

*К.М. Остапов, к.т.н., ст. викладач, НУЦЗУ,  
В.В. Сировий, к.т.н., доцент, доцент каф., НУЦЗУ,  
Ю.М. Сенчихін, к.т.н., професор, професор каф., НУЦЗУ,  
В.Г. Аветісян, к.т.н., доцент, доцент каф., НУЦЗУ*

## УСТАНОВКА ПОЖЕЖОГАСІННЯ ДРІБНОРОЗПИЛЕНИМИ СТРУМЕНЯМИ ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИХ СКЛАДІВ

(представлено д.т.н. Кіреєвим О.О.)

Запропоновано установку гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволем колінчастого типу для гасіння пожеж в багатопверхових будівлях. Проведені експериментальні дослідження щодо встановлення параметрів її роботи. Визначено основні параметри, що дозволяють ефективно здійснювати гасіння гелеутворюючими складами, раціональні значення діаметра крапель та інтенсивність розпилення. Застосування розробленої установки дозволяє зменшити втрати гелеутворюючих складів в 1,5 рази в порівнянні з існуючими засобами гасіння гелеутворюючими складами та в 3,5 рази в порівнянні з гасінням водою.

**Ключові слова:** гелеутворюючі склади, подовжений ствол, установка гасіння, дрібнорозпилений струмінь, модельне вогнище.

**Постановка проблеми.** З початку 1990-х років у світі з застосуванням води ліквідувалося близько 82 % пожеж [1]. Рідинні засоби пожежогасіння на основі води знайшли найбільш поширене застосування завдяки доступності та зручності транспортування до місця пожежі. До того ж вода сприяє широким можливостям використання різних технічних засобів і тактичних прийомів, що забезпечують безпечну роботу особового складу пожежних [2]. Однак слід особливо підкреслити, що незважаючи на всі переваги води, вона має істотний недолік, який полягає у великих її втратах при стіканні з похилих поверхонь та марного zalивання нижче розташованих об'єктів, що в підсумку знижує її вогнегасну ефективність [3]. Суттєво зменшити втрати вогнегасної речовини (ВГР) (в тому числі і води), прямі і побічні збитки її використання, дозволяє застосування гелеутворюючих сполук (ГУС) [4]. При застосуванні ГУС на поверхні об'єкту пожежогасіння створюється вогнезахисний шар гелю, що досить міцно самозакріплюється на похилих і вертикальних поверхнях, а це, в порівнянні з використанням тільки однієї води, значно зменшує втрати ВГР [5]. Існуючі засоби пожежогасіння гелеутворюючими сполуками, в звичайних умовах забезпечують пожежогасіння дрібнорозпиленими струменями з невеликих, небезпечних для пожежного-рятувальника відстаней, а також, – компактними та плоско-радіальними струменями з декілька більших відстаней. Але це відбувається з не завжди достатньою ефективністю їх використання, що пов'язано з завищеними витратами компонентів ГУС [6]. Таким чином, проблема полягає в обґрунтованій розробці технічних засобів пожежогасіння дрібнорозпиленими гелеутворюючими струменями з безпечних для рятувальника відстаней.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В роботі [7] для застосування ГУС була розроблена портативна установка гасіння гелеутворюючими сполуками. Одним з недоліків запропонованої установки є використання ствола-змішувача, який дозволяв здійснювати подачу ГУС тільки компактним струменем, що призводить до надмірної їх витрати і не дозволяє їх використовувати максимально ефективно. В роботі [8] для підтвердження теоретичних розрахунків та результатів випробувань, щодо застосування ГУС для гасіння пожеж у квартирах, розроблена та виготовлена автономна установка гасіння гелеутворюючими складами (АУГГУС). Однак ця установка потребує розпилення ГУС двома окремими пристроями, що не дозволяє одному оператору достатньо точно подати ГУС на гасіння. В роботі [9] при проведенні досліджень впливу режимів подачі ГУС на результати пожежогасіння була розроблена автономна установка гасіння гелеутворюючими сполуками АУТГОС – П. Однак ця установка мала істотні недоліки: небезпечну для пожежного-рятувальника відстань подавання ГУС дистанцією в 1 метр та використання для утворення розпиленого струменя компонент ГУС – стисненого повітря. В роботі [10] для реалізації використання ГУС на практиці розроблена автономна установка гасіння гелеутворюючими сполуками АУГГУС – М. Габарити, вага, залучення декількох рятувальників (мінімум 3 особи) та спеціальної техніки для транспортування до місця гасіння пожежі є недоліками даної установки.

**Постановка завдання та його вирішення.** Метою роботи є удосконалення установки гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом, яка дозволяє здійснювати гасіння з безпечної для рятувальника відстані за умови забезпечення оптимальної дисперсності та інтенсивності струменю гелеутворюючих складів.

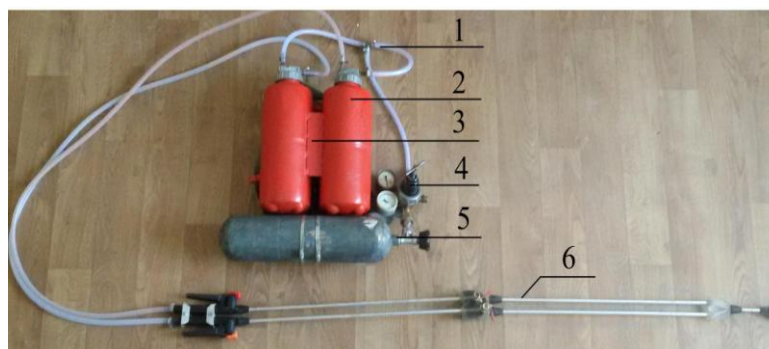
Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

– обґрунтувати основні шляхи створення фізичної моделі (зразка) ранцевої установки пожежогасіння дрібнорозпиленними струменями гелеутворюючих складів з раціональними значеннями дисперсності їх крапель при різній інтенсивності подачі, що забезпечує безпеку ефективного пожежогасіння;

– провести дослідження параметрів установки гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом колінчастого типу.

Для реалізації подачі дрібнорозпиленого струменя ГУС з безпечної для рятувальника відстані, розроблено нову конструкцію установки гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом колінчастого типу, конструкція якої зображена на рис. 1. В основу її конструювання поставлено завдання зменшення витрат ГУС з одночасним забезпеченням безпечної дистанції від пожежного-рятувальника до осередку пожежі (для переносних засобів пожежогасіння мінімум 3 м). Поставлене завдання вирішується шляхом використання в новій установці подовженого ствола, який містить трубки для магістрального паралельного подання рідинних компонент ГУС і встановленого на їх вихідних кінцях об'єднувального насадка-змішувача з розпилювачем. При цьому для подовження ствола його виготовлено у вигляді 2–3-х колінчастої конструкції. Вихідні кінці якої об'єднані насадком-змішувачем з розпи-

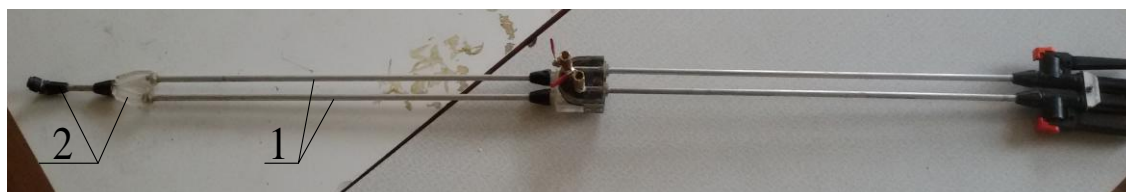
лювачем, де потоки рідинних компонент ГУС з'єднуються та подрібнені розпилювачем їх краплі подаються на осередок пожежі.



**Рис. 1.** Установка гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом колінчастого типу: 1 – система сполучних гнучких шлангів; 2 – ємності з розчинами ГУС; 3 – рама установки; 4 – редуктор з показниками тиску (манометрами); 5 – балон зі стисненим повітрям; 6 – подовжений колінчастий ствол

Основним елементом нової установки гасіння гелеутворюючими складами є подовжений колінчастий ствол-змішувач з розпилювачем (рис. 2), що дозволяє змінювати дисперсність струменю ГУС. Він містить:

- трубки магістралей подання компонент ГУС (1);
- на їх вихідних кінцях спеціальний насадок-змішувач з розпилювачем (2), що дозволяє варіювати дисперсність розпилення ГУС в межах 0,5–5 мм. При цьому для подовження ствола його виготовлено у вигляді двох трубчастих магістралей як 2–3-х колінчаста конструкція з довжиною коліна в 1 м.



**Рис. 2.** Подовжений колінчастий ствол установки гасіння гелеутворюючими складами

Принцип роботи установки полягає в наступному.

За рахунок балону зі стисненим повітрям та редуктора, в ємностях з компонентами ГУС забезпечується постійне значення тиску в 4 МПа. В результаті при натисканні рукоятки ствола здійснюється подання двох незалежних струменів компонент ГУС паралельно по трубках (1, 2) колінчастого ствола. В подальшому відбувається їх змішуванням у спеціальному насадку-змішувачу та подаванням на гасіння через розпилювач (3) дрібнорозпиленого струменю ГУС.

Застосування установки гасіння з подовженим стволом колінчастого типу дозволяє здійснювати подачу дрібнорозпиленого струменя ГУС з відстані в 3–5 м, тим самим реалізуючи безпечність роботи рятувальника. Використання в конструкції розпилювача дозволяє змінювати розмір крапель ГУС, а це значно спрощує проведення експериментів, щодо визначення оптимального значення дисперсності ГУС. Компактність в складеному стані і простота розгортання в робоче

положення, забезпечує зручність транспортування і оперативності задіяння в швидко змінних умовах пожежі.

Визначення оптимального значення дисперсності та інтенсивності розпилення ГУС проводилось при порівняльних випробуваннях з гасіння модельних вогнищ 1А, що визначалася вогнегасною здатністю.

В ході попередніх дослідів розмір крапель оцінювався візуально, шляхом розгляду під мікроскопом зразка гідрофобного матеріалу (тефлону) з напиленим на його поверхню вогнегасної речовини. Для полегшення проведення спостережень розчини підфарбовувалися барвником.

Випробування проводилось на модельних вогнищах 1А, які являють собою штабель з 72 дерев'яних брусків, укладених в 12 шарів по 6 у кожному, з перерізом у вигляді квадрату зі стороною 40 мм. Для проведення випробувань у двох окремих мірних ємностях готувалися водні розчини компонентів гелеутворюючого складу, що за масовим вмістом сухих речовин відповідають оптимізованому складу.

Приготовлені розчини заливалися в установку гасіння гелеутворюючими складами. Після чого підпалювалося модельне вогнище. Через  $480 \pm 5$  с вільного горіння з навітряного боку розпочиналася подача гелеутворюючого складу. Для забезпечення безпеки пожежного-рятувальника гасіння модельного вогнища здійснювалося з відстані 3–5 м безперервним струменем (рис. 3). Інтенсивність розпилення гелеутворюючих складів регулювався зміною тиску установці.

Фіксувалася тривалість гасіння, що дорівнює проміжку часу від початку подавання розчину до припинення горіння. Результат вважався позитивним, якщо гасіння тривало до 40 с, та протягом 600 с після закінчення гасіння не спостерігалася поява полум'я. Маса вогнегасної речовини, витраченої на гасіння, визначалася шляхом зважування установки до початку гасіння і після нього.



Рис. 3. Гасіння модельного вогнища 1А установкою гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом колінчастого типу

Результати по гасінню модельного вогнища класу А представлені в табл. 1.



**Табл. 1. Результати випробувань гасіння модельного вогнища 1А установкою гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом колінчастого типу**

№ досліду	Діаметр крапель ГУС d, мм	Інтенсивність подачі ГУС I, кг/с	Маса ГУС витраченої на гасіння модельного вогнища m, кг	Час гасіння модельного вогнища t, с
1	1	0,3	3	25
2	2	0,3	3,5	30
3	3	0,3	3,5	35
4	4	0,3	4	40
5	1	0,4	3	20
6	2	0,4	3,5	25
7	3	0,4	3,5	30
8	4	0,4	4	35
9	1	0,5	2,8	15
10	2	0,5	3,3	20
11	3	0,5	3,1	25
12	4	0,5	3,8	33
13	1	0,6	2,5	20
14	2	0,6	3,1	23
15	3	0,6	3,3	24
16	4	0,6	3	30

Математичні моделі витрат маси ГУС на гасіння модельного вогнища та часу гасіння модельного вогнища представлено у вигляді полінома другого ступеня, невідомі коефіцієнти якого визначено з використанням методу найменших квадратів. Отримано наступні функціональні залежності:

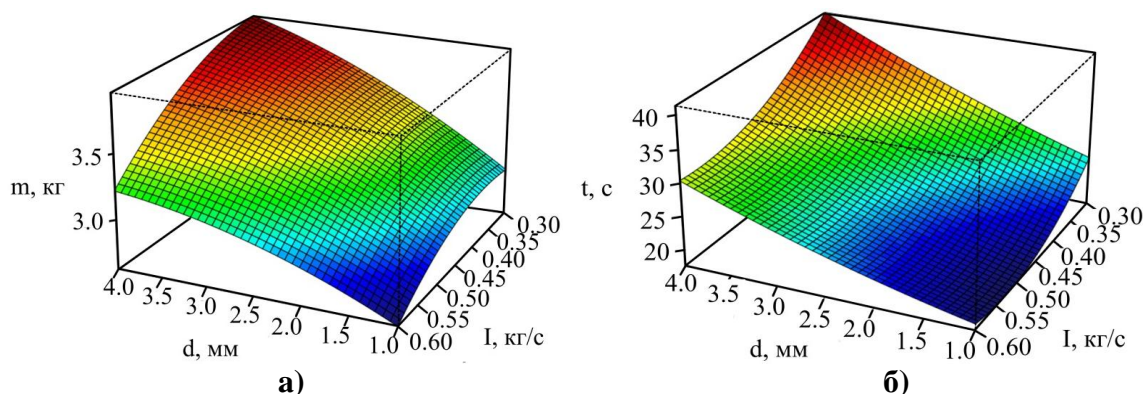
– маса ГУС, [кг]:

$$y = 1.485 + 0.66575 \cdot x_1 + 5.3875 \cdot x_2 - 0.04375 \cdot x_1^2 - 0.41 \cdot x_1 \cdot x_2 - 6.875 \cdot x_2^2;$$

– час гасіння, [с]:

$$y = 53.025 + 5.035 \cdot x_1 - 152 \cdot x_2 + 0.375 \cdot x_1^2 - 4.8 \cdot x_1 \cdot x_2 + 150 \cdot x_2^2.$$

В наведених залежностях, які графічно зображено на рис. 4, параметр – діаметр крапель ГУС, мм; – інтенсивність подачі ГУС, кг/с.



**Рис. 4. Графіки функціональних залежностей: а – витрати маси ГУС на гасіння модельного вогнища; б – витрата часу на гасіння модельного вогнища**

Використання проведених розрахунків в системі R дозволило оцінити значимість всіх коефіцієнтів регресії за критерієм Стюдента при рівні значимості  $\alpha=0,01$  і числі степенів свободи  $N_0=10$ . Довірчий інтервал склав  $\pm 0,125$  кг для відхилення маси ГУС та  $\pm 0,93$  с для часу гасіння модельного вогнища. Отримані моделі перевірено на адекватність за критерієм Фішера (F-критерій) при рівні значимості  $\alpha=0,01$ . Розрахункове значення F-критерію склало 16,55 та 77,86 для двох моделей відповідно, що суттєво більше табличного значення  $F^*=5.67$  для рівня значимості  $\alpha=0,01$  та ступенів свободи  $\kappa_1=4$ ,  $\kappa_2=11$ . Отже, всі побудовані моделі є адекватними з гарантією 99,0 %. Використання як наведених моделей, так й табличних даних випробувань гасіння модельного вогнища 1А, дозволяє визначити раціональні значення розміру крапель 1 мм та інтенсивності розпилення ГУС 0,6 кг/с.

**Висновки.** 1. Запропоновано установку гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом колінчастого типу для гасіння пожеж в багатопверхових будівлях. Розглянуто та наведено принцип роботи установки пожежогасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом. Конструктивність удосконаленої установки, дозволяє здійснювати гасіння ГУС з безпечної для пожежного рятувальника відстані в 3–5 метрів та змінювати дисперсність розпилення ГУС, від компактного струменя до крапель розміром в 0,5 мм. Компактність в складеному стані і простота розгортання в робоче положення розробленої конструкції установки, забезпечує зручність транспортування одним рятувальником і оперативності задіяння в швидко змінних умовах пожежі. Таким чином, розроблена конструкція установки зумовлює ефективне її використання на практиці.

2. Проведені експериментальні дослідження щодо встановлення параметрів роботи установки гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом колінчастого типу. Визначено основні параметри, що дозволяють ефективно здійснювати гасіння ГУС, раціональні значення діаметра крапель 1 мм та інтенсивність розпилення 0,6 кг/с. Встановлено, що такі параметри розпилення гелеутворюючих складів дозволяють отримати їх вогнегасну здатність в 0,42 кг/м<sup>2</sup>. Таким чином, застосування розробленої установки дозволяє зменшити втрати гелеутворюючих складів в 1,5 рази в порівнянні з існуючими засобами гасіння ГУС та в 3,5 рази в порівнянні з гасінням водою.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Brushlinsky N. N., Ahrens M., Sokolov S. S., Wagner P. World Fire Statistics : International Association of Fire and Rescue Services. 2017. № 22. P. 56.
2. Norman J. Fire Officers Handbook of Tactics : South Sheridan Road Tulsa. Oklahoma, 2012. P. 311.
3. Dubinin D., Korytchenko K., Lisnyak A., Hrytsyna I., Trigub V. Improving the installation for fire extinguishing with finely-dispersed water. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. 2(10 (92)). P. 38–43. doi: 10.15587/1729-4061.2018.127865.
4. Galla S., Stefanicky B., Majlingova A. Experimental comparison of the fire extinguishing properties of the firesorb gel and water. 7th International

al Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2017. № 17(51). P. 439-446. doi: 10.5593/sgem2017/51/S20.058.

5. Stefanick B., Poledňák P., Rantúch P., Balog K. Assessment of wood fire protection effectiveness using blocking gel Firesorb. Production Management and Engineering Sciences. 2016. № 4. P. 535-538.

6. Ostapov K. M., Senchihin Yu. N., Syrovoy V. V. Development of the installatio for the binary feed fgelling for mulations to extinguis hing facilities. Scienceand Education a New Dimension. Naturaland Technical Sciences. 2017. № 132. P. 75–77. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/3891>.

7. Киреев А. А. Исследование огнетушашего действия гелеобразующих составов на модельних очагах пожаров класса А из ДВП и ДСП. Проблемы пожарной безопасности. 2011. № 30. С. 83–88.

8. Савченко А. В., Островерх О. А., Семкив О. М., Холодный А. С. Результаты комплексного исследования огнетушашей эффективности гелеобразующих систем для тушения пожаров в жилых зданиях. Проблемы пожарной безопасности. 2014. № 35. С. 188–193.

9. Абрамов Ю. А., Киреев А. А. Гелеобразующие огнетушашие и огнезащитные средств повышенной эффективности применительно к пожарам класса А: монографія. Харьков: НУЦЗУ, 2015. С. 254.

10. Установка дистанційного гасіння пожеж гелеутворюючими сполуками: патент 118440 Україна. № 201701600; Заявл. 20.02.2017; Надр. 10.08.2017, Бюл. № 15. 5 с.

*Отримано редколегією 01.10.2019*

К.М. Остапов, В.В. Сировий, Ю.М. Сенчихин, В.Г. Аветісян

**Экспериментальное исследование установки тушения гелеобразующими составами с удлиненным стволом коленчатого типа**

Предложена установка тушения гелеобразующими составами с удлиненным стволом коленчатого типа для тушения пожаров в многоэтажных зданиях. Проведенные экспериментальные исследования по установлению параметров ее работы. Определены основные параметры, позволяющие эффективно осуществлять тушение гелеобразующими составами, рациональные значения диаметра капель и интенсивность распыления. Применение разработанной установки позволяет уменьшить потери гелеобразующих составов в 1,5 раза по сравнению с существующими средствами тушения гелеобразующими составами и в 3,5 раза по сравнению с тушением водой.

**Ключевые слова:** гелеобразующие составі, удлиненный ствол, установка тушения, мелкораспыленная струя, модельный очаг.

K. Ostapov, V. Sirovoj, Y. Senchykhin, V. Avetisyan

**Experimental investigation of installation of gel-forming compounds with long-term temperature**

It is proposed to install extinguishing gel-forming formulations with elongated crank type for extinguishing fires in multi-storey buildings. Experimental studies have been carried out to determine the parameters of its operation. The basic parameters are determined, which allow to efficiently carry out quenching of GUS, rational values of droplet diameter and spraying intensity. Application of the developed installation allows to reduce losses of gel-forming compositions by 1.5 times in comparison with existing means of extinguishing GUS and by 3.5 times in comparison with extinguishing water.

**Keywords:** gel-forming formulations, elongated barrel, extinguishing installation, finely dispersed jet, model hearth.