

УДК 681.5.001.63: 629.1.098: 621.9.048

О. М. Мирошник, д-р техн. наук, доцент, О. М. Землянський, канд. техн. наук, доцент,
М. М. Пелипенко, канд. пед. наук,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
Національного університету цивільного захисту України

КОМПАКТНИЙ ГЕНЕРАТОР ПІНИ СЕРЕДНЬОЇ КРАТНОСТІ

В статті розглянуто компактний генератор піни середньої кратності для гасіння пожеж. Описано хід проведення ланкою газодимозахисної служби розвідки в задимленому приміщенні. Обґрунтовано доцільність його створення та застосування, яка полягає у тому, що ланці газодимозахисної служби не доводиться повертатися за генератором піни у разі необхідності. Це дозволяє зберегти мобільність та оперативність її дій та прискорити введення вогнегасних речовин в осередок пожежі. Теоретично проаналізовано виникнення явища піноутворення, на основі чого здійснено спробу експериментального вивчення механізму піноутворення у чотирьох режимах залежно від тиску в системі напору води. Розглянуто основні переносні генератори піни середньої кратності, які знаходяться на озброєнні оперативно-рятувальних підрозділів, окреслено їх будову, яка виключає можливість зручного їх транспортування та перенесення. Описано основні конструктивні елементи, їх розміри з обґрунтуванням за допомогою формул, подано наочні рисунки та наведено ситуації ефективного застосування генератора. Проведено експериментальні дослідження та наведено цифрові дані щодо продуктивності використання розробленого піногенератора, зокрема кратності та подачі піни, які він здатен забезпечувати в експериментальних умовах. Проведено порівняння запропонованого компактного генератора піни середньої кратності із відомими раніше та виділено його переваги. Зроблено висновки та наведено науково-практичні результати роботи, серед яких можна виділити те, що питання компактних генераторів піни середньої кратності досі не досліджувалося, наявні на озброєнні генератори мають певні недоліки, розроблений генератор значно менший та легший, ніж відомі досі аналоги, не поступаючись при цьому у продуктивності.

Ключові слова: генератор піни середньої кратності, піна, конструкція ГПС, ланка газодимозахисної служби.

Актуальність теми. Гасіння пожежі в тих розмірах, яких вона набула, на момент прибуття пожежно-рятувальних підрозділів 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 піногенераторами. Загалом, вид вогнегасної речовини визначається керівником гасіння пожежі за даними розвідки.

Основні вимоги до проведення розвідки, висвітлені в літературі [1, 2, 3]. Згідно [3], розвідка в задимленому приміщенні (будинку) проводиться ланкою газодимозахисної служби (ГДЗС), яка укомплектовується ручним водяним стволом. Якщо під час розвідки, буде встановлена необхідність подачі піни, тоді ланка ГДЗС виходить із задимленого приміщення, бере піногенератор і повертається до місця введення вогнегасного засобу. Такий факт ускладнює ведення оперативних дій – призводить до збільшення часу на введення вогнегасного засобу для гасіння пожежі. Взяти ланці ГДЗС генератор піни відразу, з собою, не маючи даних розвідки, не доцільно, так як

він, через конструктивні особливості, буде впливати на оперативність проведення розвідки. Таким чином, існує необхідність доукомплектування ланки ГДЗС компактним генератором піни середньої кратності (КГПС), який можна було б використовувати у вищезазначеній ситуації.

Метою роботи є створення компактного генератора піни середньої кратності.

Піноутворення на сітках використовується у піногенераторах для отримання пін середньої і високої кратності. Механізм піноутворення розглядається раніше в роботі А. Н. Орлова, В. Ч. Речутта, В. В. Самсонова [5 – 7].

Було встановлено, що піноутворення відбувається в результаті видування бульбашок піни на осередках сітки при періодичному перекритті останніх краплями розчину піноутворювача. Воно починається при тиску повітря перед сіткою, обумовленого капілярними силами:

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

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 піногенератора. Подальше вдосконалення методики розрахунку наштовхується на ряд труднощів, пов'язаних з деякими явищами при піноутворенні. Зокрема, немає повної ясності щодо явища зриву піноутворення, що приводить до порушення режиму роботи піногенератора. Для заповнення цієї прогалини зроблена спроба експериментального вивчення механізму піноутворення на єдиній клітинці.

У періоді вивчення механізму було відзначено чотири режими піноутворення. Перехід від одного режиму до іншого

відбувається при поступовому збільшенні тиску в системі напору води.

При тисках в системі менше мінімального [4 – 7], що визначається формулою (1), бульбашки піни не утворюються, і розчин впливає 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 піноутворення. При цьому режимі з однієї краплі розчину утворюється група пухирців. Режим розпилення бульбашок займає досить великий діапазон тисків. При високому тиску піноутворення припиняється. Плівки бульбашок руйнуються, і розчин з сопла витікає у вигляді дрібних крапель.

На озброєнні оперативно-рятувальних підрозділів 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-2000 мають однакові складові елементи. Вони складаються із:

- корпусу, до якого прикріплений механізм, що направляє піну;
- з'єднувальної головки;
- пакету сіток.

Вищезазначені 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 піногенератор (рис. 1) складається з гнучкої матерії 1, двох

латунних сіток (рис. 2) 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.

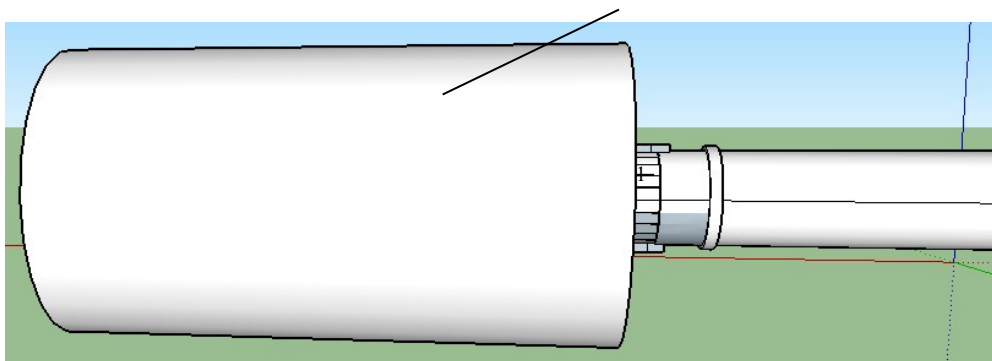


Рисунок 1 – Компактний генератор піни середньої кратності

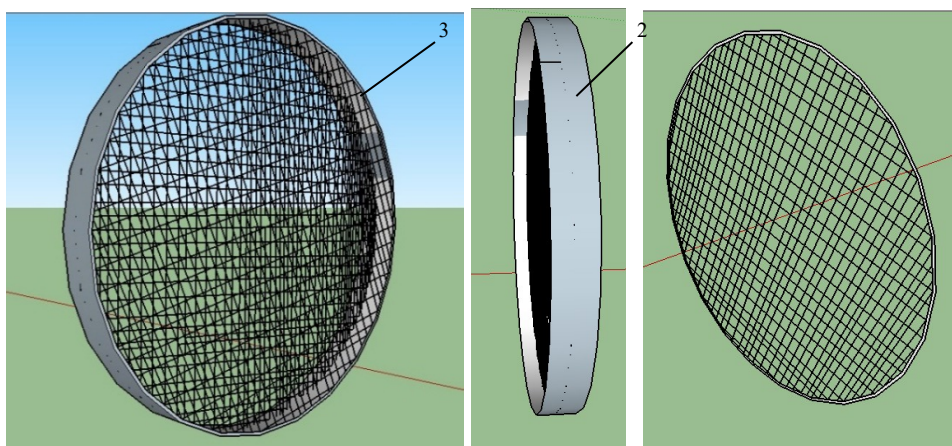


Рисунок 2 – Латунні сітки

розпилювач (рис. 3) складається із корпусу 5 з штуцером для подачі повітря і рідин трубки 6 діаметром 8 мм, ущільнювальної гайки 7, циліндричного насадка 8.

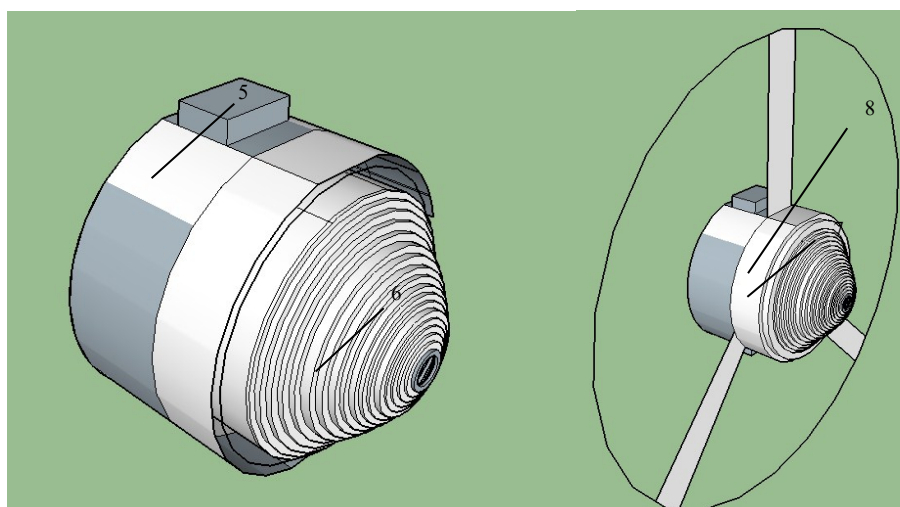


Рисунок 3 – Розпилювач

У складеному стані (рис. 4) ширина піногенератора становить 90 мм, загальна вага – 1,68 кг.

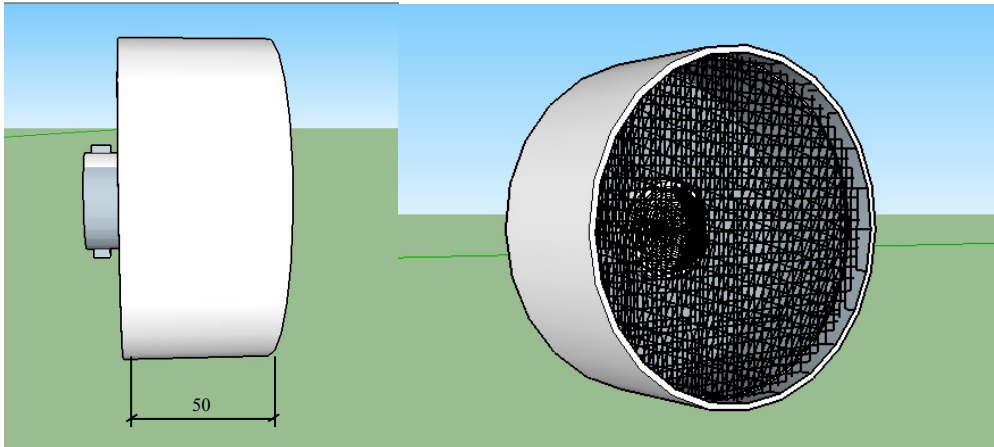


Рисунок 4 – Компактний генератор піни середньої кратності в складеному стані.

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

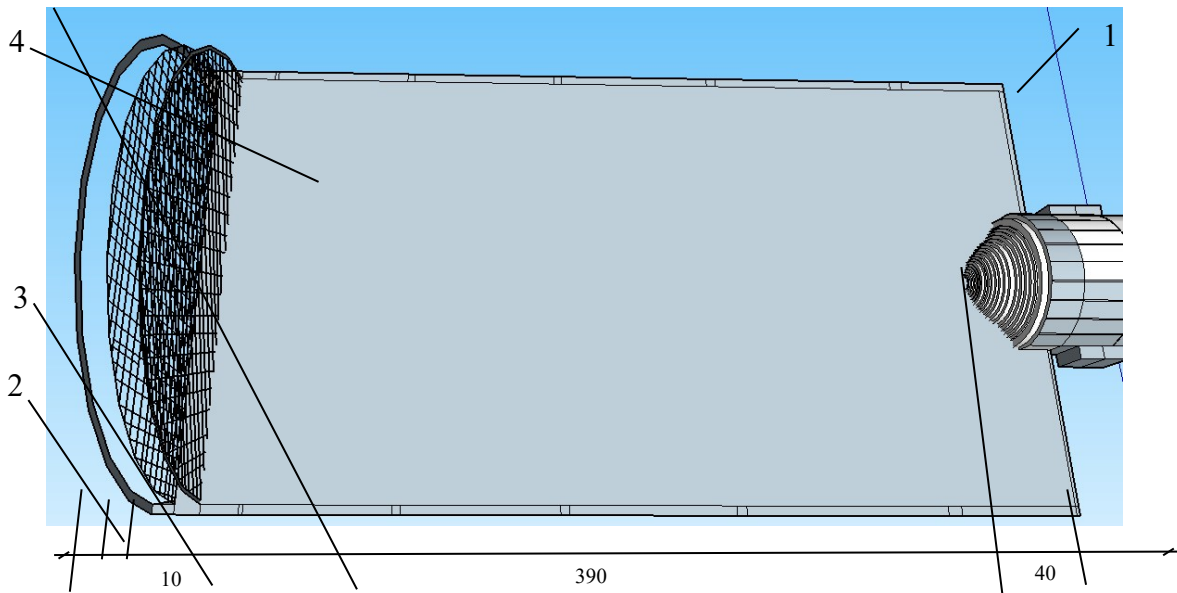


Рисунок 5 – Схема компактного генератора піни середньої кратності

Робота апарату полягає в наступному: повітря тиску до $0,1 \text{ кг / см}^2$ надходить в корпус розпилювача і ежектує піноутворювач. З циліндричного сопла 8 на пакет сіток (рис. 2) 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 піногенератор відрізняється простою у виготовленні і компактністю при складанні.

Залежно від умов пожеж, задаємося витратою піни Q_n , необхідної для повної

локалізації та ліквідації пожежі, кратністю піни і концентрацією водного розчину піноутворювача.

При відомій витраті повітря і прийнятому тиску за експериментальними графіками (рис. 5) знаходимо необхідний діаметр циліндричного насадка, і кут розкриття повітряно-рідинного струменя, що виходить із розпилювача.

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:

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

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:

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



а)

де: μ – коефіцієнт витрати для металевих сіток із закругленими краями визначається за графіком (рис. 4).

Довжина піногенератора визначається за формулою:

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

де: β – поправочний коефіцієнт, що враховує довжину насадка, сопло, який дорівнює 1,1; d_w – діаметр насадка, мм; α – кут розкриття струменя.

Виготовлений пристрій зображений на рисунку 6.



б)

Рисунок 6 – Зображення КГПС: а) транспортне положення; б) робоче положення

Експериментальна перевірка КГПС проводилася на базі навчальної пожежно-рятувальної частини Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України.

Розчин піноутворювача подавався від АЦ40(432921)63Б02. Оскільки пінозмішувач насосу даного автомобіля формує розчин 6 %, 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 КГПС

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

Виходячи із результатів проведеного експерименту, можна зробити наступні висновки:

- КГПС формує та подає піну кратністю в середньому 85;

- один КГПС може забезпечити подачу піни у розмірі 10,2 м³/хв.

Висновки. 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 піногенераторів середньої кратності, які знаходяться на озброєнні ПРП, підтвердив складність їх застосування ланками ГДЗС під час проведення розвідки.

3. Результати розрахунків геометричних параметрів КГПС та визначення складових елементів будови, надало змогу змоделювати та виготовити КГПС.

4. В ході експериментальних досліджень було встановлено, що КГПС по продуктивності відповідає ГПС-200, але при цьому він має удвічі меншу вагу та у п'ять разів менші геометричні розміри транспортування.

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

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Наказ МНС України від 13.03.2012 № 575 «Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту».

2. Клюс П. П., Палюх В. Г., Пустовой А. С., Сенчихін Ю. М., Сировой В. В. Пожежна тактика. – Х.: Основа, 1998.

3. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України. – Наказ МНС України від 16.12.2011 № 1342.

4. Справочник руководителя тушения пожара, Иванников В. П., Клюс П. П., Стройздат. – 1987 г.

5. Пены. Получение и применение. Часть 2. Применение воздушно-механической пены и смачивателей при тушении пожаров. – Москва, 1973 г.

6. Пены. Получение и применение. Часть 1. Физико-химия пен. – Москва, 1972 г.

7. Пены. Получение и применение. Часть 3. Методы получения и области применения пен. – Москва, 1974 г.

8. Кудрявцев А. А. Воздушно-механическая пена как средство пылеподавления «Безопасность труда в промышленности», № 8, 1970.

9. Никитин В. С., Тодрадзе К. Н. «Пеногенератор ВЦНИИОТ». Научные работы институтов охраны труда ВЦПСПС. Выпуск 72. – М.: Профиздат, 1971 г.

10. Идельчик И. Е. Определение коэффициентов сопротивления при истечении через отверстия. «Гидротехническое строительство». – № 5. – М., 1960.

REFERENCES

1. Nakaz MNS Ukrainy vid 13.03.2012 № 575 «Statut dii u nadzvychainykh sytuatsiiakh orhaniv upravlinnia ta pidrozdiliv Operativno-riativalnoi sluzhby tsyvilnoho zakhystu».

2. Klius P. P., Paliukh V. H, Pustovoi A. S., Senchykhin Yu. M., Syrovoy V. V. Pozhezhna taktyka. – Kh.: Osnova, 1998.

3. Nastanova z orhanizatsii hazodymozakhysnoi sluzhby v pidrozdilakh

Operativno-riativalnoi sluzhby tsyvilnoho zakhystu MNS Ukrainy. – Nakaz MNS Ukrainy vid 16.12.2011 № 1342.

4. Spravochnyk rukovodytelia tushenyia pozhara, Yvannykov V. P., Klius P. P., Stroizdat. – 1987 h.

5. Peny. Poluchenye y prymenenye. Chast 2. Prymenenye vozdušno-mekhanicheskoi peny y smachyvatelei pry tushenyyu pozharov. – Moskva, 1973 h.

6. Peny. Polucheniye u pryameniye. Chast 1. Fyzyko-khymiya pen. – Moskva, 1972 h.

7. Peny. Polucheniye u pryameniye. Chast 3. Metody polucheniya u oblasti pryameniya pen. – Moskva, 1974 h.

8. Kudriavtsev A. A. Vozdushno-mekhanicheskaya pena kak sredstvo pylepodavleniya «Bezopasnost truda v promyshlennosti», № 8, 1970.

9. Nyktyyn V. S., Todradze K. N. «Penohenerator VTsNYOT». Nauchnye raboty instytutov okhrany truda VTsPSPS. Vypusk 72. – M.: Profyzdat, 1971 h.

10. Ydelchik Y. E. Opredeleniye koeffytsyentov soprotivleniya pry ystechenyy cherez otverstyia. «Hydrotekhnicheskoe stroitelstvo». – № 5. – M., 1960.

*О. Н. Мирошник, д-р техн. наук, доцент, О. Н. Землянский, канд. техн. наук, доцент,
Н. Н. Пелипенко, канд. пед. наук,*

*Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля
Национального университета гражданской защиты Украины*

КОМПАКТНЫЙ ГЕНЕРАТОР ПЕНЫ СРЕДНЕЙ КРАТНОСТИ

В статье рассмотрен компактный генератор пены средней кратности для тушения пожаров. Описан ход проведения звеном газодымозащитной службы разведки в задымленном помещении. Обоснована целесообразность его создания и применения, которая заключается в том, что звену газодымозащитной службы не приходится возвращаться за генератором пены в случае необходимости. Это позволяет сохранить мобильность и оперативность его действий и ускорить введение огнетушащих веществ в очаг пожара. Теоретически проанализированы возникновение явления пенообразования, на основе чего предпринята попытка экспериментального изучения механизма пенообразования в четырех режимах в зависимости от давления в системе напора воды. Рассмотрены основные переносные генераторы пены средней кратности, которые находятся на вооружении оперативно-спасательных подразделений, очерчено их строение, которое исключает возможность удобной их транспортировки и переноски. Описаны основные конструктивные элементы, их размеры с обоснованием с помощью формул,

представлены наглядные рисунки и приведены ситуации эффективного применения генератора. Проведены экспериментальные исследования и приведены цифровые данные по производительности использования разработанного пеногенератора, в частности по кратности и подаче пены, которые он способен обеспечивать в экспериментальных условиях. Проведено сравнение предложенного компактного генератора пены средней кратности с известными ранее и выделены его преимущества. Сделаны выводы и приведены научно-практические результаты работы, среди которых можно выделить то, что вопрос компактных генераторов пены средней кратности до сих пор не исследовался, имеющиеся на вооружении генераторы имеют определенные недостатки, разработанный генератор значительно меньше и легче, чем известные до сих пор аналоги, не уступая при этом им в производительности.

Ключевые слова: *генератор пены средней кратности, пена, конструкция ГПС, звено газодымозащитной службы.*

*O. Miroshnik, doctor of science, docent, O. Zemlianskyi, PhD., docent, M. Pelypenko, Ph. D.,
Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes
of National University of Civil Defence of Ukraine*

MEDIUM-SIZED FOAM GENERATOR

The article deals with a compact medium-sized foam generator for extinguishing fires. The course of conducting exploring by a unit of gas-smoke-protecting service in a smoky room is described. The feasibility of its creation and application is substantiated, which means that the unit of the gas-smoke protection service does not have to return behind the foam generator if necessary. This allows the mobility and timeliness of its actions to be retained and to accelerate the introduction of extinguishing agents into the fire. The occurrence of foaming phenomenon is theoretically analyzed, on the basis of which an attempt was made to experimentally study the foaming mechanism in four modes, depending on the pressure in the water head. The main portable foam generators of medium multiplicity, with which operational and rescue units are armed, are considered, and their structure is examined, which eliminates the possibility of their convenient transportation and transfer. The basic structural elements are described, their sizes are substantiated by formulas, the illustrations

are given and the situations of efficient use of the generator are given. Experimental studies have been carried out and digital data on the performance of the developed foam generator are given, including the multiplicity and foam yield that it is capable of providing under the experimental conditions. Comparison of the proposed compact medium foam generator with the known ones is presented and its advantages are highlighted. The conclusions and scientific and practical results of the work are made, among which it is possible to point out that the issue of compact foam generators of average multiplicity has not been investigated yet, the available generators have certain disadvantages, the developed generator is much smaller and lighter than the known analogues so far, not inferior to the this in performance

Keywords: *medium-sized foam generator, foam, construction of medium-sized foam generator, link of gas and smoke protection service.*