

О.М. Землянський, Т.В. Юрга, С.Е. Трошкін

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, Україна

СТВОРЕННЯ ПОРТАТИВНОГО ПІНОГЕНЕРАТОРА ІЗ ПРОВЕДЕННЯМ ПРАКТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В роботі описується корисна модель, яка дає змогу зменшити час прийняття рішень керівником гасіння пожежі на момент закінчення проведення розвідки, час початку введення першого ствола на гасіння пожежі, час локалізації та ліквідації пожежі, що дає змогу з більшою вірогідністю врятувати людське життя від небезпечних чинників пожежі.

Ключові слова: компактний піно-генератор середньої кратності, повітряно-механічна піна, ланка газодимозахи ної служби.

Постановка проблеми

Гасіння пожежі в тих розмірах, яких вона набула, на момент прибуття пожежно-рятувальних підрозділів (далі - ПРП) є основним завданням оперативно-рятувальної служби цивільного захисту [1]. Вона досягається шляхом введення вогнегасних речовин в осередок горіння і залежить від часу оперативного розгортання.

Найбільш поширеними вогнегасними засобами є вода і повітряно-механічна піна середньої кратності [2], яка подається водяними стволами і піно-генераторами. Вид вогнегасної речовини визначаються керівником гасіння пожежі за даними розвідки, виходячи з тактичних міркувань специфіки гасіння матеріалів та речовин за класом пожежі [3].

Основні вимоги до проведення розвідки, висвітлені авторами [1-6]. Згідно [4], розвідка в задимленому приміщенні (будинку) проводиться ланкою газодимозахисної служби (далі - ГДЗС), яка укомплектується мінімально-необхідними переносними пожежними інструментами, в тому числі і ручним водяним стволом з рукавом. Якщо під час розвідки, буде встановлена необхідність подачі піни, тоді ланка ГДЗС виходить із задимленого приміщення, бере піно-генератор і повертається до місця введення вогнегасного засобу. Такий факт ускладнює ведення оперативних дій - призводить до збільшення часу на введення вогнегасної засобу для гасіння пожежі. Взяти ланці ГДЗС генератор піни відразу, з собою, не маючи відповідних даних розвідки, не доцільно, так як він, через конструктивні особливості, залучення додаткової кількості о/с ланки ГДЗС, буде впливати на оперативність проведення розвідки. Таким чином, існує необхідність доукомплектування ланки

ГДЗС компактним генератором, який можна було б використовувати у вищезазначеній ситуації без ускладнюючих обставин які впливають на оперативність дій під час розвідки та реагування миттєво на ситуацію, яка може вплинути на час виконання поставлених дій за призначенням, можливості збільшення вірогідності успішного рятування людей, матеріальних цінностей та зменшення часу локалізації та ліквідації пожежі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Існує три типи кратності повітряно-механічної піни – низька, середня та висока. Низьку кратність маємо, коли коефіцієнт K менший або дорівнює 20 ($K \leq 20$). Середню кратність – коли коефіцієнт K більше 20, або менше чи дорівнює 200 ($20 < K \leq 200$). Високу кратність маємо, коли коефіцієнт K більше 200 ($K > 200$). Механізм піно-утворення розглядався раніше в роботах [7-12] авторами В.В. Ковалишиним, Н.М. Козяр, О.В. Грушовінчуком, В.В. Кавецьким, Я.Б. Кирилівим, О.Е. Васильєвим, В.І. Луц.

Формулювання мети статті

Метою роботи є вирішення питання створення генератора піни, який має габаритні та геометричні розміри, які дозволять укомплектувати ланку ГДЗС без додаткового залучення особового складу та створення умов миттєвого реагування на ситуацію під час пожежі ланкою ГДЗС.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Ефективність вогнегасних пін визначається їх властивостями, а саме:

здатністю піни зберігати свою структуру – показник стійкості піни;

стійкістю піни до впливу нагрівання – терmostійкість;

стійкістю піни до контакту з горючими рідинами – контактна стійкість;

здатністю піни створювати перешкоду дифузії крізь них парів горючих рідин – ізолювальна здатність;

здатністю піни до розтікання – в'язкість;

відношенням об'єму піни до об'єму робочого розчину піноутворювача, з якого вона утворилась – кратність [6].

Було встановлено, що піно-утворення відбувається в результаті видування бульбашок піни на осередках сітки при періодичному перекритті останніх краплями розчину піноутворювача. Воно починається при тиску повітря перед сіткою, обумовлений капілярними силами (1):

$$p_m = \beta \frac{4 \cdot \sigma}{\delta} \quad (1),$$

де:

p_m – мінімальний тиск перед сіткою;

σ – поверхневий натяг розчину піноутворювача;

δ – розмір клітини сітки.

Виявлено, що при досить великій швидкості потоку повітря, що набігає на сітку, відбувається зрив потоку піни. На основі уявлень, розвинутих у зазначеній роботі, була запропонована методика наближеного розрахунку піно-генератора. Подальше вдосконалення методики розрахунку наштковується на ряд труднощів, пов'язаних з деякими явищами при піно-утворенні. Зокрема, немає повної ясності щодо явища зриву піно-утворення, що приводить до порушення режиму роботи піно-генератора. Для вирішення поставленої задачі зроблена спроба експериментального вивчення механізму піно-утворення на єдиній клітинці.

У періоді вивчення механізму було відзначено чотири режими піно-утворення. Перехід від одного режиму до іншого відбувається при поступовому збільшенні тиску в системі напорю води.

При тисках в системі менше мінімального [4-8], що визначається формулою (1), бульбашки піни не утворюються, і розчин випливає через сопло у вигляді крапель. Витрата повітря в цьому випадку дорівнює нулю. Як тільки тиск перевищить мінімальну, починається утворення бульбашок. При подальшому збільшенні тиску настає зрив піно-утворення. При цьому режимі з однієї краплі розчину утворюється група пухирців. Режим розпилення бульбашок займає досить великий діапазон тисків. При високому тиску піно-утворення

припиняється. Плівки бульбашок руйнуються, і розчин з сопла витікає у вигляді дрібних крапель.

На озброєнні ПРП знаходяться переносні генератори піни середньої кратності, основні із них: ГПС-600, ГПС-200, ГПС-2000, УКТП ПУРГА 5. Вони призначені для отримання повітряно-механічної піни з водного розчину піноутворювача, а також для формування струменя і подачі її при гасінні загорянь горючих і легкозаймистих рідин.

Генератори ГПС-200, ГПС-600 та ГПС-600 мають однакові складові елементи. Вони складаються із корпусу, до якого прикріплений механізм що направляє піну; з'єднувальної головки; пакет сіток (рис.1).

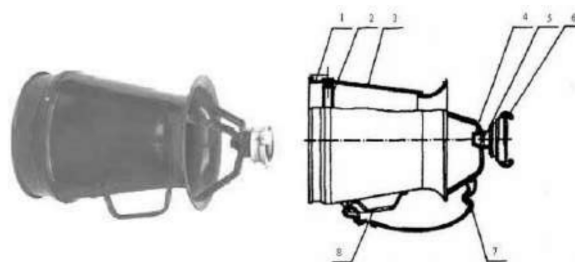


Рис. 1. Будова генератора піни середньої кратності ГПС-600: 1 – насадок; 2 – касета сіток; 3 – корпус генератора; 4 – корпус розпилювача; 5 – розпилювач; 6 – з'єднувальна головка ГМ-70; 7 – ремінь; 8 – ручка для перенесення

Вище зазначені пристрої не можуть бути використані, як додатковий прилад гасіння пожежі, яким комплектується ланка ГДЗС. Всі вони мають металевий корпус у вигляді циліндра, який не надає компактності при їх транспортуванні та перенесенні. Тому подальші дослідження повинні бути спрямовані на розробку компактного генератора піни середньої кратності, що задовольняв би, поставлені у роботі, умови.

Генератор піни середньої кратності призначений для отримання з водного розчину піноутворювача повітряно-механічної піни середньої кратності, формування струменя і подачі її для гасіння пожеж легкозаймистих та горючих рідин.

Компактний піно-генератор (рис. 2) складається з гнучкої матерії 1, двох латунних сіток (рис. 3) з чарунками 0,5x0,5 мм і 1x1 мм, діаметром 198 мм, кріплення кільця 2, кільця між сітками 3 шириною 10 мм, пружини 4 і розпилювача. Робота апарату полягає в наступному: повітря тиску до 0,1 кг / см² надходить в корпус розпилювача і ежектую піноутворювач. З циліндричного сопла 8 на пакет сіток (рис.3) подається повітряно-рідинна струмінь, що утворює боку стійкий потік піни. При роботі апарату в горизонтальній площині коефіцієнт

корисної дії (Π) становить 0,90-0,95, а у вертикальному 0,95-0,98. Циліндричний піно-

генератор відрізняється простою у виготовленні і компактністю при складанні.

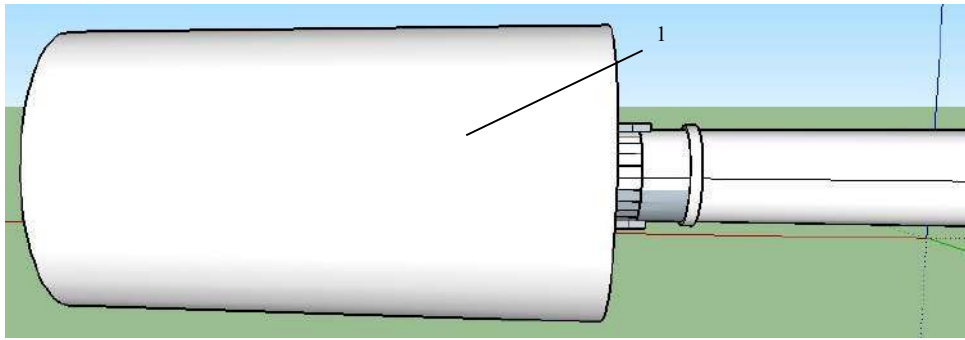


Рис. 2. Компактний генератор піни середньої кратності у 3D вигляді.

Залежно від умов пожеж, задаємося витратою піни Q_n , необхідної для повної локалізації та ліквідації пожежі, кратністю піни і концентрацією водного розчину піноутворювача.

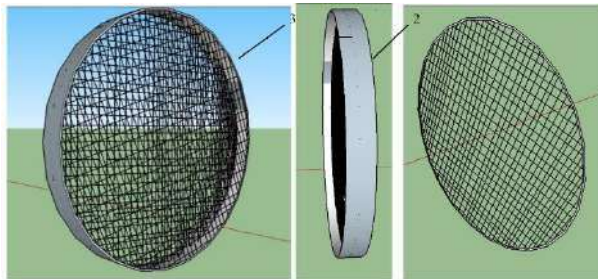


Рис. 3. Латунні сітки, які встановлюються на компактний генератор піни середньої кратності у 3D вигляді.

Розпилювач (рис. 4) складається із корпусу 5 з штуцером для подачі повітря і рідин трубки 6 діаметром 8 мм, ущільнювальної гайки 7, циліндричного насадка 8.

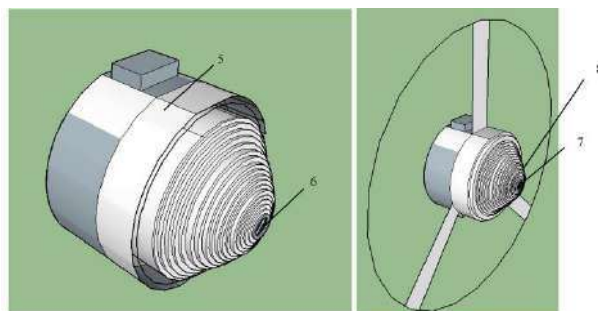


Рис. 4. Розпилювач, який встановлюється на компактний генератор піни середньої кратності у 3D вигляді.

У складеному стані (рис.5) ширина піногенератора становить 90 мм, загальна вага - 1,68 кг.

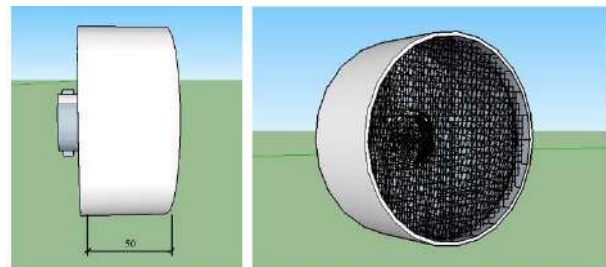


Рис. 5. Компактний генератор піни середньої кратності в складеному стані у 3D вигляді.

Схематично показано на (рис.6) в розкладеному стані, а так само габарити піногенератора діаметр на виході 198 мм, на початку 185 мм, довжина 390 мм.

Вибираємо розмір чарунок першої сітки δ , із відношенням перетину до площі сітки, рівним $\frac{F_0}{F_c} n$, і визначаємо оптимальну швидкість виходу піни з сітки апарату (2):

$$V_{оп} = \mathfrak{Z} \frac{R_0}{\pi * \delta} \text{ м/с} \quad (2),$$

де:

\mathfrak{Z} - експериментальний коефіцієнт рівний 0,1;

R_0 - коефіцієнт, що залежить від концентрації розчину, для 3-5% розчину ПУ-1 дорівнює 0,045-0,080 м²/с.

Діаметр циліндричної частини апарату знаходиться з виразу (3):

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q_n}{\mu * n * \pi * V_{оп}}} \text{ мм} \quad (3),$$

де:

μ - коефіцієнт витрати для металевих сіток із закругленими краями визначається за графіком (рис.5).

Довжина піно-генератора визначається за формулою (4):

$$L = \beta \frac{D-d_w}{\operatorname{tg}\alpha} \text{ мм} \quad (4),$$

де:

d_w - діаметр насадка, мм;

β - поправочний коефіцієнт, що враховує довжину насадка, сопла, який дорівнює 1,1;

α - кут розкриття струменя.

При відомому витраті повітря і прийнятому тиску за експериментальними графіками (рис. 6) знаходимо необхідний діаметр циліндричного насадка, і кут розкриття повітряно-рідинної струменя, що виходить із розпилювача.

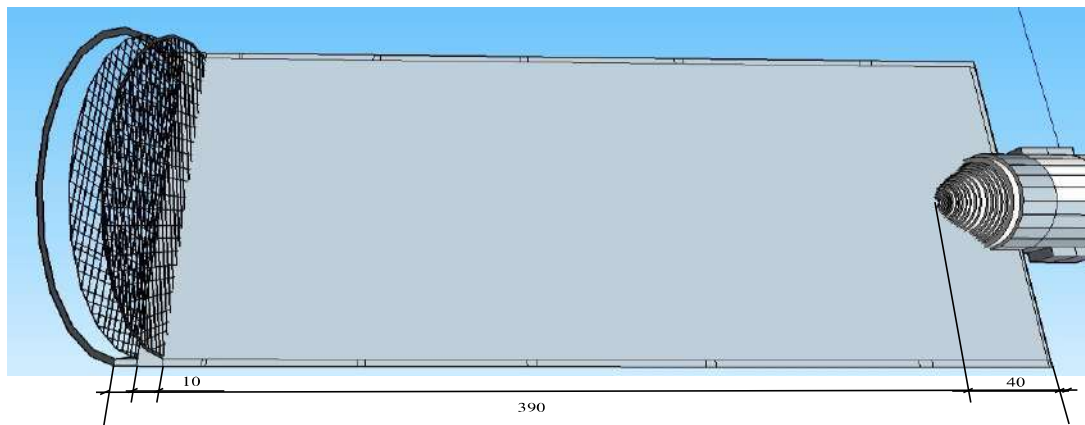


Рис. 6. Схема компактного генератора піни середньої кратності в розрізі.

Виготовлений пристрій охоронений патентом на корисну модель UA 121256 U, який зображений на рис. 7.



Рис. 7. Зображення портативного піно-генератора у складеному стані.

Експериментальна перевірка портативного піно-генератора проводилася на базі навчальної пожежно-рятувальної частини та в лабораторії протипожежного водопостачання Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України (рис. 8).



а)



б)

Рис. 8. Лабораторне обладнання: а) вимірювання витрати та тиску; б) вимірювання об'ємних показників.

Розчин піноутворювача подавався від АЦ-40 (432921) 63 Б02 та від лабораторної установки (рис. 9).



Рис. 9. Силовий модуль лабораторної установки.

Оскільки піно змішувач насосу даного автомобіля формує розчин 6% тому цей показник прийняли за основу. Для перевірки кратності піни була використана ємність об'ємом 3 м³. Результати експерименту наведені в таблиці 1.

Таблиця 1
Результати експерименту використання портативного піно-генератору

| № п/п | Витрата по піні, л/с | Кратність | Подача по піні, м ³ /хв |
|-----------------------|----------------------|-----------|------------------------------------|
| 1. | 170 | 85 | 10,2 |
| 2. | 180 | 90 | 10,8 |
| 3. | 160 | 80 | 9,6 |
| Середнє значення: | 170 | 85 | 10,2 |
| Напір на вході, м: | 60 | | |
| Витрата води, л/с: | 1,88 | | |
| Витрата розчину, л/с: | 2 | | |
| Витрата ПУ, л/с: | 0,12 | | |

Виходячи із результатів проведеного практичного експерименту [13], отримуємо наступну інформацію:

портативний піно-генератор формує та подає піну кратністю в середньому 85;

один портативний піно-генератор може забезпечити подачу піни у розмірі 10,2 м³/хв.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальшого розвитку у даному напрямку

У науковому дослідженні вирішена важлива науково-технічна задача - обґрунтовано конструкцію компактного генератора піни середньої кратності. До основних наукових і практичних результатів дослідження відносяться:

1. У результаті аналізу наукових літературних джерел, встановлено, що питання, розробки компактних генераторів піни середньої кратності, якими можна доукомплектувати ланки ГДЗС під час проведення розвідки у задимлених приміщеннях, не досліджувалося;

2. Проведений аналіз тактико-технічних характеристик піно-генераторів середньої кратності, які знаходяться на озброєнні ПРП, підтвердив складність їх застосування ланками ГДЗС під час проведення розвідки;

3. Результати розрахунків геометричних параметрів портативного піно-генератору та визначення складових елементів будови, надало змогу змодельовати та виготовити портативний піно-генератор;

3. В ході експериментальних досліджень було встановлено, що портативний піно-генератор по продуктивності відповідає ГПС-200, але при цьому він має у 2-чі меншу вагу та у 5-ть разів менші геометричні розміри транспортування;

4. Розроблений компактний генератор піни середньої кратності може бути використаний ланками ГДЗС під час гасіння пожеж у задимлених приміщеннях;

5. Результати удосконалення генератору піни були охоронені патентом на корисну модель №121256 починаючи з 27.11.2017.

Література

1. Наказ МВС України від 26.04.2018 № 340 «Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту та Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж».
2. Клюс П.П. Пожежна тактика. / П.П. Клюс, В.Г. Палюх, А.С. Пустовой, Ю.М. Сенчихін, В.В. Сировой – Х.: Основа, 1998.
3. ДСТУ EN 2:2014 Класифікація пожеж (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT).
4. НАПБ 04.008-2011 Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України. Наказ МНС України від 16.12.2011 №1342.
5. Довідник керівника гасіння пожежі. Київ: УкрНДЦЗ, НУЦЗ України, ЛДУБЖД, ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України – 2015.
6. Ковальов П.А. Довідник пожежного рятувальника. / П.А. Ковальов, Р.В. Пономаренко, П.Ю. Бородич - Харків, 2017.
7. ДСТУ 4041-2001 Піноутворювачі спеціального призначення, що використовуються для гасіння пожеж водонерозчинних і водорозчинних горючих рідин. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.

8. EN 16712-4:2018 Portable Equipment For Projecting Extinguishing Agents Supplied By Firefighting Pumps - Portable Foam Equipment - Part 4: High Expansion Foam Generators PN16.

9. EN 16712-1:2015 Portable equipment for projecting extinguishing agents supplied by fire fighting pumps - Portable foam equipment - Part 1: Inductors PN 16.

10. EN 16712-2:2015 Portable equipment for projecting extinguishing agents supplied by fire fighting pumps - Portable foam equipment - Part 2: Pick-up tubes.

11. Ковалишин В.В. Дослідження залежності кратності повітряно-механічної піни від геометричних параметрів піногенератора / В.В. Ковалишин, Е.М. Улинець, О.В. Грушовичук, В.В. Кавецький // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2011. – № 2 (24). – С. 74-79.

12. Кудрявцев А.А. Повітряно-механічна піна як засіб пілопридушення / А.А. Кудрявцев // «Безпека праці в промисловості», № 8, 1970.

13. Мирошник О.М. Компактний генератор піни середньої кратності. / О.М. Мирошник, О.М. Землянський, М.М. Пеліпенко // Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. Черкаси: 2019. №1 (3). С. 51-58.

References

1. Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine dated April 26, 2018, No. 340 "On Approval of the Statute on Actions in Emergency Situations of Management Bodies and Units of the Operative Rescue Service of Civil Protection and the Statute on Actions of Management Bodies and Units of the Operative Rescue Service of Civil Protection during Fire Suppression."

2. Klyus P.P., Palyukh V.G., Pustovoy A.S., Senchikhin Yu.M., Sirovoy V.V. (1998) Fire Tactics. Kharkiv: Osnova.

3. DSTU EN 2:2014 Classification of Fires (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT).

4. NAPB 04.008-2011 Guidelines for the Organization of Gas and Smoke Protection Service in Units of the Operative Rescue Service of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Ukraine. Order of the Ministry of Emergency Situations of Ukraine dated December 16, 2011, No. 1342.

5. Handbook for Firefighting Leaders (2015) Kyiv: UkrNDICZ, NUCPZ Ukraine, LDUBZHD, CHIPB named after Chernobyl Heroes NUCPZ Ukraine.

6. Kovalov P.A., Ponomarenko R.V., Borodich P.Yu. (2017) Handbook of a Firefighter-Rescuer. Kharkiv.

7. DSTU 4041-2001 Special Purpose Foam Generators Used for Extinguishing Water-Soluble and Water-Miscible Flammable Liquids. General Technical Requirements and Testing Methods.

8. EN 16712-4:2018 Portable Equipment For Projecting Extinguishing Agents Supplied By Firefighting Pumps - Portable Foam Equipment - Part 4: High Expansion Foam Generators PN16.

9. EN 16712-1:2015 Portable equipment for projecting extinguishing agents supplied by fire fighting pumps - Portable foam equipment - Part 1: Inductors PN 16.

10. EN 16712-2:2015 Portable equipment for projecting extinguishing agents supplied by fire fighting pumps - Portable foam equipment - Part 2: Pick-up tubes.

11. Kovalyshyn V.V., Ulynets E.M., Hrushovinchuk O.V., Kavetskyi V.V. (2011) Study of the Dependence of Air-Mechanical Foam Multiplicity on Geometric Parameters of the Foam Generator. *Scientific Bulletin of UkrNDIB. No. 2 (24)*. P. 74-79.

12. Kudryavtsev A.A. (1970) Air-Mechanical Foam as a Dust Suppression Agent. "Occupational Safety in Industry," No. 8.

13. Myroshnyk O.M., Zemlyansky O.M., Pelipenko M.M. (2019) Compact Generator of Medium Expansion Foam. *Emergency Situations: Prevention and Elimination. Cherkasy: No. 1 (3)*. Pp. 51-58.

Рецензент: доктор техн. наук, професор О.М. Мирошник, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, Україна.

Автор: ЗЕМЛЯНСЬКИЙ Олег Миколайович
д-р техн. наук, доцент, заступник начальника кафедри автоматичних систем безпеки та електроустановок

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України

E-mail - Zemlianskyi_Oleh@chipb.org.in

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2728-6972>

Автор: ЮРГА Тарас Володимирович
начальник навчально-тренувального комплексу газодимозахисної служби

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України

E-mail - jurga.taras@ukr.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8723-368X>

Автор: ТРОШКІН Сергій Едуардович
ад'юнкт кафедри фізико-хімічних основ розвитку та гасіння пожеж

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України

E-mail - sergeytroshkin455@gmail.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3795-2000>

CREATION OF A PORTABLE FOAM GENERATOR WITH PRACTICAL RESEARCH CONDUCTED

O. Zemlianskyi, T. Yurha, S. Troshkin

Cherkasy Institute of Fire Safety named after the Heroes of Chernobyl, National University of Civil Protection of Ukraine, Ukraine

The article describes the process of modeling and creating a compact portable foam generator of medium multiplicity with geometric and dimensional parameters that allow for the use of air-mechanical foam directly during reconnaissance without complicating circumstances that arise during reconnaissance with a gas and smoke protection service when it is necessary to supply air-mechanical foam without a foam generator, which is not included in the minimum necessary list of firefighting tools and devices.

Generally, the use of foam generators by the gas and smoke protection service during fires is a common practice and constitutes typical actions in case of fire incidents. However, there is one particular aspect in the use of

generators - their weight and geometric dimensions, which may restrict the movement of personnel in relatively confined spaces such as cable tunnels, basements, and underground structures. Therefore, greater attention should be paid to the use of foam generators with medium multiplicity.

The foam isolates the combustion zone from flammable vapors and gases, as well as the combustible surface of the material from the heat emitted by the reaction zone. It penetrates well into the premises, overcomes turns and climbs, quickly fills the volume of the room, displaces combustion products heated to high temperatures, thereby reducing the temperature in the room. To ensure instant response to the situation during reconnaissance with a gas and smoke protection service, equipment should be provided that allows for confident response to complex tactical tasks for the fire suppression commander, making informed and decisive decisions regarding reducing the likelihood of emergency situations and reducing the percentage of human and material losses.

The motto of a rescuer is "prevent, save, help." This article describes a useful model that reduces the decision-making time for the fire suppression commander at the end of reconnaissance, the time of initiating the first fire extinguishing nozzle, the time of fire localization and extinguishment, which increases the likelihood of saving human lives from fire hazards.

Keywords: compact medium expansion foam generator, air-mechanical foam, gas and smoke protection service.