

УДК 614.843.8

ВПЛИВ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ НА ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗРАЗКІВ СТВОЛІВ-ГЕНЕРАТОРІВ ПІНИ ВИСОКОЇ КРАТНОСТІ

О.М. Тимошенко, В.Ф. Чуян*, А.О. Грачов

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 16.10.2019

Пройшла рецензування: 06.11.2019

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

ствол-генератор піни високої кратності, кратність піни, концентрація робочого розчину піноутворювача, піноутворювач, розпилювач робочого розчину піноутворювача

АНОТАЦІЯ

Проаналізовано сучасний стан застосування піни високої кратності як засобу пожежогасіння об'ємним способом та обґрунтовано необхідність розроблення в Україні пожежних стволів-генераторів піни високої кратності. Проведено патентний пошук пристроїв для генерування піни високої кратності з робочих розчинів піноутворювачів, де вказано на особливості складників під час утворення піни високої кратності. Наведено результати досліджень робочих параметрів розроблених експериментальних зразків генераторів піни високої кратності вентиляторного та ежекційного типів. Установлено залежність величини кратності піни, продуктивності за піною та кількості витраченого робочого розчину від співвідношень геометричних розмірів складників генераторів і витрати (тиску) робочого розчину піноутворювача та витрати повітряного потоку. Розроблено два функціональні макети генераторів піни високої кратності ежекційного та вентиляторного типу.

Відомо, що на сьогодні в Україні найбільш розповсюдженою вогнегасною речовиною є вода, що подається у вигляді компактних чи розпилених струменів. Разом з тим, низка властивостей води ускладнює або унеможлиблює її застосування для гасіння певних горючих рідин і твердих горючих матеріалів. Тому для цілей пожежогасіння застосовують й інші вогнегасні речовини, зокрема піноутворювачі, з водних розчинів яких за допомогою спеціального обладнання генерують піну.

У пожежно-рятувальних підрозділах ДСНС України найчастіше використовують засоби генерування піни низької кратності (кратність піни не більш ніж 20) та середньої кратності (кратність піни від 21 до 200). Таку піну отримують із застосуванням відповідних стволів-генераторів, принцип роботи яких базується на ежекції повітря струменем розчину, що подається через ствол. На жаль, на оснащенні у пожежно-рятувальних підрозділах ДСНС України практично відсутні засоби чи обладнання для генерування піни високої кратності (кратність піни понад 200). Лише в поодиноких випадках наявні димососи ДПЕ-7 з піногенерувальним пристроєм ПГУ-120, які не застосовуються під час пожежогасіння, а зберігаються на складах як технічно та фізично застаріле устаткування. До того ж, за наявними даними, на сьогодні жоден об'єкт в Україні не

обладнано стаціонарною системою пожежогасіння піною високої кратності. З цієї причини застосування піни високої кратності як засобу пожежогасіння об'ємним способом фактично неможливе. Відповідно, гасіння пожеж у підвальних та інших подібних приміщеннях з високим ступенем герметичності, а також ангарів для повітряних суден та інших подібних об'єктів ускладнене.

Зважаючи на це, в УкрНДЦЗ поставлено науково-дослідну роботу «Провести дослідження щодо визначення технічних рішень для генерування піни високої кратності», у межах якої проведено аналітичні дослідження, опрацьовано нормативні документи та здійснено патентний пошук щодо отримання піни високої кратності та генераторів піни високої кратності (далі – ГПВК), у результаті яких встановлено, що у провідних країнах світу застосовують два типи ГПВК: переносні (вентиляторні, де повітря для генерування піни подається за допомогою вентилятора) та стаціонарні (ежекційні, де повітря для генерування піни всмоктується робочим розчином). До них належать вироби «NAFFCO» (Об'єднані Арабські Емірати), «JET-X» (США), «Renz GmbH» (Німеччина), «Sainath Fire» (Індія), «BKG 200», ГПВК (Е), ГВПЕ «Фаворит», ГВП-50 «Фенікс», ДВПЕ-200 «Бурун», «Атлант» (Росія) тощо. Патентні дослідження вказали на наявність

різноманітних технічних рішень щодо генерування піни високої кратності, переважна кількість знайдених документів стосується покращення роботи ГПВК та більш ефективного їх використання для гасіння пожеж, натомість вони містять обмаль інформації щодо побудови й технічних характеристик піногенераторів. Разом з цим, в Україні відповідне обладнання, зокрема ГПВК, серійно не виробляється.

Чинні в Європі норми щодо компонентів систем пінного пожежогасіння EN 13565-1 [1], які в Україні прийнято як ДСТУ EN 13565-1 [2], а також інші нормативні документи не містять положень, які відповідали б на питання про те, яким чином побудувати ГПВК. Тому метою вищезазначеної роботи було експериментальне визначення залежності технічних характеристик засобу для отримання піни високої кратності, зокрема, співвідношень геометричних розмірів складників, витрати (тиску) робочого розчину піноутворювача, витрати повітряного потоку на його основні

показники: кратність піни, продуктивність за піною та питома витрата робочого розчину піноутворювача на одиницю об'єму одержаної піни.

З використанням результатів аналізування літературних даних для проведення експериментальних досліджень з метою оцінювання робочих параметрів ГПВК вентиляторного типу було розроблено та виготовлено експериментальний зразок функціональної моделі ГПВК з тканинною сіткою піноутворення (далі – функціональна модель ГПВК 500ВТ, де 500 – діаметр лопатей вентилятора, мм, В – вентиляторний тип, Т – виконання сітки піноутворення з тканини).

Функціональна модель ГПВК 500ВТ складається з таких основних вузлів: осьовий повітряний електричний вентилятор, корпус ГПВК, гідравлічний трубопровід з розпилювальною форсункою, тканинна сітка піноутворення.

Загальний вид функціональної моделі ГПВК 500ВТ наведено на рисунку 1.

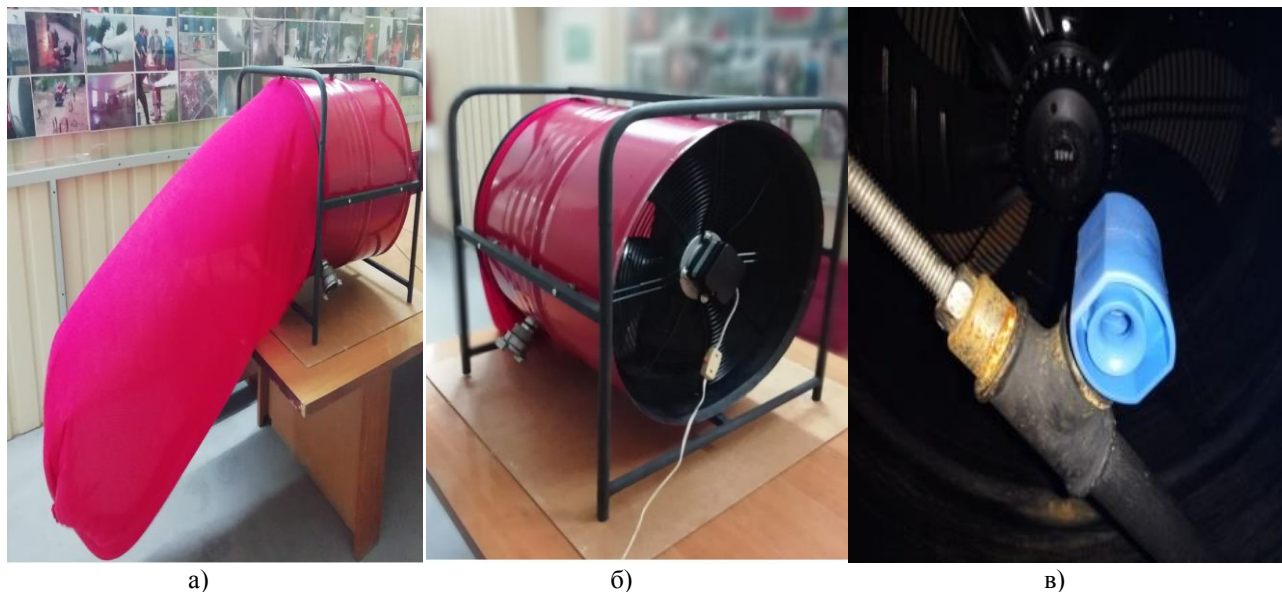


Рисунок 1 – Загальний вид функціональної моделі ГПВК 500ВТ:
а) вид спереду; б) вид ззаду; в) вид спереду (без сітки піноутворення) на розпилювальну форсунку

Технічні характеристики функціональної моделі ГПВК 500ВТ наведено нижче.

1. Технічні характеристики вентилятора, що застосовано:

– марка	YWF4E-500B;
– тип	осьовий, з зовнішнім ротором;
– продуктивність за повітрям, м ³ /год	6420;
– діаметр лопатей, мм	500;
– потужність електричного двигуна, Вт	420;
– напруга електроживлення, В	220;
– швидкість обертання, об/хв	1320;
– ступінь захисту оболонок електродвигуна	IP 54.

2. У конструкції функціональної моделі ГПВК 500ВТ застосовано тангенціальний розпилювач рідини фірми «Lechler» марки 423.128 з факелом розпилювання «повний конус», з кутот конуса

розпилювання 120°.

3. Як сітку піноутворення застосовано перфоровану синтетичну тканину. Загальний вид фрагмента тканини піногенеруючої сітки наведено на рисунку 2.

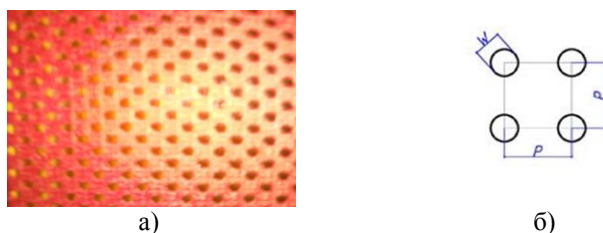


Рисунок 2 – Загальний вигляд фрагмента тканини сітки піноутворення:

а) вигляд перфорації; б) розміри перфорації ($p=3,3$ мм, $w=2,0$ мм), де p – міжосьова відстань між отворами перфорації, w – діаметр отвору

Суть методики експериментальних досліджень полягала у визначенні кратності піни та продуктивності ГПВК 500ВТ за піною, витрати робочого розчину піноутворювача на одержання об'єму піни, необхідної для заповнення мірної ємкості об'ємом $9,3$ м³ та кількості витраченого робочого розчину на одержання одного кубічного метра піни за різних витрат робочого розчину піноутворювача: 109 л/хв, 118 л/хв, 126 л/хв та 134 л/хв, що відповідали значенням тиску робочого розчину піноутворювача перед розпилювачем 6 бар, 7 бар, 8 бар та 9 бар

відповідно, за різних співвідношень продуктивності розпилювальної форсунки до продуктивності вентилятора (продуктивність вентилятора незмінна і складає не менше ніж 6420 м³/год) та за різних співвідношень площі поперечного перерізу отвору корпусу вентилятора до сумарної площі перфорованих отворів у сітці піноутворення, а саме: 1:2 ($K_c = 2$), 1:3 ($K_c = 3$) та 1:4 ($K_c = 4$) відповідно.

Робочий момент проведення експериментальних досліджень функціональної моделі ГПВК 500ВТ наведено на рисунку 3.



Рисунок 3 – Робочий момент проведення експериментальних досліджень функціональної моделі ГПВК 500В

Для проведення експериментальних досліджень ГПВК ежекційного типу було розроблено та виготовлено експериментальний зразок функціональної моделі ГПВК з тканинною сіткою піноутворення (далі – функціональна модель ГПВК 600ЕТ, де 600 – внутрішній діаметр корпусу ГПВК, мм, Е –

ежекційний тип; Т – виконання сітки піноутворення з тканини).

Функціональна модель ГПВК 600ЕТ складається з таких основних вузлів: корпус ГПВК, блок розпилювачів, сітка піноутворення.

Загальний вид функціональної моделі ГПВК 600ЕТ наведено на рисунку 4.

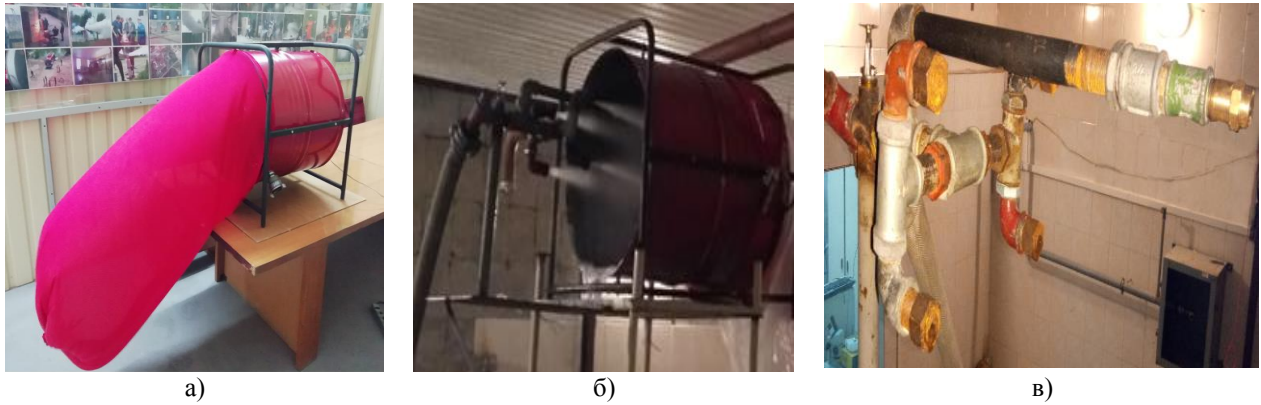


Рисунок 4 – Загальний вид функціональної моделі ГПКВ 600ЕТ:

а) вид спереду; б) вид ззаду; в) вид спереду (без сітки піноутворення) на блок розпилювачів

Технічні характеристики функціональної моделі ГПКВ 500ЕТ наведено нижче.

1. У конструкції функціональної моделі ГПКВ 500ЕТ застосовано блок розпилювачів, що складається з одного (центрального) тангенціального розпилювача рідини фірми «Lechler» марки 423.128 з факелом розпилювання «повний конус», з кутом розпилювання 120° та чотирьох експериментальних розпилювачів з факелом розпилювання «повний конус», з кутом розпилювання 12° .

2. Як сітку піноутворення використано перфоровану синтетичну тканину аналогічно застосованій у ГПКВ 500ВТ.

Суть методики експериментальних досліджень полягала у визначенні кратності піни та продуктивності ГПКВ 500ЕТ за піною, витрати робочого розчину піноутворювача на

одержання об'єму піни, необхідної для заповнення мірної ємкості об'ємом $9,3 \text{ м}^3$ та кількості витраченого робочого розчину на створення одного кубічного метра піни за різних витрат робочого розчину піноутворювача: 114 л/хв, 124 л/хв, 140 л/хв та 148 л/хв, що відповідали значенням тиску робочого розчину піноутворювача перед розпилювачем 6 бар, 7 бар, 8 бар та 9 бар відповідно, за різних співвідношень площі поперечного перерізу отвору корпусу генератора до сумарної площі перфорованих отворів у сітці піноутворення, а саме: 1:2 ($K_c = 2$), 1:3 ($K_c = 3$) та 1:4 ($K_c = 4$) відповідно.

Робочий момент проведення експериментальних досліджень експериментального зразка ГПКВ 600ЕТ наведено на рисунку 5.



Рисунок 5 – Робочий момент проведення експериментальних досліджень експериментального зразка ГПКВ 600ЕТ

Під час експериментальних досліджень вказаних ГПКВ використовували 6 % водний розчин піноутворювача загального призначення для гасіння пожеж «Альпен» виробництва ТОВ «Альхім» (Україна) за ТУ У 24.6-32740136-001:2006 зі змінами №1-4.

Під час проведення експериментальних досліджень застосовували метод прямого

вимірювання тривалості заповнення піною мірної ємкості (за результатами відеозйомки), після чого шляхом математичних розрахунків визначали:

1. Кратність піни (K) за формулою:

$$K = \frac{9300}{Q_p \times t} \quad (1)$$

де 9300 – об’єм мірної ємкості, л;
 Q_p – витрата робочого розчину піноутворювача, л/хв;
 t – тривалість заповнення піною мірної ємкості, хв.

2. Продуктивність ГПВК за піною (Q_n , м³/год) за формулою:

$$Q_n = \frac{Q_p \times K \times 60}{1000}, \quad (2)$$

3. Витрату робочого розчину піноутворювача на одержання об’єму піни, необхідної для заповнення мірної ємкості (V_p , л) за формулою:

$$V_p = \frac{Q_p}{t}, \quad (3)$$

4. Витрату робочого розчину піноутворювача на створення одного кубічного метра піни (V_{pn} , л/м³) за формулою:

$$V_{pn} = \frac{V_p \times 1000}{9300}, \quad (4)$$

Результати розрахунків наведено на рисунку 6.

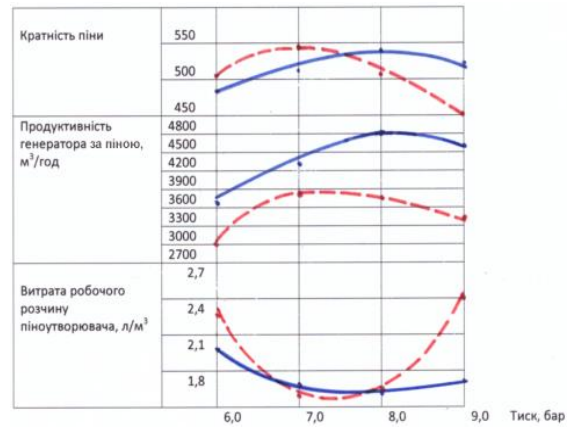


Рисунок 6 – Залежності кратності піни, продуктивності ГПВК за піною та витрати робочого розчину від робочого тиску

Загальний вигляд функціональних моделей ГПВК, які було розроблено і досліджено, наведено на рисунку 6, а їх технічні характеристики – у таблиці 1.



а)



б)

Рисунок 6 – Загальний вигляд зразків функціональних моделей ГПВК: а) вентиляторного типу; б) ежекційного типу

Таблиця 1 – Технічні характеристики зразків функціональних моделей генераторів піни високої кратності

№	Найменування показника	Тип ГПВК	
		Вентиляторний	Ежекційний
1	Потужність електродвигуна вентилятора, Вт, не більше	420	–
2	Номінальна напруга електроживлення, В	220	–
3	Витрата розчину піноутворювача, л/хв, не більше	120*	140**
4	Кратність піни, не менше	545	530
5	Продуктивність за піною, м ³ /год, не менше	3800***	4800***
6	Довжина, мм, не більше	640	1220
7	Висота, мм, не більше	680	680
8	Ширина, мм, не більше	660	660
9	Маса, кг, не більше	26	33

Примітка * – за тиску 7 бар; ** – за тиску 8 бар; у разі використання піноутворювача «Альпен» типу на технологічному люкові кабельного тунелю з метою його використання у складі

Приклад встановлення зразка функціональної моделі ГПВК вентиляторного

стаціонарної системи пожежогасіння піною

високої кратності наведено на рисунку 7.



Рисунок 7– Приклади встановлення функціональних моделей генераторів піни високої кратності

Приклад встановлення зразка функціональної моделі ГПВК ежекційного типу для використання у складі стаціонарної системи пінного пожежогасіння піною високої кратності наведено на рисунку 8.



Рисунок 8- Приклади стаціонарного встановлення функціональної моделі генератору піни високої кратності

Таким чином, проведені аналітичні дослідження дали змогу обґрунтувати конструкційну побудову функціональних моделей стволів-генераторів піни високої кратності вентиляторного та ежекційного типів, а також виготовити їх з використанням компонентів заводського виробництва. Проведені експериментальні дослідження робочих параметрів створених функціональних моделей дозволили встановити залежність

величин кратності піни, продуктивності за піною та кількості витраченого робочого розчину від співвідношень геометричних розмірів складників стволів-генераторів піни і витрати (тиску) робочого розчину піноутворювача та витрати повітряного потоку. Проведення цих досліджень дало змогу визначити діапазони робочих параметрів, за яких функціональні моделі стволів-генераторів піни високої кратності забезпечують найкраще генерування піни у разі використання піноутворювача загального призначення для гасіння пожеж «Альпен».

Надалі передбачається оцінити робочі параметри створених функціональних моделей стволів-генераторів піни високої кратності у разі використання інших піноутворювачів, зокрема, вогнегасних речовин, розроблених спеціально для гасіння пожеж піною високої кратності, які відповідають вимогам ДСТУ EN 1568-2 [3]. Очікується, що це дасть змогу обґрунтувати вихідні дані для розроблення нормативних документів і виготовлення промислових дослідних зразків стволів-генераторів піни високої кратності вентиляторного та ежекційного типів, а також випробувань цих зразків на відповідність вимогам ДСТУ EN 13565-1 [1]. Налагодження серійного виробництва цих стволів дасть змогу комплектувати ними пожежні автомобілі, а також використовувати їх у складі стаціонарних систем пожежогасіння піною високої кратності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. EN 13565-1:2003+A1:2007 Fixed firefighting systems – Foam systems – Part 1: Requirements and test methods for components.
2. ДСТУ EN 13565-1:2015 Стационарні системи пожежогасіння. Системи пінного пожежогасіння. Частина 1. Вимоги до компонентів та методи їх випробування (EN 13565-1:2003 +A1:2007, IDT).
3. Чинний від 2016-04-01. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 25 с.
ДСТУ EN 1568-2:2014 Вогнегасні речовини. Піноутворювачі. Частина 2. Вимоги до піноутворювачів, призначених для гасіння водонерозчинних горючих рідин піною високої кратності, що подається на поверхню (EN 1568-2:2008, EN 1568-2:2008/AC:2010, IDT).

REFERENCES

1. EN 13565-1:2003+A1:2007 Fixed firefighting systems – Foam systems – Part 1: Requirements and test methods for components.
1. DSTU EN 13565-1:2015 Stacionarni sistemi pozhezhogasinnja. Sistemi pinnogo pozhezhogasinnja. Chastina 1. Vimogi do komponentiv ta metodi ih viprobuvannja (EN 13565-1:2003 +A1:2007, IDT). Chinnij vid 2016-04-01. – K.: DP «UkrNDNC», 2016. – 25 s.
2. DSTU EN 1568-2:2014 Vognegasnı rechovini. Pinoutvorjuvachi. Chastina 2. Vimogi do pinoutvorjuvachiv, priznachenih dlja gasinnja vodonerozhchinnih gorjuchih ridin pinoju visokoї kratnosti, shho podact'sja na poverhnju (EN 1568-2:2008, EN 1568-2:2008/AC:2010, IDT).

EFFECT OF OPERATING PARAMETERS UPON PERFORMANCE OF FUNCTIONAL SPECIMENS OF HIGH EXPANSION FOAM GENERATORS

O. Tymoshenko, V. Chuian, A. Hrachov

The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

KEYWORDS

high expansion foam generator, foam expansion, concentration of foam solution, nozzle, sprayer of foam solution of foam concentrate

ANNOTATION

The issues related to application of high expansion foam as flooding fire extinguishing agent as well as necessity of the development of high expansion foam generators in Ukraine are considered. Patent search concerning appropriate devices for generation of high expansion foam from foam solutions was conducted and it showed specific features of the components when generating high expansion foam. The results of the research of operating parameters of prototypes of high expansion foam generators of fan and ejection types are presented. For high expansion foam generators of fan type dependence of foam expansion, foam solution flow rate and amount of spent foam solution on the performance of the spray nozzle at different pressures and ratio of fan performance to the spray nozzle performance was established; the ratio of the cross-sectional area of the fan to the total area of the perforated holes in the foaming grid was studied, too. For high-expansion foam generators of the ejection type dependence of foam expansion, foam solution flow rate and amount of spent foam solution on the capacity of the spray nozzle unit at different pressures, foam solution flow rate to the total area of the holes in the foaming grid, and ratio of the cross-sectional area of the generator to the total area of the perforated holes of the foaming grid were studied. Functional models of the mentioned types of generators (both ejection (aspiration) one and generator equipped with fan (air blowing unit)) were developed, created and tested for the purpose of derivation of appropriate relations between their conditions of use and performance. At the same time, high expansion foam generators of fan type by their weight and size parameters are intended for use in the divisions of the Operative and Rescue Service of Civil Protection of the State Emergency Service of Ukraine as portable firefighting units. Such firefighting units are intended to be installed first of all on any state-of-the-art municipal fire engines equipped with autonomous AC generators. High expansion foam generators of ejection type are intended for use as firefighting units in foam firefighting systems of various facilities with fire hazard.

ВЛИЯНИЕ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ НА ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ СТВОЛОВ-ГЕНЕРАТОРОВ ПЕНЫ ВЫСОКОЙ КРАТНОСТИ

А.М. Тимошенко, В.Ф. Чуян, А.А. Грачов

Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

генератор пены высокой кратности, кратность пены, концентрация рабочего раствора пенообразователя, пенообразователь, распылитель рабочего раствора пенообразователя

АННОТАЦИЯ

Проанализировано современное состояние применения пены высокой кратности в качестве средства пожаротушения объемным способом и обоснована необходимость разработки в Украине пожарных стволов-генераторов пены высокой кратности. Проведен патентный поиск устройств для генерации пены высокой кратности из рабочих растворов пенообразователя, где указано на особенности составляющих во время образования пены высокой кратности. Приведены результаты исследований рабочих параметров разработанных экспериментальных образцов генераторов пены высокой кратности вентиляторного и инжекционного типа. Установлена зависимость величины кратности пены, производительности по пене и количеству израсходованного рабочего раствора от соотношений геометрических размеров составляющих элементов генераторов к расходу (давлению) рабочего раствора пенообразователя и расходу воздушного потока. Разработано два функциональных макета генераторов пены высокой кратности эжекционного и вентиляторного типа.

