутворювача), менші енергетичні затрати на доставку піни до місця пожежі, можливість подачі піни на великі відстані та гасіння електрообладнання. Пожежні рукави, заповнені компресійною піною, значно легші, а, отже, підвищується маневреність ствольщика [2-5, 7-11]. Крім цього, при використанні газонаповненої піни для гасіння пожеж житлового сектору стають мінімальними побічні збитки від пожежі.

Основними складовими елементами системи пожежогасіння газонаповненою піною є пожежний насос, компресор (або балони зі стисненим повітрям) і система регулювання подачі піноутворювача (рис. 1) [4, 7, 8]. З насосу виходить вода під тиском, до якої у необхідній пропорції додається піноутворювач. Можливо утворення водного розчину піноутворювача безпосередньо в насосі або перед ним. Далі до утвореної суміші додається повітря під тиском, за допомогою якого утворюється піна низької кратності, що надалі рухається рукавами.

Серед провідних світових виробників засобів протипожежного призначення системи газонаповненої піни набули значного поширення.

Можна виділити три основних напрямки застосування СПГП:

- стаціонарні автоматичні системи пожежогасіння;
- мобільні установки пожежогасіння;
- вбудовані системи в пожежні автомобілі.

Однією з найбільш відомих виробників систем газонаповненої піни є німецька фірма «One seven» [12], яка володіє патентом на цю технологію та виготовляє стаціонарні та мобільні установки пожежогасіння.

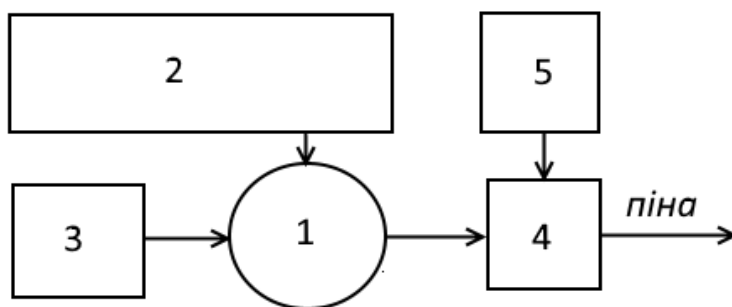


Рис. 1. Схема отримання газонаповненої піни: 1 – насос; 2 – цистерна для води; 3 – ємність з піноутворювачем; 4 – пінозмішувач; 5 – компресор (балони зі стисненим повітрям)

Системи «One seven» генерують газонаповнену піну з вмістом піноутворювача в розчині у діапазоні від 0,3 до 1 %. При цьому співвідношення об'єму розчину піноутворювача до об'єму повітря у готовій піні складає 1:7, що й набуло відображення у назві технології. На рис. 2 наведено зображення стаціонарної установки пожежогасіння «One seven» [13].



Рис. 2. Стаціонарна установка пожежогасіння One seven

На рис. 3 наведено принцип роботи цієї системи. Водяний насос подає водний розчин піноутворювача до піногенератора, до якого в свою чергу компресор нагнітає повітря. Живлення елементів системи здійснює електричний блок, а блок керування відповідає за співвідношення води, піноутворювача та повітря. Від піногенератора вже готова піна рухається до споживачів.

Окрім наведеного, компанія «One seven» виготовляє наступні установки пожежогасіння [12]:

- Stored-Energy-Systeme – замкнена система з запасом води, піноутворювача та повітря дозволяє працювати до 10 хвилин при гасінні пожежі;

- Maxi-Xtinguisher – мала стаціонарна система із заздалегідь підготовленим водним розчином піноутворювача, що знаходиться під тиском, має дуже малий час приведення в дію;

- Wandhydranten WXS – стаціонарна настінна система пожежога-сіння, що може бути використана як альтернатива звичайним пожежним кранам, має рукав довжиною до 60 м та дальність подачі струменя піни до 15 м протягом 20 хвилин.

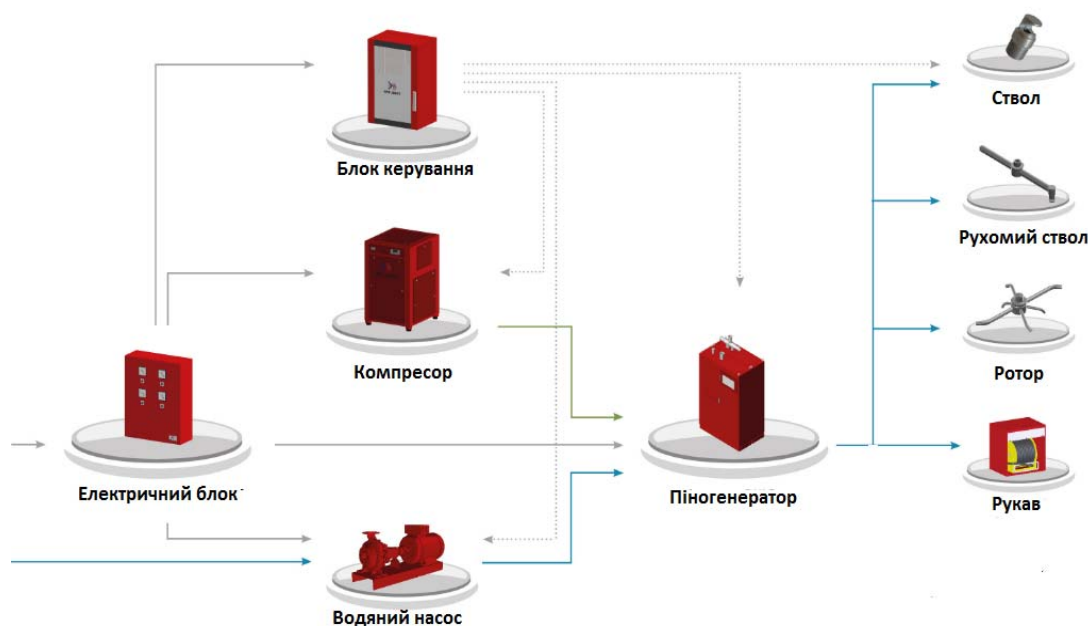


Рис. 3. Принцип роботи установки «One seven»

Австрійська компанія Rosenbauer має запатентовану технологію газонаповненої піни CAFS [14]. Їх продукція:

- CAFS MOBILE – мобільна установка генерування газонаповненої піни, дозволяє отримувати компресійну піну з кратністю від 4 до 20 шляхом включення її в рукавну лінію, що йде від відцентрового насосу. Дозволяє отримувати від 400 до 1600 л/хв готової газонаповненої піни шляхом введення в потік водного розчину піноутворювача повітря у визначеній кількості, що надходить з підготовлених повітряних балонів;

- CONTI & FLASH CAFS 400-2400 – установка для пожежних автомобілів, дозволяє отримувати компресійну піну з кратністю від 4 до 15 та витратою готової піни від 1600 до 9600 л/хв в залежності від продуктивності насосу та кратності піни;

- SKY CAFS – установка для гасіння висотних будівель шляхом подачі компресійної піни на висоту до 400 м, що досягається за рахунок малої питомої ваги піни;

- FLASH CAFS AR 30-400 – високопродуктивна потужна установка отримання компресійної піни для аеродромних автомобілів дозволяє отримати до 64000 л/хв піни кратністю 8. Повітря у камеру змішування надходить з повітряних балонів.

Американська компанія Waterous має запатентовану технологію пінозмішування ONE STEP CAFSystem (рис. 4) [15]. Вона використовує незалежну, запатентовану систему регулювання тиску, яка тримає постійний тиск змішування в камері змішувача генератора піни.

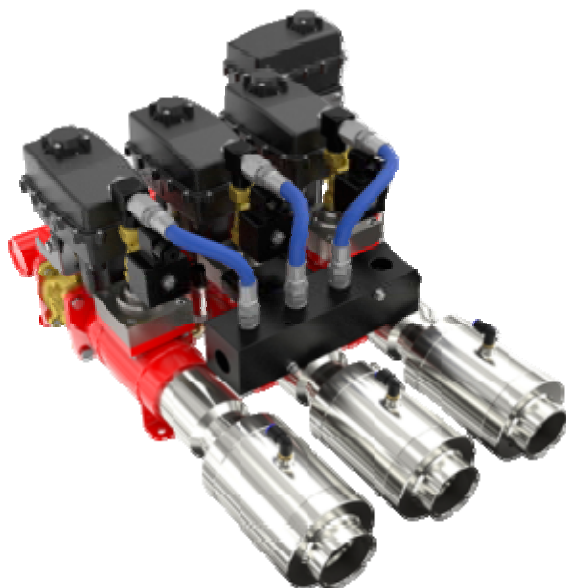


Рис. 4. Модуль пінозмішування Waterous ONE STEP CAFSystem

Принцип роботи подібний до решти виробників. Компанія випускає ряд продукції, що реалізує технологію компресійної піни:

- автомобільний насос з вбудованою системою газонаповненої піни CAFSystem ONE STEP 150- OS дозволяє отримувати суху або мокру піну з вмістом піноутворювача в розчині з водою у кількості 0,1-1, 3 та 6% в залежності від потреб. Повітря нагнітається від вбудованого компресора продуктивністю до 4,25 м³/хв при тиску 8,6 бар;

- Eclipse CAFSystem – безмоторна система пожежогасіння в комплексі за насосом та компресором, що дозволяє отримати до 9000 л/хв газонаповненої піни в залежності від моделі при тиску 15 бар;

- модулі пожежогасіння 70-35-GP, 100-50-DS, 200-100-DS, 100-50-OS, 200-100-OS , що включають в себе насос з приводним двигуном, компресор та систему пінодозування. Вони працюють в широкому діапазоні значень подачі піни (до 800 л/хв) та з максимальним напором 35, 50 та 100 м.вод.ст. в залежності від моделі.

Американська компанія Hale Products Inc. встановлює на свої пожежні автомобілі системи газонаповненої піни CAFS90/CAFS200 з системою пінодозування Hale Foam Master [16]. Система працює з пожежними насосами, що дозволяють отримати напір водяного струменя до 10 бар, при цьому можна отримати мокру або суху компресійну піну.

У Російській Федерації з 2012 року компанією «СпецАвтоТехника» розроблено та впроваджено у виробництво систему гасіння пожеж компресійною піною «NATISK» [17, 18]. Основними перевагами запропонованої системи виробники називають скорочення часу гасіння в 5-7 разів, та зниження витрати води у 5-15 разів за рахунок скорочення часу роботи ствола. Кратність готової піни – 5-15. Повітря нагнітається від балонів під тиском. З систем NATISK слід виділити мобільні установки пожежогасіння «NATISK-50M BL», «NATISK-100M BL» та «NATISK-300M BL» [18].

Санкт-Петербурзькою фірмою «Сталт» розроблена та впроваджена технологія компресійної піни STALT-fireflex, що реалізована в установках автоматичного пожежогасіння (рис. 5) [19]. У цих системах використовується 2%-вий розчин піноутворювача, кратність готової піни – 10.



Рис. 5. Установка автоматичного пожежогасіння STALT-fireflex

Спираючись на проведений аналіз, урахувуючи особливості парку протипожежної техніки ОРС ЦЗ України та завдання розробки системи пожежогасіння газонаповненою піною перш за все для житлових будівель, нами пропонується переносний модуль пожежогасіння газонаповненою піною, що використовується разом з автоцистернами, якими оснащені підрозділи ОРС ЦЗ. Пропонується використання модуля за схемою, наведеною на рис. 6.

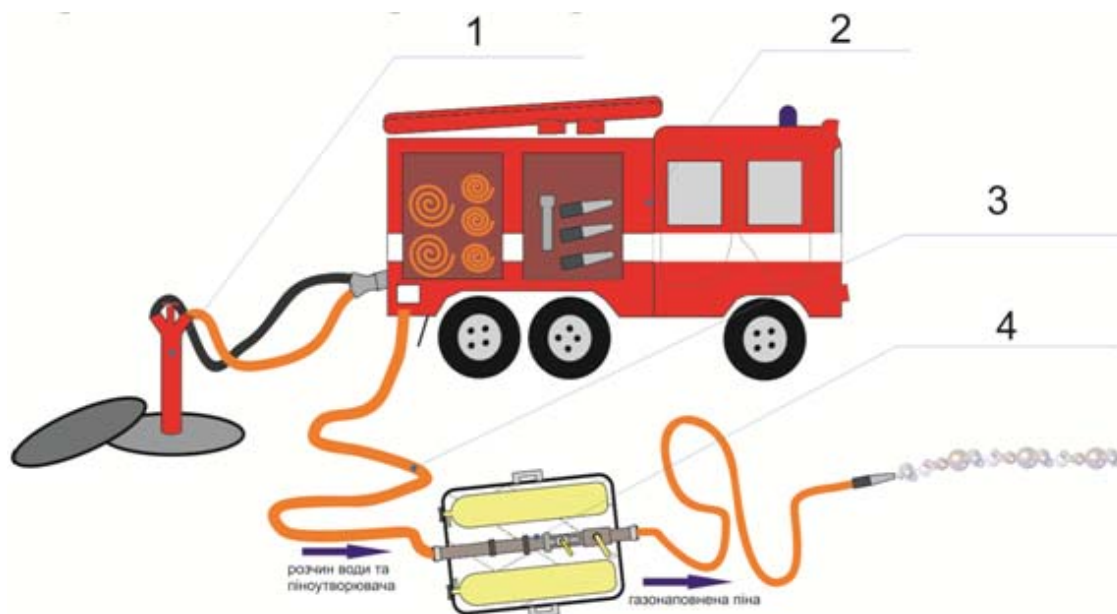


Рис. 6. Принципова схема використання переносного модуля пожежогасіння газонаповненою піною: 1 – вододжерело; 2 – ПА; 3 – рукав подачі розчину піноутворювача; 4 – модуль газонаповненої піни

Автоцистерна 2 встановлюється на вододжерело та в насосі за допо-

могою стаціонарного пінозмішувача утворюється водний розчин піноутворювача (6 %). Надалі розчин рухається рукавом 3 діаметром 51 мм до переносного модуля компресійної піни 4, де до нього додається порція стиснутого повітря у встановленому співвідношенні і на виході з модуля рукавами рухається безпосередньо газонаповнена піна низької кратності.

Схема переносного модуля наведено на рис. 7. Працює він наступним чином. Модуль приєднується до рукавної лінії за допомогою з'єднувальних головок 1. Якщо в якийсь час подача газонаповненої піни не потрібна, відкривається кран 4 і модуль виконує транзитну функцію доставки води до місця пожежі. Якщо необхідно подати компресійну піну, то відкриваються вентилі балонів зі стиснутим повітрям 6 та кран для подачі повітря 2. Повітря проходить через редуктор 3 та у визначеній кількості потрапляє у камеру змішування 5, у якій відбувається піноутворення та надалі рукавами рухається газонаповнена піна.

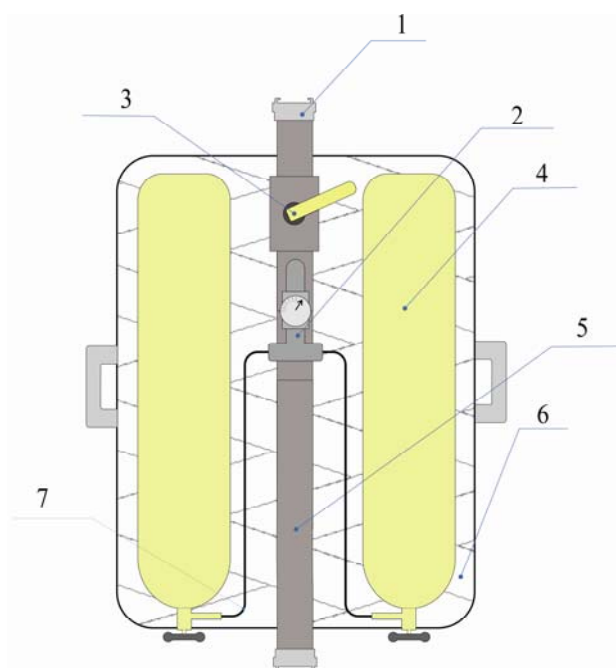


Рис. 7. Переносний модуль пожежогасіння газонаповненою піною: 1 – з'єднувальні головки; 2 – редуктор з манометром; 3 – кран для подачі розчину води та піноутворювача; 4 – балони зі стиснутим повітрям; 5 – основний трубопровід; 6 – каркас модуля; 7 – з'єднувальні трубопроводи для стиснутого повітря

Для визначення кількості повітря, яке необхідно для утворення газонаповненої піни проведемо оціночні розрахунки.

Для забезпечення утворення компресійної піни до розчину піноутворювача додається повітря. Його кількість обумовлюється кратністю піни, яку необхідно отримати, що визначається за формулою [9]

$$K = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{пу}}}, \quad (1)$$

де $V_{\text{п}}$ – об'єм піни, що утворився, м^3 ; $V_{\text{пу}}$ – об'єм водного розчину піноутворювача, з якого вона отримана, м^3 .

Таким чином, кількість піни, що утворилася, можна визначити за формулою

$$V_{\text{п}} = K V_{\text{пу}} \quad (2)$$

Відомо, що

$$V_{\text{п}} = V_{\text{пу}} + V_{\text{пов}}, \quad (3)$$

де $V_{\text{пов}}$ – об'єм повітря, що бере участь у піноутворенні, м³.

Таким чином, з урахуванням (2) та (3) можна записати

$$V_{\text{пу}} + V_{\text{пов}} = K V_{\text{пу}} \quad (4)$$

Запишемо

$$V_{\text{пов}} = K V_{\text{пу}} - V_{\text{пу}} \quad (5)$$

Спростуючи вираз (5), отримуємо

$$V_{\text{пов}} = V_{\text{пу}} (K - 1) \quad (6)$$

Або

$$Q_{\text{пов}} = Q_{\text{пу}} (K - 1) \quad (7)$$

Отже, для того щоб отримати газонаповнену піну з кратністю 5 за умови використання одного ствола Б (витрата $Q=3,7$ л/с), витрата повітря повинна відповідати графіку на рис. 8.

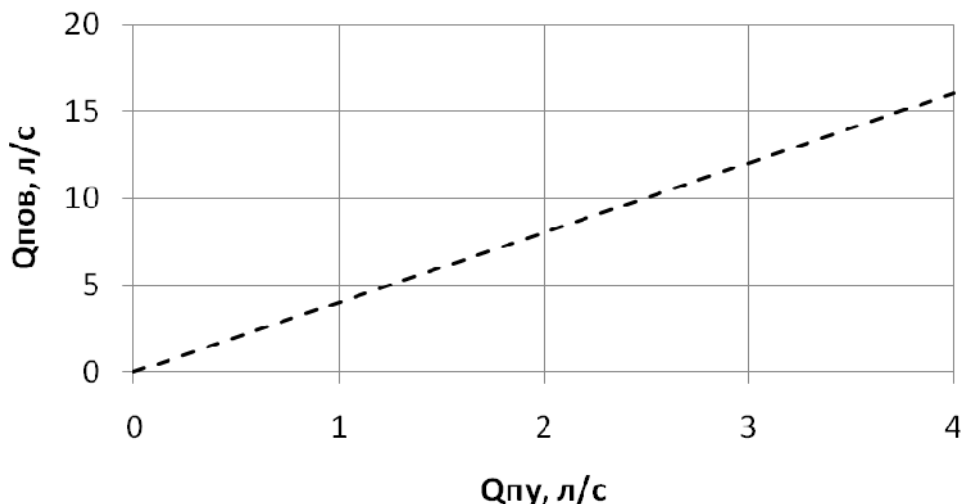


Рис. 8. Залежність витрати повітря від витрат розчину піноутворювача

Наведені результати розрахунків є оціночними і потребують уточнення та експериментального підтвердження за наявності дослідного зразка переносного модуля пожежогасіння газонаповненою піною.

У табл. 1 наведено технічні вимоги до створення переносного модуля пожежогасіння газонаповненою піною для підрозділів ОРС ЦЗ ДСНС.

Висновки. Проведений аналіз світових зразків систем пожежогасіння газонаповненою піною дозволив зробити наступні висновки:

- 1) системи газонаповненої піни широко поширені в Європі та світі;
- 2) на сьогодні немає науково обґрунтованих даних про оптимальні співвідношення компонентів у складі газонаповненої піни для гасіння

пожеж різних класів (або ця інформація є комерційною таємницею фірм-виробників);

3) найбільш поширені системи – автомобільні модулі для гасіння житлових пожеж;

4) в Україні жодних розробок щодо використання газонаповненої піни для гасіння пожеж немає.

Табл. 1. Технічні вимоги до створення переносного модуля пожежогасіння

Параметр	Значення
Продуктивність по піні, л/хв, не менше	1080 (за кратності K=5)
Кратність піни	5
Кількість повітря для утворення газонаповненої піни	2 балони зі стисненим повітрям, об'єм 6 літрів, тиск 300 бар.
Робочий тиск, бар	до 10
Кількість піноутворювача у розчині з водою, %	6
Габарити в межах, мм	750 x 450 x 450
Вага, кг	до 50

З урахуванням проведеного аналізу найбільш доцільним для підрозділів ОРС ЦЗ ДСНС України є розробка переносного модуля пожежогасіння компресійною піною, схема якого наведена на рис. 7, а технічні вимоги – в табл. 1. За попередніми розрахунками, вартість такого модуля не буде перевищувати 30 000 грн.

ЛІТЕРАТУРА

1. Justin A. LaPolla. Compressed Air Foam Fire Grounds Evolution Tests / Justin A. LaPolla., Alexander L. Morano // California Polytechnic State University – 2012. – P. 1-61.

2. FENG Dong-yun. Analysis on Influencing Factors of the Gas-liquid Mixing Effect of Compressed Air Foam Systems / Procedia Engineering. – 52. – 2013. – P. 105-111.

3. SU Lin. Investigation on compressed air foams fire extinguishing model for oil pan fire / WANG Lijing, WANG Zhihui, ZHANG Jie, TIAN Yongxiang, YAN Yougao. // Procedia Engineering. – 45. – 2012. – P. 663 – 668.

4. Robert G. Taylor Technical Report 98: Compressed Air Foam Systems in Limited Staffing Conditions, / Robert G. Taylor – Morristown Fire Bureau – Morristown, New Jersey – 1998. – P. 75-112.

5. Class B Fire-Extinguishing Performance Evaluation of a Compressed Air Foam System at Different Air-to-Aqueous Foam Solution Mixing Ratios / Jang-Won Lee, Seonwoong Kim // [Електронний Ресурс] / Dong-Ho Rie. – Режим доступу: www.mdpi.com/journal/applsci.

6. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Справочник / Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. – М.: Пожнаука, 2004. – Ч. 2. – 747с.

7. Compressed Air Foam Systems[Електронний Ресурс] / Neal Brooks. – Режим доступу: <http://compressedairfoamsystem.com>.

8. Пожежні машини: навч. посіб. / [Ларін О.М., Баркалов В.Г., Виноградов С.А. та ін.] – Х.: НУЦЗУ, К.: МПБП «Гордон», 2016. – 279 с.
9. Colletti D.J. Compressed-air foam mechanics / D.J. Colletti // Fire Engineering. – №147. – 1994. – P. 61-65.
10. CAFS – Straight answers for the beginner or the experienced user [Electronic resource] – cafsinfo.com, 2008. – Mode of access: <http://www.cafsinfo.com/index.html>.
11. Белова А. Народ, который изобрел порох, знает, как бороться с огнем / Белова А. // Пожарное дело. – №5. – 2009. – С. 18-19.
12. Oneseven [Электронный Ресурс] // Oneseven – Режим доступа: <http://www.oneseven.com>.
13. Systeme [Электронный Ресурс] // Oneseven – Режим доступа: <http://www.oneseven.com/de/stationaer-brandschutz/systeme.php>.
14. Leistungsstark. Einfach. Sicher [Электронный Ресурс] // Rosenbauer Режим доступа: <http://www.rosenbauer.com/de/at/world/produkte/loeschsysteme/cafs-systeme.html>.
15. CAFS-Systems [Электронный Ресурс] // Waterous Co. – Режим доступа: <http://www.waterousco.com/cafs-systems.html>.
16. Integrated CAFS system from the leader [Электронный Ресурс] // Direct industry -Режим доступа: <http://pdf.directindustry.com/pdf/godiva-ltd/cafs-90-200/55810-143279.html>.
17. Использование системы пожаротушения NATISK при ликвидации торфяных пожаров / Залесов С.В., Годовалов Г.А., Кректунов А.А. и др. // Леса России и хозяйство в них. – 2016. – №1 (56). – С. 4-10.
18. Мобильные установки NATISK [Электронный Ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.specialauto.ru/catalog/914.html>.
19. Оборудование пенного пожаротушения [Электронный Ресурс] // Сталт. – Режим доступа: <http://www.stalt.ru/en/products/sistema-pennogo-rojarotusheniya.html>.

Отримано редколлегією 11.10.2017

С.А. Виноградов, С.Н. Шахов, В.В. Присяжнюк

Разработка системы пожаротушения газонаполненной пеной

Проведен анализ мировых образцов систем пожаротушения компрессионной пеной. Предложена конструкция переносной системы пожаротушения газонаполненных пеной. Проведен оценочный расчет количества воздуха, необходимого для пенообразования. Разработаны технические требования к переносному модулю пожаротушения газонаполненных пеной.

Ключевые слова: газонаполненная пена, система пожаротушения, анализ, технические требования.

S. Vinogradov, S. Shakhov, V. Prysyzhniuk

Development of a Compressed Air Foam System

The analysis of the world samples of compressed air foam systems was carried out. The design of a portable compressed air foam system is proposed. An estimated calculation of the amount of air necessary for foaming has been carried out. The technical requirements for a portable compressed air foam system are developed.

Keywords: compressed air foam, fire extinguishing system, analysis, technical requirements.