

УДК 614.841

РОЗРОБЛЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ЗРАЗКА СИСТЕМИ ПІННОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ, ЩО СПОЖИВАЄ СТИСНЕНЕ ПОВІТРЯ (CAFS)

О.Ф. Нікулін, д-р техн. наук, А.І. Кодрик*, канд. техн. наук, О.М. Тітенко, канд. техн. наук, В.В. Присяжнюк

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 13.11.2018

Пройшла рецензування: 28.11.2018

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

компресійна піна, піноутворювач, адгезія, стійкість піни.

АНОТАЦІЯ

Аналіз відомих конструкцій систем пінного пожежогасіння, що споживає стиснене повітря, а також результати їх досліджень за кордоном, дозволили сформулювати основні принципи напрямки розвитку та вимоги до експериментального зразку системи пінного пожежогасіння, що споживає стиснене повітря. Особливу увагу приділено аналізу та розробкам малогабаритних пересувних та переносних установок, які можуть бути адаптовані під існуюче пожежно-технічне оснащення та пожежну техніку.

Загальна тенденція при проектуванні різноманітних конструкцій, особливо складних, побудованих на внутрішній взаємодії окремих структурних одиниць - є розробка математичної моделі, що передбачає конструктивним рішенням та часто є розрахунковою основою для них. На основі математичної моделі розроблено експериментальний лабораторний зразок системи пінного пожежогасіння для вивчення можливостей отримання компресійної піни з використанням вітчизняних піноутворювачів. Доведена можливість отримання компресійної піни за запропонованою схемою з використанням вітчизняних піноутворювачів загального призначення.

Згідно з статистичними даними, як в Україні так і у світі близько 95 % пожеж гасять із застосуванням води. На практиці існує ряд проблемних питань щодо її застосування, а саме: потреба у значній її кількості, забезпечення нормативних витрат та тиску, що особливо актуально для висотних будинків та будинків підвищеної поверховості, а також за необхідності подавання вогнегасної речовини на значні відстані, завдання суттєвих матеріальних збитків унаслідок пошкодження водою майна та затоплення суміжних приміщень, передбачення резервних вододжерел, що характерно для сільської місцевості та лісових масивів. З цієї причини задачі, пов'язані з пошуком альтернативних вогнегасних речовин і способів пожежогасіння, залишаються актуальними.

Однією з таких альтернатив є технологія пожежогасіння з використанням компресійної піни і відповідних систем типу CAFS (compressed air foam system), один з різновидів якого, удосконалений концерном GIMAEX Group S.A.S.Y. (Франція), відомий як "ONE SEVEN". Такі технології не передбачають використання великої кількості води і доволі широко застосовуються у багатьох країнах світу, зокрема, в Німеччині, Франції, США, Великій Британії тощо. До відомих виробників систем пожежогасіння, що реалізують технологію компресійної піни, належать

WellCrown International Resources Ltd (Гонконг), KSSIELER Feuerwehr und Rettungssysteme (Німеччина), Firematic Supply Co. (США), W.S. Darley, НПО "Современные пожарные технологии" (Росія) та ін. [1-5]. Піну в таких системах генерують змішуванням води, піноутворювача і повітря або азоту під тиском.

За результатами проведених аналітичних досліджень під час виконання науково-дослідної роботи [6] визначено основні параметри та технічні характеристики переносних технічних засобів пожежогасіння для генерування піни під тиском, використання яких може буди адаптовано під існуюче пожежно-технічне оснащення та протипожежну техніку.

Так, на сьогоднішній день в УкрНДЦЗ у рамках виконання науково-дослідної роботи "Провести пошукові дослідження з відпрацюванням складів вогнегасних речовин для отримання компресійної піни" розроблено експериментальний лабораторний зразок системи пінного пожежогасіння, що споживає стиснене повітря, з використанням якого проведено ряд експериментальних досліджень із застосування піноутворювачів загального призначення різних виробників України.

Сучасні системи типу CAFS складаються з трьох основних компонентів: пожежного насоса, повітряного компресора і системи

дозування піноутворювача. Принцип генерування компресійної піни (надалі – КП) полягає в примусовому введенні повітря або азоту під тиском у розчин піноутворювача (надалі – ПУ). Піна формується за рахунок тиску стисненого повітря усередині пристрою з подальшим її подаванням рукавними лініями до ручних пожежних стволів. Керує процесом змішування контролер, який задає тиск на насосі, концентрацію водного розчину ПУ і витрату повітря, тобто кратність піни; зазначені параметри підтримуються в автоматичному режимі під час гасіння пожежі. Натомість існуючі системи мають високу вартість, що значно стримує її використання підрозділами ДСНС України.

Аналіз відомих конструкцій CAFS [6], а також результатів випробування і досвіду експлуатації систем за кордоном дозволили сформулювати основні принципові напрямки розвитку та вимоги щодо експериментального зразка CAFS. Особливу увагу було приділено аналізу та розробкам [6] малогабаритних пересувних та переносних систем, використання яких може бути адаптовано під існуюче пожежно-технічне оснащення та протипожежну техніку.

Загальною тенденцією під час проектування різноманітних конструкцій,

особливо складних, побудованих на внутрішній взаємодії окремих структурних одиниць, є розробка математичної моделі (надалі – ММ), що передує конструктивним рішенням та часто є розрахунковою основою для них. Досить часто такою ММ є багатовимірною системою рівнянь алгебраїчних, диференціальних, яку можна розв’язувати, як правило, тільки чисельними методами. Сучасні програмні продукти, такі як графічне середовище імітаційного моделювання Simulink, (інтегроване в програмне середовище MATLAB), дозволяють за допомогою окремих блоків у вигляді направлених графів будувати динамічні моделі і є досить зручним інструментом для вирішення таких проблем під час описання стаціонарних та перехідних процесів у проектуванні конструкцій. В рамках зазначеної науково-дослідної роботи було створено ММ, яка описує вплив змінних чинників – тиск у системі, співвідношення витрат водного розчину ПУ і повітря, витрата водного розчину ПУ, його концентрація, побудова камери генерування піни на властивості піни. Структуру такої моделі побудовано на основі окремих самостійних блоків, що самі собою є окремими ММ. Кількість таких блоків та їх склад можуть змінюватися, модернізуватись та удосконалюватися. Схему експериментального зразка CAFS, який передбачалося побудувати з використанням результатів, одержаних із застосуванням розробленої математичної моделі, наведено на рисунку 1.

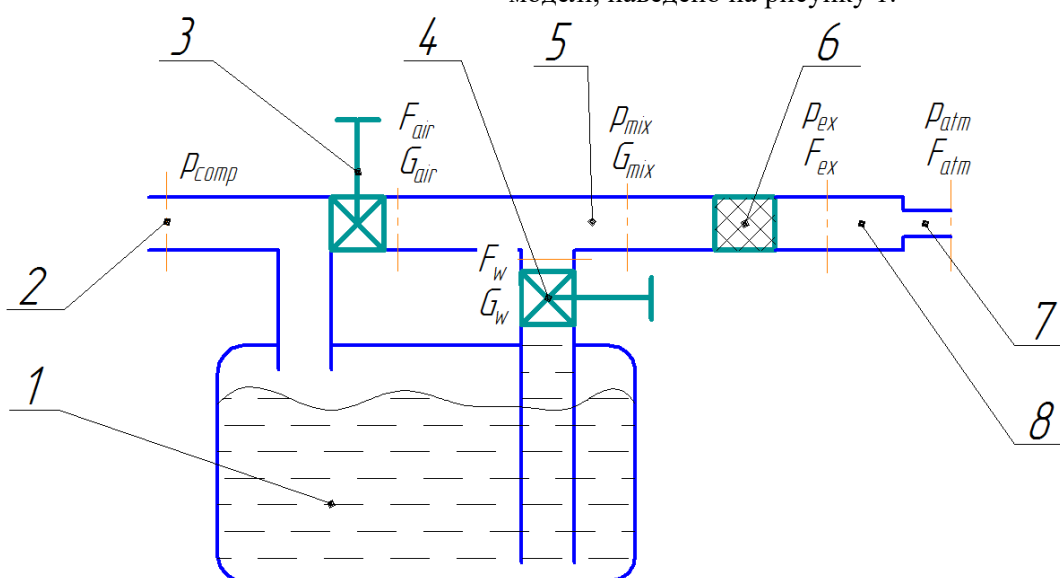


Рисунок 1 – Схема лабораторного зразка системи пінного пожежогасіння

1 – посудина з водним розчином ПУ, 2 – вхід для високого тиску, 3 – дросель газовий, 4 – дросель рідинний, 5 – камера змішування, 6 – піногенерувальна вставка, 7 – вихідне сопло, 8 – форкамера.

Водний розчин ПУ заданої концентрації заливають у посудину 1, тиск p_{comp} робочого газу (повітря), що є енергетичним джерелом роботи системи, подається до отвору 2. Витрати повітря і водного розчину ПУ регулюються відповідно дроселями: газовим 3, що має регульовану площу вихідного перерізу F_{air} і забезпечує витрату газу G_{air} , та рідинним 4, що має регульовану площу вихідного перерізу F_w і забезпечує витрату водного розчину ПУ G_w . Далі повітря змішується з водним розчином ПУ у камері змішування 5 під тиском p_{mix} за витрати G_{mix} та проходить через вставку 6, де відбувається генерування КП, що надходить у форкамеру 8, яка має площу поперечного перерізу F_{ex} вихідного сопла та знаходиться під тиском p_{ex} . Готова піна виходить через сопло поз. 7, що має площу вихідного перерізу F_{atm} .

ММ лабораторного зразка системи пінного пожежогасіння створено таким чином, що вона є об'єднує окремі блоки, кожен з яких являє собою автономну ММ зі своїми входом та виходом, за допомогою яких здійснюється взаємодія між блоками в процесі виконання загальної задачі ММ. Ці окремі блоки можна змінювати відповідно до змін конструкції установки, залишаючи незмінною тільки зовнішню оболонку (кількість входів, виходів, розмірність) окремого блока. Як основні блоки було використано блок подавання повітря, блок подавання водного розчину ПУ, блок піногенерувальної вставки, блок вихідного сопла та блоки перехідних процесів і контролю помилки.

В математичному сенсі ця ММ є еволюційною системою диференційно-алгебраїчних рівнянь, що виконує задачу опису перехідного процесу (для певних заданих параметрів) під час подавання тиску на вхідний отвір 2 дослідного зразка системи (рисунок 1) з його контролем на виході. На наш погляд, підтримання сталого тиску на вихідному отворі є однією з основних засад одержання КП з незмінними параметрами (кратність, дисперсність, стійкість, швидкість витікання води з пінних плівок), що в свою чергу є однією з передумов забезпечення належної вогнегасної ефективності такої піни.

З урахуванням розрахунків, одержаних під час математичного моделювання, виготовлено експериментальний лабораторний зразок CAFS, показаний на рисунку 2. Зразок системи складається з таких основних елементів: компресор (та/або балон

зі стисненим повітрям), посудина для водного розчину ПУ, реактор оригінальної конструкції для змішування водного розчину ПУ з повітрям та генерування піни.



Рисунок 2 – Загальний вигляд лабораторного зразка для генерування КП

Проведені дослідження лабораторного зразка з метою виявлення можливості генерування КП за запропонованою схемою з використанням піноутворювачів вітчизняного виробництва зі змінним співвідношенням витрат водного розчину ПУ і повітря, тиску у системі та витрати водного розчину з контролюванням стійкості та адгезії піни у разі її нанесення на вертикальну поверхню. Конструкцією лабораторного зразка передбачено можливість введення в систему водного розчину ПУ заданої концентрації.

Для подавання рідини в реактор використовували стиснене повітря, яке подавали компресором за регульованого тиску в діапазоні від 0 до 0,6 МПа (у конструкції передбачено можливість роботи від балона зі стисненим повітрям). Співвідношення витрат водного розчину ПУ і повітря змінювали від 1:5 до 1:20. Витрата водного розчину ПУ під час лабораторних досліджень складала 2,5-3,0 л/хв. На рисунку 3 наведено загальний вигляд піни, одержаної за різного співвідношення витрат водного розчину ПУ і повітря.



а

б

в

Рисунок 3 – Загальний вигляд одержаної піни за різного співвідношення витрат водного розчину ПУ і повітря: а – 1:5, б – 1:12, в – 1:20.
Тиск у системі 0,5 МПа.

На рисунку 4 наведено загальний вигляд компресійної піни, нанесеної на вертикальні

поверхні, за різного співвідношення витрат водного розчину ПУ і повітря.



а



б

Рисунок 4 – Зовнішній вигляд компресійної піни, нанесеної на вертикальну дерев'яну (а) та пластикову (б) поверхню, після 240 секунд витримки. Співвідношення витрат водного розчину піноутворювача і повітря складало 1:12 (а) та 1:6 (б). Тиск у системі 0,5 МПа

За результатами проведених досліджень за допомогою розробленого експериментального зразка системи CAFS підтверджено можливість генерування КП із застосуванням піноутворювачів вітчизняного виробництва.

Одержана КП має низку особливостей, а саме:

- майже відсутня рідка фаза (практично весь водний розчин ПУ перетворюється на піну);
- одержана піна має рівномірну дисперсність і товщину стінок пінних бульбашок, що уповільнює її руйнування;
- одержана піна має високу адгезію до вертикальних поверхонь.

Також встановлено, що експериментальний зразок системи CAFS можна адаптувати під існуюче пожежно-технічне оснащення та протипожежну техніку, наявну в підрозділах ДСНС України.

В подальшому заплановано провести дослідження з виявлення залежності стійкості піни, її адгезійних властивостей і вогнегасної ефективності від типу ПУ та його концентрації у розчині, тиску в системі та співвідношення витрат водного розчину ПУ і повітря.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. CAFS-Systems [Електронний Ресурс] // Waterous co. - Режим доступу: <http://www.waterousco.com/cafs-systems>.
2. Integrated CAFS system from the leader [Електронний Ресурс] // Direct industry - Режим доступу: <http://pdf.directindustry.com>.
3. Описание технологии NATISK. [Electronic resource]. - 2011. - Mode of access - Режим доступу: <http://www.specialauto.ru/catalog/524.html> - Date of access: 10.04.2012.
4. Features and Benefits of Darley Auto Compressed Air Foam [Electronic resource]. -2009. - Режим доступу: <http://www.darley.com/pumps/cafs.html> -Date of access: 25.04.2017.
5. Compressed Air Foam System [Електронний Ресурс] // Porta-CAFS - Режим доступу: <http://firematic.com/portacafs>.
6. Звіт про науково-дослідну роботу «Провести дослідження та розробити пропозиції щодо застосування переносних технічних засобів пожежогасіння для підвищення ефективності гасіння пожеж» (Переносні технічні засоби пожежогасіння)/УкрНДЦЗ – К.: 2018. – 133 с.

DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL LABORATORY SAMPLE OF FOAM EXTINGUISHING SYSTEM USING COMPRESSED AIR (CAFS)

O. Nikulin, Doct. of Sc. (Eng.), A. Kodryk, Cand. of Sc. (Eng.), O. Titenko, Cand. of Sc. (Eng.), V. Prysiazhniuk

The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

KEYWORDS

compression foam, foam generator, adhesion, foam elasticity.

ANNOTATION

The analysis of known structures of foam generating systems with compressed air, as well as the results of research on operational experiments, tests and research of systems carried out abroad, allowed to formulate basic principle requirements to technological and constructive parameters of foam generating systems with compressed air.

The general trend in the design of various structures, especially complex, built on the internal interaction of individual structural units – is the development of a mathematical model, preceding a constructive solution and often is the calculated basis for them. The created mathematical model of the process of foaming made it possible to determine the dependence of the quality of the foam obtained on the structural and technological parameters. On the basis of the developed mathematical model of foaming, a principal scheme of the process is proposed and a small-sized test facility is created for studying the possibilities of obtaining a compression foam according to the proposed scheme. The peculiarities of the work are an attempt to obtain compression foam according to the proposed scheme with the use of domestic general purpose foam generators using the modernized existing portable fire extinguishing equipment, which is at the disposal of fire units of Ukraine. Particular attention is paid to the analysis of development of small-sized mobile and portable plants, which can be used as an addition to existing fire-fighting equipment. During the experiments, the variables were the brands and concentrations of foam generators, the magnitude of air pressure in the system, and the ratio of water to air. The dependence of the quality of the foam on the change in pressure on the outlet nozzle was established, therefore, during each experiment it was controlled and maintained constant during its conduct. As a result of previous tests, the possibility of obtaining a compression foam according to the proposed scheme with the use of synthetic domestic general purpose foam generators with the use of existing fire equipment has been confirmed. The following are ways of developing work.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ОБРАЗЦА СИСТЕМЫ ПЕННОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЖАТОГО ВОЗДУХА (CAFS)

А. Ф. Никулин., д-р. техн. наук, А. И. Кодрик, канд. техн. наук, А. Н. Титенко, канд. техн. наук, В. В. Присяжнюк

Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

компрессионная пена, пенообразователь, адгезия, устойчивость.

АННОТАЦИЯ

Анализ известных конструкций систем пенного пожаротушения, потребляет сжатый воздух, а также результаты их исследований за рубежом, позволили сформировать основные принципиальные направления развития и требования к экспериментальному образцу системы пенного пожаротушения, потребляет сжатый воздух. Особое внимание уделено анализу и разработкам малогабаритных передвижных и переносных установок, которые могут быть адаптированы под существующее пожарно-техническое оснащение и пожарную технику. Общая тенденция при проектировании различных конструкций, особенно сложных, является разработка математической модели, предшествует конструктивным решением и часто является расчетной основой для них. На основе математической модели разработан экспериментальный лабораторный образец системы пенного пожаротушения для изучения возможностей получения компрессионной пены с использованием отечественных пенообразователей. Доказана возможность получения компрессионной пены по предложенной схеме с использованием отечественных пенообразователей общего назначения.