

УДК 641.841

К. М. Остапов, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0002-1275-741X)
Ю. М. Сенчихін, к.т.н., проф., проф. каф. (ORCID 0000-0002-5983-2747)
В. Г. Аветісян, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0002-5986-2794)
І. М. Грицина, к.т.н., доцент, заст. нач. каф. (ORCID 0000-0002-2581-1614)
Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ПОДАВАННЯ ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИХ СКЛАДІВ УСТАНОВКОЮ ГАСІННЯ З ПОДОВЖЕНИМ СТВОЛОМ

Встановлено, що гасіння пожеж гелеутворюючими складами є перспективним напрямом підвищення ефективності гасіння, особливо в багатоповерхових будівлях і спорудах, оскільки дозволяє запобігти побічним збиткам від заливання нижніх поверхів. Для оперативного гасіння пожеж запропоновано нова установка пожежогасіння гелеутворюючими складами. У ній за рахунок використання колінчастого подовженого ствола зі спеціальним змішувачем та розпилювачем досягається раціональне використання гелеутворюючих складів. Ця нова установка дозволяє здійснювати гасіння гелеутворюючими складами з відстані 3–5 м до осередку, забезпечуючи цим безпеку пожежного-рятувальника. Сконструйовано, виготовлено і апробовано натурний зразок оригінального двох колінчастого ствола-розпилювача ранцевої установки. При проведенні експериментальних досліджень доведено, що його використання завдяки компактності в складеному стані і простоті розгортання в робоче положення, забезпечує зручність транспортування і оперативність задіяння в швидко змінних умовах пожежі. Подаванням гелеутворюючих складів у дрібнорозпиленому вигляді, досягається зниження їх витрати для гасіння вогнища, у порівнянні з раніше запропонованими технічними рішеннями у 1,5 рази. Для визначення ефективного значення дисперсності і інтенсивності розпилення гелеутворюючих складів в математичних моделях витрати на гасіння модельного вогнища та часу його гасіння використані поліноми другого ступеня. Невідомі коефіцієнти визначені стандартним методом найменших квадратів. В результаті були визначені раціональні значення діаметра крапель (1 мм) і інтенсивності подачі (0,6 л/с) гелеутворюючих складів, що забезпечило технічний оптимум їх використання. Таким чином, було встановлено, що параметри гасіння модельного вогнища 1А дрібнорозпиленими гелеутворюючими складами відповідають сумарній витраті в 2,5 кг, що в 3,5 рази менше в порівнянні з водою.

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

1. Вступ

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 заливання нижче розташованих об'єктів, що в підсумку знижує її вогнегасну ефективність [3].

Застосування води та її розчинів для гасіння шляхом дистанційної подачі в осередок пожежі компактними або розпиленими струменями дозволяє подолати відповідні відстані і сприяє гасінню пожеж у важкодоступних місцях [4]. Проте, близько 90 % всього її об'єму зазвичай марно витрачається, не беручи участі в процесі гасіння і призводячи до побічних збитків від заливання нижніх поверхів [5]. Більш того, без користі витрачена вода вимагає додаткової кількості осо-

бового складу пожежних, а головне – додаткового часу, який неприпустимо марнується при пожежогасінні в багатоповерхових будівлях [6].

Суттєво зменшити втрати вогнегасної речовини (ВГР) (в тому числі і води), прямі і побічні збитки її використання, дозволяє застосування гелеутворюючих сполук (ГУС) [7]. 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 [8].

Іншою перевагою ГУС є висока вогнезахисна дія, обумовлена охолоджуючим впливом води, що міститься у гелі. Причому, після випаровування всієї води з гелієвого шару утворюється пористий шар висушеного ксерогелю, який перешкоджає повторному займанню.

Актуальність проблеми викликана потребою подальшого розвитку технічних засобів з доставки гелеутворюючих сполук в осередок пожежі для підвищення ефективності їх застосування при гасінні пожеж в будівлях та спорудах.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Застосування ГУС дає можливість здійснювати гасіння за рахунок використання основних механізмів припинення горіння, а саме: ізоляції горючої речовини в зоні горіння, а також охолодження зони та горючої речовини [9]. В роботі [10] визначено позитивні властивості, що пов'язані з ефективністю гасіння пожеж ГУС, які суттєво впливають на гасіння. Одним з основних показників ефективності пожежогасіння гелеутворюючими складами є їх показник вогнегасної здатності. Дійсно, при гасінні твёрдих горючих матеріалів цей показник у ГУС, визначаючись співвідношенням маси вогнегасної речовини, що припадає на одиницю площі модельного вогнища пожежі, значно нижче, чим при використанні води [11]. Хоча тут треба додати, що суттєвий вплив на вогнегасну здатність гасіння гелеутворюючими складами впливає діаметр розпиленних крапель ГУС та інтенсивність їх подачі, що раніше не враховувалося.

В роботі [12] для застосування ГУС була розроблена портативна установка гасіння гелеутворюючими сполуками. Розчини компонентів гелеутворюючих сполук в цій установці розмішені у двох ємкостях. Тиск у ємкостях приладу створюється за допомогою балону зі стисненим повітрям. Забезпечення постійного значення тиску у ємкостях здійснюється редуктором прямої дії, що дає можливість регулювати тиск у межах (0,4÷0,58) МПа. Ручний ствол-змішувач регулює масову подачу вогнегасної речовини у межах (0,18÷0,22) кг/с. Кут розпилу регулюється у межах 4÷90° шляхом заміни дефлекторів у стволі-розпилювачі. Повітря та водні розчини подаються за допомогою системи гнучких шлангів із внутрішнім діаметром 8 мм. Вогнегасна здатність ГУС при гасінні портативною установкою гасіння гелеутворюючими сполуками, модельного вогнища 1А (загальна площа 6 м²) складає 1 кг/м², що на 0,5 кг/м² краще показника гасіння водою. Одним з недоліків запропонованої установки є використання ствола-змішувача, який дозволяв здійснювати подачу ГУС тільки компактним струменем, що призводить до надмірної їх втрати і не дозволяє їх використовувати максимально ефективно.

В роботі [12] для підтвердження теоретичних розрахунків та результатів випробувань, щодо застосування ГУС для гасіння пожеж у квартирах, розроблена та виготовлена автономна установка гасіння гелеутворюючими складами (АУГГУС). Подача компонентів ГУС в якій, відбувається через окремі розпилювачі, що дає

змогу, у разі необхідності, по чергово використовувати один розпилювач. Сумарна одночасна масова подача обох розпилювачів встановлена у межах $0,11 \div 0,13$ кг/с. Вогнегасна здатність ГУС при гасінні установкою АУТГОС модельного вогнища 1А складає $0,75$ кг/м², що в 2 рази краще за показник гасіння водою. Однак, основний недолік даного технічного засобу – ця установка потребує розпилення ГУС двома окремими пристроями, що не дозволяє одному оператору достатньо точно подати ГУС на гасіння.

В роботі [13] при проведенні досліджень впливу режимів подачі ГУС на результати пожежогасіння була розроблена автономна установка гасіння гелеутворюючими сполуками АУТГОС – П. В якості її каркаса використано каркас від протигаза фірми «Drager» (Німеччина). До каркасу кріпилися дві пластмасові ємності по 8 л і балон зі стисненим повітрям об'ємом 6,8 л. З метою забезпечення постійного тиску в ємностях з компонентами ГУС (0,3 МПа) використовувався редуктор прямої дії. Компоненти ГУС і повітря подавалися через систему гнучких шлангів з внутрішнім діаметром ($5 \div 8$) мм.

Установка мала регульовану витрату компонентів ГУС в межах ($5 \div 12$) кг/хв. Для забезпечення швидкого відкриття і закриття кранів при подачі рідин і газів використовувалися пристрої пістолетного типу, які забезпечували можливість як окремого, так і спільного подавання компонентів ГУС. В установці АУТГОС – П стиснене повітря подавалося в розпилювачі під тиском 0,3 МПа, тим самим забезпечуючи пневматичний розпил. Для цього в установці використовувалися форсунки пневматичного розпилювача СО – 71 (ФІЗТЕХ, Росія), які дозволяли варіювати кут факела розпиленого струменя в межах $4 \div 90^\circ$. Таким чином, установка АУТГОС – П здійснювала подавання ГУС в дрібнодисперсному стані.

Вогнегасна здатність ГУС при гасінні установкою модельного вогнища 1А складала $0,5$ кг/м², що в 3 рази краще показника гасіння водою. 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 – стислого повітря.

В роботі [14] для реалізації використання ГУС на практиці розроблена автономна установка гасіння гелеутворюючими сполуками АУТГОС – М. Установка містить несучий каркас, де встановлено дві ємності по 50 літрів для компонент ГУС і два балона зі стислим повітрям, які об'єднані редуктором прямої дії. Причому, компоненти ГУС, що містяться в ємностях під тиском стислого повітря, завдяки системі сполучних гнучких шлангів знаходяться і в стволах-розпилювачах, які мають по одному крану для їх закриття і відкриття, що пов'язано з окремою або спільною подачею компонент ГУС на об'єкт пожежогасіння.

Ця установка обладнана системою наведення стволів-розпилювачів на об'єкт пожежогасіння з верифікацією за кутами нахилу до горизонту, кутами відхилення, висоті й базовій ширині симетричного розміщення і фіксації стволів-розпилювачів.

Установка відповідає вимогам щодо безпеки її розміщення відстані до осередку пожежі, але дозволяє здійснювати подавання компонент ГУС тільки компактними та плоско-радіальними струменями, що знижує вогнегасну здатність ГУС. Вона при гасінні установкою АУТГОС – М, модельного вогнища 1А, складає $0,6$ кг/м², що лише в 2 рази краще за гасіння аналогічного осередку пожежі водою. Габарити, вага, залучення декількох рятувальників (мінімум

3 особи) та спеціальної техніки для транспортування до місця гасіння пожежі є недоліками даної установки.

Підсумовуючи викладене можна зробити висновок, що існують засоби пожежогасіння гелеутворюючими сполуками. В умовах вони забезпечують пожежогасіння дрібнорозпиленними струменями з невеликих, небезпечних для пожежного-рятувальника відстаней, а також – компактними та плоско-радіальними струменями з декілька більших відстаней. Але це відбувається з недостатньою ефективністю їх використання, що пов'язано з завищеними витратами компонент ГУС [15].

Таким чином, невирішеною частиною проблеми є необхідність обґрунтованої розробки негабаритних технічних засобів пожежогасіння дрібнорозпиленними гелеутворюючими струменями для використання пожежними-рятувальниками з безпечних відстаней. Природно ця проблема може бути вирішена тільки шляхом розроблення нових установок пожежогасіння гелеутворюючими сполуками з врахуванням вимог щодо безпеки праці та раціонального використання компонент ГУС.

3. Мета та задачі дослідження

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

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

– 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.

4. Розробка установки гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом

Для реалізації подачі дрібнорозпиленого струменя ГУС з безпечної для пожежного-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 колінчастої конструкції. Вихідні кінці якої об'єднані насадком-змішувачем з розпилювачем, де потоки рідинних компонент ГУС з'єднуються та подрібнені розпилювачем їх краплі подаються на осередок пожежі.

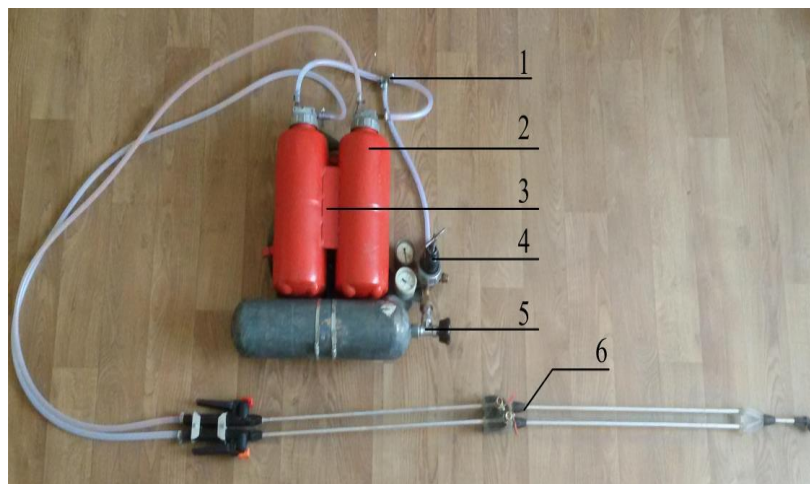


Рис. 1. Установка гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом колінчастого типу: 1 – система сполучних гнучких шлангів; 2 – ємності з розчинами ГУС; 3 – рама установки; 4 – редуктор з показниками тиску (манометрами); 5 – балон зі стисненим повітрям; 6 – подовжений колінчастий ствол

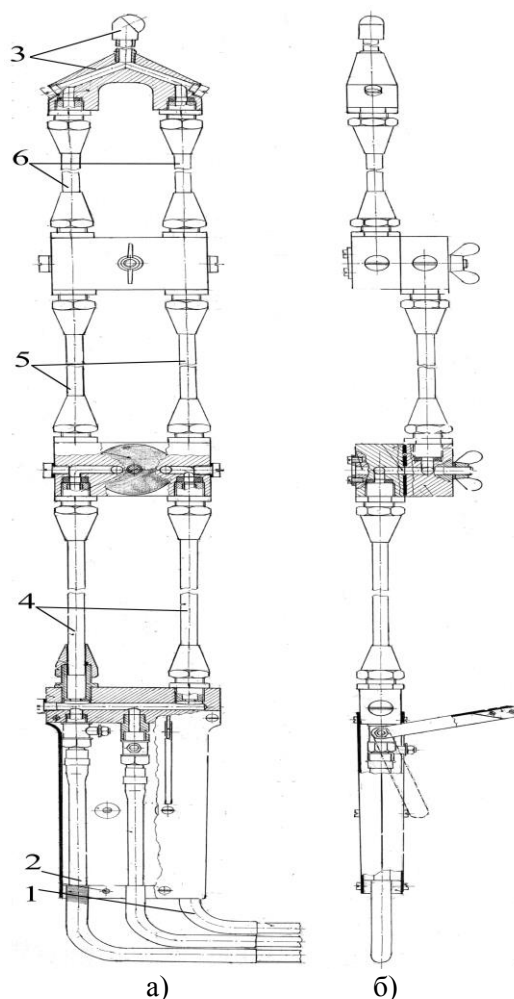


Рис. 2. Подовжений колінчастий ствол установки гасіння гелеутворюючими складами: а) фронтальна проекція; б) профільна проекція

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, 2);
- на їх вихідних кінцях спеціальний насадок-змішувач з розпилювачем (3), що дозволяє варіювати дисперсність розпилення ГУС в межах 0,5–5 мм. При цьому для подовження стволу його виготовлено у вигляді двох трубчастих магістралей як 2–3-х колінчаста конструкція (4–6) з довжиною коліна в 1 м.

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 струменя 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 пожежного-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.

5. Методика досліджень параметрів установки гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом

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 напиленням на його поверхню вогнегасної речовини (рис. 3). Для полегшення проведення спостережень розчини підфарбовувалися барвником.

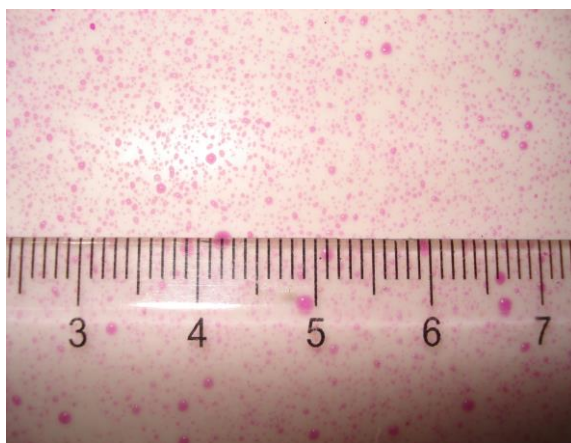


Рис. 3. Фото крапель вогнегасної речовини, отриманих при гідравлічному розпилювання на гідрофобну поверхню

Підготовка установки до роботи полягає у заповненні ємностей водними речовинами компонентів ГУС через верхні заливні горловини та закачування повітря у балон високого тиску до створення тиску у 20 МПа.

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 виготовлення модельних вогнищ використовувалися заготовки з деревини сосни звичайної з вологістю у межах (10÷14) %. Штабель розміщувався на металевій стійці з сталевих кутів розміром 500×40×4 мм, на відстані від поверхні підлоги 400 мм. Для підпалювання під штабель встановлювалось металеве деко для пального розміром 400×400×100 мм. Деко встановлювалось горизонтально, покривалося шаром води товщиною 20 мм та після чого до нього заливалось 1 л бензину А-80. Випробування проводились при швидкості вітру навколо модельного вогнища (1÷2) м/с, при температурі повітря 19 °С, температурі води, пального та водних розчинів компонентів гелеутворюючого складу 18 °С.

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 підпалювалось модельне вогнище. Через 480 ± 5 °С вільного горіння з навітряного боку розпочиналася подача гелеутворюючого складу. Для забезпечення безпеки пожежного-рятувальника гасіння модельного вогнища здійснювалось з відстані 3–5 м безперервним струменем (рис. 3). Інтенсивність розпилення гелеутворюючих складів регулювався зміною тиску в 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. 4. Гасіння модельного вогнища 1А установкою гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом колінчастого типу

Гасіння модельного вогнища 1А установкою гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом колінчастого типу представлено на рис. 4.

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

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

6. Результати дослідження параметрів установки пожежогасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом

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]:

$$y = 1.485 + 0.66575x_1 + 5.3875x_2 + 0.04375x_1^2 - 0.41 \cdot x_1 \cdot x_2 - 6.875 \cdot x_2^2 \quad (1)$$

– час гасіння, [с]:

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

В наведених залежностях, які графічно зображено на рис. 4, параметр x_1 – діаметр крапель ГУС, мм; x_2 – інтенсивність подачі ГУС, кг/с.

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 %.

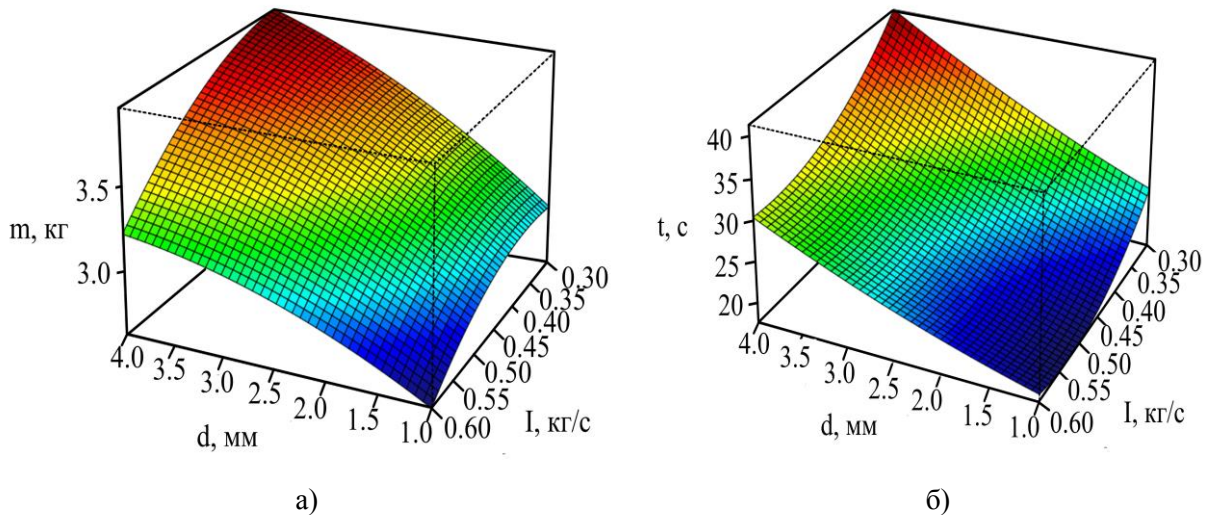


Рис. 4. Графіки функціональних залежностей: а) витрати маси ГУС на гасіння модельного вогнища; б) витрата часу на гасіння модельного вогнища

Використання як наведених моделей, так й табличних даних випробувань гасіння модельного вогнища ІА, дозволяє визначити раціональні значення розміру крапель 1 мм та інтенсивності розпилення ГУС 0,6 кг/с.

7. Обговорення результатів роботи установки пожежогасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом

Отримані результати можна пояснити тим, що гелеутворюючі склади в тій чи іншій мірі володіють усіма механізмами припинення горіння: охолодження зони горіння або палаючої речовини, розбавлення речовин, що беруть участь в горінні, ізоляція горючих речовин від зони горіння, інгібування хімічної реакції окислення. Так як основну частину таких складів представляє вода, то їм властиво висока охолоджуюча дія. При випаровуванні ГУС утворюються пари води, які забезпечують ефект розбавлення. Після випаровування води з шару гелю утворюється шар ксерогеля, який проявляє ізолюючу дію. До складу гелеутворюючої композиції можливе введення інгібіторів горіння, що дозволяє збільшити вогнегасну дію таких складів. Таким чином, організація гасіння пожеж із застосуванням гелеутворюючих сполук вважається досить перспективним напрямком, особливо в багатоповерхових будівлях і спорудах різного функціонального призначення.

Існуючі засоби пожежогасіння гелеутворюючими сполуками забезпечують гасіння дрібнорозпиленним струменем з небезпечної для пожежного-рятувальника відстані або компактними та плоско-радіальними з безпечної відстані, однак, з надмірними витратами компонент ГУС [15]. Враховуючи зазначене, використання існуючих засобів небезпечно та не достатньо ефективно. Отримані результати щодо підвищення ефективності гасіння гелеутворюючими складами забезпечуються застосуванням нової розробленої установки гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом колінчастого типу. Її конструкція дозволяє здійснювати гасіння ГУС з безпечної для пожежного-рятувальника відстані в 3–5 м. Компактність в складеному стані і простота розгортання в робоче положення, забезпечує зручність транспортування і оперативності задіяння.

Особливістю проведеного дослідження є врахування впливу на вогнегасну здатність гелеутворюючих складів, діаметра крапель та інтенсивності їх розпилення, що раніше не розглядалося. Тому для визначення оптимального значення дисперсності та інтенсивності розпилення ГУС проводились порівняльні випробування з гасіння

модельних вогнищ 1А, що характеризувало ефективність гасіння в різних режимах роботи. За результатами порівняльних випробувань отримані раціональні значення розміру крапель 1 мм та інтенсивності розпилення ГУС 0,6 кг/с, які дозволи погасити модельне вогнище 1А з витратою гелеутворюючих складів 2,5 кг. 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. Отримані результати дослідження дають підстави вважати перспективним проведення подальшої роботи в цьому напрямку.

Недоліком практичного впровадження запропонованої установки є ненадійність колінчастої конструкції подовження ствола. Дійсно, під час дослідних випробувань діючого зразка нової установки пожежогасіння було встановлено, що для забезпечення зручності варіювання подовження ствола на практиці доцільно його виготовляти 3-х або 5-ти колінчастим. А також не використовувати в серійних конструкціях алюмінієвих та полімерних матеріалів, які при тривалому впливу високих температур деформуються. Але ці питання не складно вирішити шляхом застосування сучасних вогнетривких матеріалів. Крім того, колінчастий спосіб подовження ствола може бути замінено на телескопічний, який є зручнішим.

8. Висновки

1. Запропоновано установку гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом колінчастого типу для гасіння пожеж в багатоповерхових 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 залучення 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/м². 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. Vol. 2(10 (92)). P. 38–43. doi: 10.15587/1729-4061.2018.127865

4. Korytchenko K., Sakun O., Dubinin D., Khilko Y., Slepuzhnikov E., Nikorchuk A., Tsebriuk I. Experimental investigation of the fire-extinguishing system with a gas-detonation charge for fluid acceleration. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 3/5(93). P. 47–54, doi: 10.15587/1729-4061.2018.134193

5. Chow W. K., Li Y. F. A review on study in extinguishing room fires by water mist. *Journal of Applied Fire Science*. 2013. № 11(4). P. 367–403. <https://research.polyu.edu.hk/en/publications/a-review-on-studying-extinguishing-room-fires-by-water-mist-2>

6. Pospelov B., Rybka E., Meleshchenko R., Gornostal S., Shcherbak S. Results of experimental research into correlations between hazardous factors of ignition of materials in premises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 6. Issue 10 (90). P. 50–56. doi: 10.15587/1729-4061.2017.117789

7. Galla S., Stefanicky B., Majlingova A. Experimental comparison of the fire extinguishing properties of the fire sorb gel and water. 7th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference SGEM. 2017. № 17(51). P. 439–446. doi: 10.5593/sgem2017/51/S20.058

8. 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. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/10390/1/%D0%9E%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BF%D0%BE%D0%B2.pdf>

9. Saveliev D., Khrystych O., Kirieiev O., Chyrkina M. Binary fire-extinguishing systems with separate application as the most relevant systems of forest fire suppression. *European Journal of Technical and Natural Science*. 2018. № 1. P. 31–36.

10. Савченко А. В., Островерх О. А., Хмыров И. М., Ковалевская Т. М. Оценочные испытания технологии использования гелеобразующих систем для защиты резервуаров хранения нефтепродуктов от теплового воздействия пожара. *Проблемы пожарной безопасности*. 2017. № 41. С. 154–161. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ppb_2017_41_28

11. Киреев А. А. Исследование огнетушащего действия гелеобразующих составов на модельных очагах пожаров класса А из ДВП и ДСП. *Проблемы пожарной безопасности*. 2011. № 30. С. 83–88.

12. Савченко А. В., Островерх О. А., Семкив О. М., Холодный А. С. Результаты комплексного исследования огнетушащей эффективности гелеобразующих систем для тушения пожаров в жилых зданиях. *Проблемы пожарной безопасности*. 2014. № 35. С. 188–193. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILEA=&2_S21STR=Ppb_2014_35_31

13. Абрамов Ю. А., Киреев А. А. Гелеобразующие огнетушащие и огнезащитные средства повышенной эффективности применительно к пожарам класса А: монография. Харьков: НУГЗУ. 2015. 254 с.

14. Установка дистанционного гасіння пожеж гелеутворюючими сполуками: пат. 118440 Україна : №201701600; заявл. 20.02.2017; опубл. 10.08.2017, Бюл. № 15.

15. Ostapov K. M., Senchihin Yu. N., Syrovoy V. V. Development of the installation for the binary feed fogelling for mutations to extinguishing facilities. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*. 2017. № 132. P. 75–77. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/3891>

K. Ostapov, PhD, Senior Lecturer of the Department
Y. Senchykhyn, PhD, Professor, Professor of the Department
V. Avetisian, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department
I. Gritsina, PhD, Associate Professor, Deputy Head of Department
National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

IMPROVEMENT OF SUPPLY OF GEL-FORMING COMPOSITIONS BY EXTINGUISHING UNIT WITH ELONGATED CRANKSHAFT

This new installation allows extinguishing with gel-forming compounds from a distance of 3–5 m to the center of the fire, ensuring the safety of firefighters. A full-scale sample of the original two-knee sprayer of the knapsack installation was designed, manufactured and tested. Experimental studies have shown that its use due to compactness in the folded state and ease of deployment in the working position, provides ease of transportation and efficiency of operation in rapidly changing fire conditions, especially in high-rise buildings. With the supply of gel-forming compositions in finely divided form, a reduction in their cost for extinguishing the hearth is achieved, compared to previously proposed technical solutions, 1,5 times. To determine the effective value of the dispersion and intensity of spraying of gel-forming compositions in mathematical models of the cost of extinguishing the model hearth and the time of its extinguishing, polynomials of the second degree are used. Unknown coefficients are determined by the standard least squares method. As a result, rational values of droplet diameter (1 mm) and feed intensity (0,6 l/s) of gel-forming compositions were determined, which provided the technical optimum of their use. Thus, it was found that the parameters of extinguishing the model hearth 1A finely sprayed gelling compositions correspond to a total consumption of 2,5 kg, which is 3,5 times less than water.

Keywords: gel-forming compositions, elongated barrel, extinguishing unit, finely sprayed jet, model hearth

References

1. Brushlinsky, N. N., Ahrens, M., Sokolov, S. S., Wagner, P. (2017). World Fire Statistics. International Association of Fire and Rescue Services, 22, 56.
2. Norman, J. (2012). Fire Officers Handbook of Tactics. South Sheridan Road Tulsa, Oklahoma, 311.
3. Dubinin, D., Korytchenko, K., Lisnyak, A., Hrytsyna, I., Trigub, V. (2018). Improving the installation for fire extinguishing with finely-dispersed water. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2(10 (92)), 38–43. doi: 10.15587/1729-4061.2018.127865
4. Korytchenko, K., Sakun, O., Dubinin, D., Khilko, Y., Slepuzhnikov, E., Nikorchuk, A., Tsebriuk, I. (2018). Experimental investigation of the fire-extinguishing system with a gas-detonation charge for fluid acceleration. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3/5 (93), 47–54. doi: 10.15587/1729-4061.2018.134193
5. Chow, W. K., Li, Y. F. (2013). A review on study in extinguishing room fires by water mist. Journal of Applied Fire Science, 11(4), 367–403. <https://research.polyu.edu.hk/en/publications/a-review-on-studying-extinguishing-room-fires-by-water-mist-2>
6. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Gornostal, S., Shcherbak, S. (2017). Results of experimental research into correlations between hazardous factors of ignition of materials in premises. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (10 (90)), 50–56. doi: 10.15587/1729-4061.2017.117789
7. Galla, S., Stefanicky, B., Majlingova, A. (2017). Experimental comparison of the fire extinguishing properties of the fire sorb gel and water. 7th International Multi-Fire Safety. DOI: 10.52363/2524-0226-2022-35-7

disciplinary Scientific GeoConference SGEM, 17(51), 439–446. doi: 10.5593/sgem2017/51/S20.058

8. Stefanick, B., Poledňák, P., Rantúch, P., Balog, K. (2016). Assessment of wood fire protection effectiveness using blocking gel Firesorb. *Production Management and Engineering Sciences*, 4, 535–538. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/10390/1/%D0%9E%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BF%D0%BE%D0%B2.pdf>

9. Saveliev, D, Khrystych, O, Kirieiev, O, Chyrkina, M. (2018). Binary fire-extinguishing systems with separate application as the most relevant systems of forest fire suppression. *European Journal of Technical and Natural Science*, 1, 31–36.

10. Savchenko A. V., Ostroverh O. A., Hmyirov I. M., Kovalevskaya T. M. (2017). Otsnochnyieis pyitaniya tehnologiiis polzov an iyageleobra zuyuschih sistem dlyazas chityrezer vuarov hraneniy an ftepro duktovoitetp lovogovoz deys tviya-pozhara. *Problemy ipozharnoy bezopasnosti*, 41, 154–161. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ppb_2017_41_28.

11. Kireev, A. A. (2011). Issle dovanie ognetus hashhego dejstvijagele obrazujus hihsostavov namodel'nyhochagah pozharov klassa A iz DVP i DSP *Problemy pozhar-noj bezopasnosti*, 30, 83–88.

12. Savchenko, A. V., Ostroverh, O. A., Semkiv, O. M., Holodnyj, A. S. (2014). Rezul'taty kompleks nogois sledovaniya ognetushash hejjeffektiv nostigele obrazujush hih sistem dljatushenija pozharov v zhilyhz danijah. *Problemy pozharnoj bezopasnos-ti*, 35, 188–193. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILE=&2_S21STR=Ppb_2014_35_31

13. Abramov, Ju. A., Kireev, A. A. (2015). Geleobrazujush hieognetus hashhie i ognezash hitnyesredstvapovyshhennojjeffektivnostiprimenitel'no k pozharamklassa A. *NUCZU*, 254.

14. Ustanovka dystantsiin ohohasinnia pozhezhhe leutvoriuiuchymys polukamy: pat.118440 Ukraina. №201701600; zaiavl. 20.02.2017; opubl. 10.08.2017, *Byul.* 15.

15. Ostapov, K. M., Senchykhyn, Yu. N., Sirovoi, V. V. (2017). Osobennosty pryomeneniya opitnoi ustanovky AUTHOS-M. *Naukovyi visnyk budivnytstva* 88, 276–279, URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/5807>

Надійшла до редколегії: 21.04.2022

Прийнята до друку: 14.06.2022