

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

**ОСТАПОВ КОСТЯНТИН МИХАЙЛОВИЧ**



УДК 614.84

**ДИСТАНЦІЙНЕ ПОДАВАННЯ ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН З  
ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИМИ СКЛАДОВИМИ**

21.06.02 – Пожежна безпека

**АВТОРЕФЕРАТ**  
Дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

**Харків – 2018**

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті цивільного захисту України  
Державної служби України з надзвичайних ситуацій, м. Харків.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, доцент **Росоха Сергій Володимирович**, ТОВ «Пожежно-технічне підприємство «Брандмайстер», заступник директора.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор **Бєліков Анатолій Серафимович**, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, завідувач кафедри безпеки життєдіяльності;

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник **Савченко Олександр Віталійович**, Національний університет цивільного захисту України, заступник начальника кафедри наглядово-профілактичної діяльності.

Захист відбудеться «14» червня 2018 р. о 14.30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.707.01 при Національному університеті цивільного захисту України за адресою: 61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету цивільного захисту України

Автореферат розісланий «11» травня 2018 року

Вчений секретар спеціалізованої  
вченої ради Д 64.707.01



О.А. Михайлюк

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Питання підвищення ефективності пожежогасіння є важливою задачею Державної служби з надзвичайних ситуацій України, яка далека від свого вирішення. Одним із першорядних завдань пожежогасіння, а також захисту сусідніх з пожежею об'єктів, є визначення сил і засобів, необхідних і достатніх для локалізації та ліквідації пожежі. Дослідження і впровадження в практику пожежогасіння нових вогнегасних речовин і прийомів їх подачі відповідними засобами залишаються актуальними.

На даний момент найбільш поширеною вогнегасною речовиною залишається вода. Вона доступна, відносно недорога і достатньо універсальна. Однак має істотний недолік, який полягає в порівняно великих непродуктивних втратах за рахунок стікання з похилих (вертикальних) поверхонь палаючих об'єктів, що істотно знижує її вогнегасну ефективність (час гасіння) і призводить до суттєвих побічних збитків від проливу води та її стоку, зокрема, на нижні поверхи багатоповерхових будівель. Суттєво зменшити втрати вогнегасних речовин, дозволяє застосування гелеутворюючих сполук (ГУС).

Дослідженням процесів коагуляційного структурного утворення колоїдних систем і розчинів високомолекулярних сполук, а також характеристик міцностно-деформаційного стану гелів займалися В.В. Ашкелону, А.С. Беліков, А.В. Камберфор, А.А. Кіреєв, П.А. Ребіндер, Б.А. Ржаніцин, О.В. Савченко і інші закордонні і вітчизняні вчені.

Гель на поверхні об'єкту пожежогасіння (палаючого або поруч розташованого) створює вогнезахисний шар, що перешкоджає поширенню горіння. Цей шар досить міцно самостійно закріплюється на похилих і вертикальних поверхнях (навіть на стелі), що, в порівнянні з використанням при пожежогасінні тільки води, значно зменшує втрати, пов'язані з стіканням вогнегасних речовин (ВГР).

Іншою перевагою ГУС є висока вогнезахисна дія, яка обумовлена охолоджуючою дією води, вміст якої в гелі складає 75-98%. Причому, після випаровування всієї води з гелевої суміші утворюється пористий шар висушеного гелю (ксерогель), який фактично виключає повторне займання горючого матеріалу об'єкта за рахунок своєї низької теплопровідності.

Разом з тим специфічні особливості подачі ГУС для пожежогасіння та їх тактико-технічні аспекти на даний момент майже не розглядалися, що стримує використання ГУС на реальних пожежах. У цьому сенсі попереднім аналізом було вивчено стан питання про конструктивні особливості створення технічних засобів та прийомів подачі ВГР/ГУС до осередків пожежі. Це дозволило визначити напрями удосконалення відомих пристроїв пожежогасіння. Використання відповідних методів фізичного та інших видів моделювання дає змогу вирішувати задачі гасіння пожеж на сучасному рівні. Тому розробка вдосконалених пристроїв подавання ВГР/ГУС та оптимізація їх використання – це комплексна тактико-технічна задача вирішення якої

дозволяє підвищити ефективність пожежогасіння. Одним з перспективних шляхів її вирішення є створення пристроїв доставки (у тому числі дистанційної) ВГР/ГУС до осередків загоряння з розробкою раціональних тактико-технічних прийомів. Тому питання створення нової перспективної техніки пожежогасіння та забезпечення її раціонального використання є актуальною задачею.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційне дослідження проводилося в рамках науково-дослідної роботи, відповідно до пріоритетних напрямів фундаментальних та прикладних досліджень вищих навчальних закладів та НДР ДСНС України на 2015-2017 роки (НДР на замовлення Національного університету цивільного захисту України – № 0116U002011, в якій автор приймав участь у якості відповідального виконавця).

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є забезпечення ефективності гасіння пожеж гелеутворюючими складовими за рахунок вдосконалення конструкції стволів-розпилювачів, що здійснюють дистанційну бінарну подачу компонентів ГУС, а також розробки тактики їх використання при пожежогасінні.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити **наступні завдання:**

- провести аналіз стану питання щодо використання водних розчинів ВГР і визначити оціночні характеристики насадків для пожежних стволів-розпилювачів;
- розробити нову конструкцію стволів-розпилювачів для використання при гасінні ГУС і заходи спрямовані на підвищення ефективності оперативних дій підрозділів ДСНС України при пожежогасінні;
- встановити раціональні співвідношення параметрів дистанційної бінарної подачі ГУС при гасінні пожеж і захисту сусідніх об'єктів з урахуванням їх дистанційної доставки до осередків загорянь;
- створити тактичне забезпечення до новостворених автономних систем пожежогасіння з дистанційною бінарною подачею компонентів ГУС.

**Об'єкт дослідження** – процес подачі ВГР/ГУС на об'єкти пожежогасіння.

**Предмет дослідження** – спосіб і пристрої дистанційної подачі бінарних компонентів ГУС для пожежогасіння твердих горючих речовин.

**Методи дослідження** – експериментально-теоретичні методи, метод фізичного моделювання, методи теорії прийняття рішень.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У дисертаційній роботі вирішена важлива науково-практична задача у сфері пожежної безпеки – забезпечення ефективності гасіння пожеж гелеутворюючими сполуками за рахунок використання стволів-розпилювачів, що мають нову конструкцію для забезпечення дистанційної подачі компонентів гелеутворюючих сполук, та застосування відповідних тактичних прийомів в процесі пожежогасіння. Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- вперше розроблено спосіб дистанційного пожежогасіння гелеутворюючими сполуками шляхом бінарної подачі компонентів вогнегасної речовини новими стволами-розпилювачами;
- вперше обґрунтовано тактико-технічні прийоми подачі навісних і «прямо» спрямованих бінарних потоків гелеутворюючих сполук на гасіння пожежі за допомогою стволів-розпилювачів (насадків) для дистанційної подачі плоско-радіальних струменів вогнегасної речовини;
- уточнено математичні моделі дистанційної подачі рідкофазної вогнегасної речовини, відмінною особливістю яких є урахування фізичних властивостей гелеутворюючих сполук, що дозволило визначити технічні характеристики нових стволів-розпилювачів;
- набув подальшого розвитку спосіб фізичного моделювання процесу трасування струменів компонентів гелеутворюючих сполук, відмінною особливістю якого є подавання під час експериментальних досліджень на умовні осередки пожежі або захисту у якості вогнегасної речовини підфарбованої води, що дозволило наочно візуалізувати результати натурних випробувань.

#### **Практичне значення отриманих результатів.**

Розроблено основні принципи конструювання установок і пристроїв дистанційної бінарної подачі вогнегасних сполук ВГР/ГУС для гасіння твердих горючих матеріалів (ТГМ), а також для захисту сусідніх з ними об'єктів, що дозволяє підвищити ефективність оперативних дій підрозділів ДСНС України при пожежогасінні. Зазначені розробки у комплексі визнані патентним відомством України.

Виготовлені і запатентовані натурні зразки насадка та ствола-розпилювача для подачі плоско-радіальних струменів ВГР/ГУС на відстані до 10 м і на відстані понад 10 м. Стволи пройшли успішну апробацію в умовах полігону.

Комплексний підхід до практичного використання отриманих результатів дозволив виготовити в виробничих умовах фірми ПП НПП «СПЕЦПОЖТЕХНІКА» дослідну установку АУГГУС-М для її використання при гасінні пожеж гелеутворюючими складовими в будівлях різного функціонального призначення.

Запропоновано до використання в установках типу АУГГУС конструктивні рішення, пов'язані із застосуванням прозорих балонів для зберігання запасу компонент складових ГУС, що дозволяє своєчасно реагувати і змінювати зазначені балони в складній оперативній обстановці при гасінні пожеж.

Розроблені принципи створення тактико-технічного забезпечення до нової автономної установки АУГГУС-М з дистанційною бінарною подачею компонент ГУС для гасіння пожеж.

**Особистий внесок автора.** Дана дисертація є самостійною роботою автора. Всі положення, винесені на захист, та результати їх застосування приведені в роботах [1-30]. В наукових роботах, що опубліковані у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає у наступному.

В роботах [1, 12] здобувачем проведено докладний літературний огляд щодо стану питання про подачу водних розчинів ВГР і бінарних складових ГУС на вогнище пожежі стволами-розпилювачами. В роботах [2-6, 9, 15, 17, 21] проведено експериментальні дослідження, науково оброблені і систематизовано дані, щодо подачі ВГР/ГУС до об'єктів пожежогасіння. В роботах [3, 7, 10, 11, 13, 18, 29] запропоновано новий підхід до фізичного моделювання, що дав змогу сконструювати і виготовити дослідну установку АУГГУС-М. В роботах [2, 8, 12, 15, 16, 20, 23-27, 30] отримано результати вогневих випробувань створеної дослідної установки АУТГУС-М та тактико-технічного забезпечення до неї, що було прийнято до втілення на ПП НПП «СПЕЦПОЖТЕХНІКА».

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційного дослідження викладені на: Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми цивільного захисту: управління, попередження, аварійно-рятувальні та спеціальні роботи» (м. Харків, 2015); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Метрологічні аспекти прийняття рішень в умовах роботи на техногенно-небезпечних об'єктах» (м. Харків, 2015); Міжнародній науково-практичній конференції «Чрезвычайные ситуации: Теория, практика, инновации» (м. Гомель, 2016); X Міжнародній науково-практичній конференції «Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы» (м. Мінськ, 2016); Міжнародній науково-практичній конференції «Пожежна та техногенна безпека. Теорія, практика, інновації» (м. Львів, 2016); 18 Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасний стан цивільного захисту України: перспективи та шляхи до Європейського простору» (м. Київ, 2016); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми пожежної безпеки» («Fire Safety Issues») (м. Харків, 2016); VII Міжнародній науково-практичній конференції «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» (м. Мінськ, 2016); Міжнародній науково-практичній конференції «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций: методы, технологии, проблемы и перспективы» (м. Мінськ, 2017); VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій» (м. Черкаси, 2017); VII Всеукраїнській науково-практичній конференції «Надзвичайні ситуації: безпека та захист»; науково-технічних семінарах НУЦЗ України (2015-2017 рр.).

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 30 наукових праць: 10 статей у спеціалізованих наукових виданнях, що входять до переліку МОН України, 1 стаття у зарубіжному виданні (серед опублікованих робіт 2 статті містяться в міжнародній науково-метричній базі Index Copernicus), 14 тез доповідей на конференціях; додатково відображають наукові результати дисертації 5 отриманих патентів України.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, одинадцяти додатків та переліку використаних джерел. Повний об'єм роботи складає 203 сторінки, у тому

числі 147 сторінок основного тексту. Робота проілюстрована 38 рисунками, наведено 17 таблиць. Список використаних літературних джерел складається із 121 найменувань.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету, задачі дослідження, викладено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, показано особистий внесок здобувача та апробацію результатів дисертаційного дослідження.

У **першому розділі** відмічено, що хоча пожежогасіння на основі використання традиційних конструкцій пожежних стволів з насадками для створення водяних струменів є головним способом боротьби з пожежами, воно супроводжується великою марно витраченою кількістю води, внаслідок чого доцільно перейти до використання компактних та розпиленних струменів водних розчинів, які містять добавки, що підвищують вогнегасні властивості води. Проаналізовано існуючі методи доставки гелеутворюючих сполук, хімічна взаємодія між якими дозволяє утримати вогнегасну суміш на вертикальних та похилих поверхнях. Все це вимагає розробки способу дистанційної бінарної подачі гелеутворюючих складів до осередку пожежі, для реалізацій якого необхідно створити як технічні засоби, що забезпечать подачу такої вогнегасної речовини на потрібну відстань, так і відповідні тактичні прийоми дій пожежних.

У **другому розділі** запропоновано спосіб дистанційного пожежогасіння гелеутворюючими сполуками.

Відмічено, що дистанційну подачу гелеутворюючих сполук (ГУС) повинна забезпечити мобільна установка із спеціальними стволами-розпилювачами, загальні технічні характеристики якої: робочий тиск, розмір, об'єм ємностей для вогнегасної речовини та ін. – повинні бути максимально наближеними до існуючої протипожежної техніки з метою уніфікації їх використання та відповідності вимогам, що висуваються державними стандартами. При цьому дистанційна подача гелеутворюючих сполук повинна передбачати одночасну подачу двох плоско-радіальних струменів з компонентами суміші на відстань не менше 6 метрів так, щоб не допустити передчасного або запізненого змішування вогнегасних речовин.

Виходячи з цього була розроблена мобільна установка АУГГУС-М (рис. 1), яка містить несучий каркас (раму) 1, де встановлено дві ємності 2 з підвищеною ємністю компонент розчину ГУС і два балона зі стисненим повітрям 3, що мають індикатори візуального контролю тиску в ємностях 4 і об'єднані редуктором прямої дії. При цьому компоненти ГУС, що містяться в ємностях під тиском стислого повітря, завдяки системі сполучних гнучких шлангів 5 знаходяться і в стволах-розпилювачах 6, які мають по одному крану для їх закриття і відкриття для забезпечення як окремої, так і спільної подачею компонентів ГУС на об'єкт пожежогасіння. В цій моделі реалізовано систему наведення стволів-розпилювачів 7 на об'єкт пожежогасіння з

верифікацією за кутами нахилу до горизонту, кутами відхилення, висоті й базовій ширині симетричного розміщення і фіксації стволів-розпилювачів, які встановлено на несучому каркасі (на рамі). Така конструкція забезпечує можливість дистанційної (до 10 м) та прицільної подачі ГУС на гасіння протягом 1-2 хвилин за допомогою звичайних і плоско-радіальних струменів, які вже на підступах до осередку пожежі починають утворювати гель.

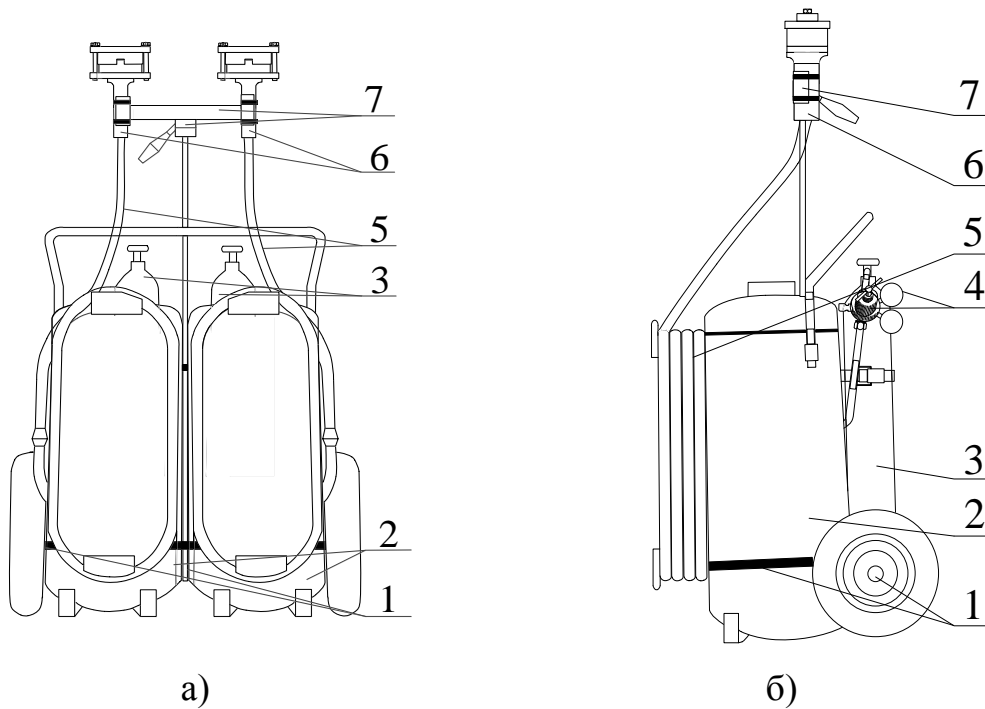


Рис. 1. Установка АУГГУС-М

а) фронтальна проекція; б) профільна проекція

- 1 – рама візка установки; 2 – ємності з водними розчинами складових ГУС;  
 3 – балони зі стисненим повітрям; 4 – редуктор з показчиками тиску (манометрами); 5 – система сполучних гнучких шлангів; 6 – два стволи-розпилювачі; 7 – пристосування для наведення стволів

Для вирішення завдань подачі ВГР/ГУС за допомогою плоско-радіальних струменів в закритих приміщеннях доведена доцільність використання спеціально розроблених стволів-розпилювачів СР-10 (рис. 2). Ствол пістолетного типу СР-10 містить порожнистий корпус (5) з деякою внутрішньою «вибіркою» матеріалу, яка об'ємно пов'язана з одного боку з вхідним циліндричним отвором (2), до якого через перехідник (3) різьбовим з'єднанням приєднаний кульовий кран (4), що регулює подачу через нього водного розчину ВГР/ГУС, а з протилежного боку з вихідним профільно-регульованим перетином, що утворюється завдяки змінним кришкам (1) зі спеціальним «П»-подібним вирізом в них (7), реалізують подачу водних розчинів плоско-радіальними струменями в атмосферу. Розмір вихідного отвору за шириною регулюється зміною кришок (1) з «П»-подібним вирізом з різною шириною перетину, а за висотою – товщиною жорстких пластин (6), що розміщуються між корпусом (5) і кришкою (1).



Така технічна реалізація дозволяє (у випадку подачі двох компонентів ГУС за допомогою двох стволів СР-10) розпилені потоки їх струменів змішувати у просторі над/перед осередком пожежі, щоб забезпечити своєчасне утворення гелю. Останній, осідаючи на вогнище, «накриває» застигаючим гелем палаючі поверхні, сприяючи тим самим більш активній локалізації та припиненню горіння частин об'єкта пожежогасіння на невеликих (до 10 м) відстанях.

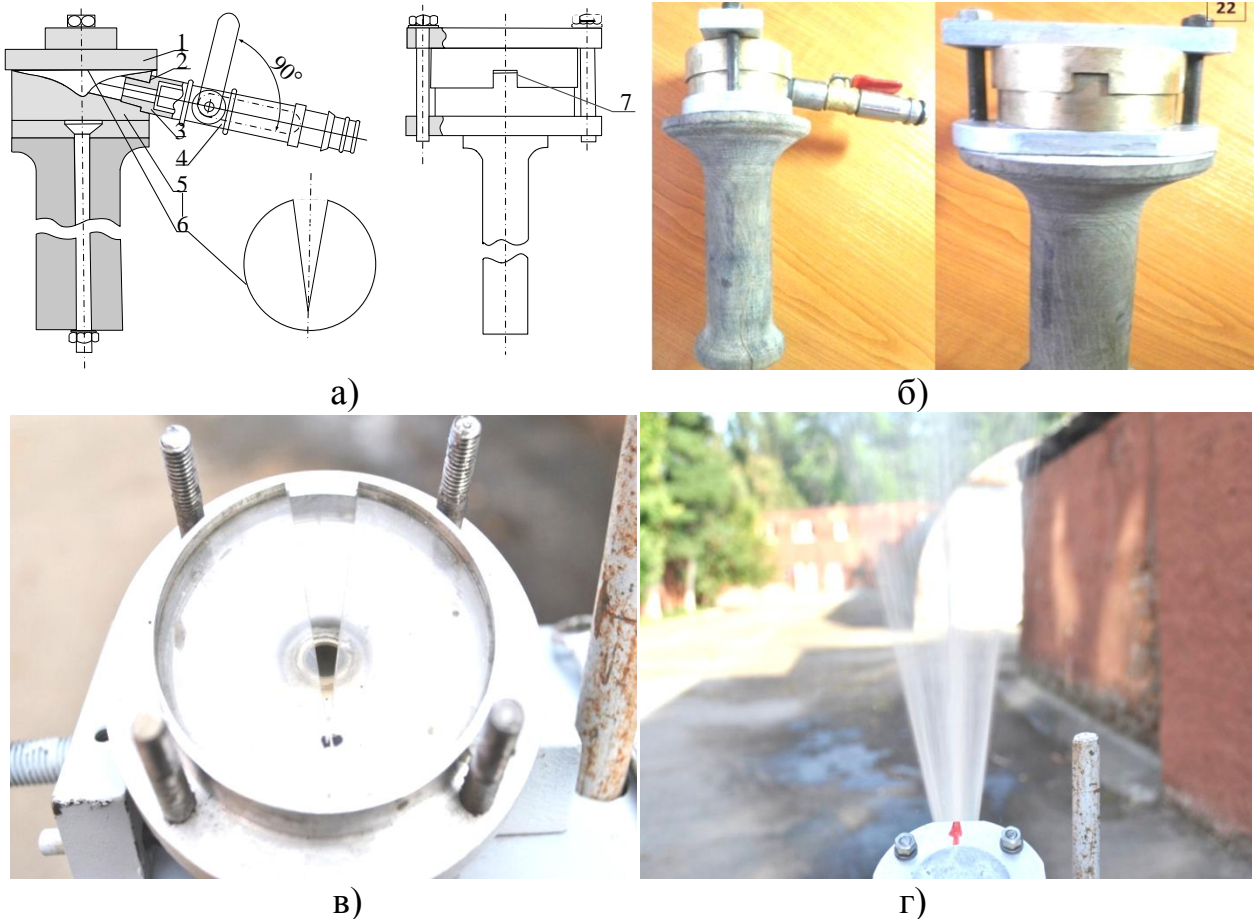


Рис. 2. Ствол-розпилювач СР-10

- а) збірна схема; б) фото загального вигляду; в) ствол з відкритою кришкою;  
г) подача струменю на відкритому просторі

Для подачі плоско-радіальних струменів ВГР/ГУС на відстані понад 10 м створено спеціальний насадок (рис. 3), який складається з вхідного циліндричного отвору (1), який може приєднуватися до рукавної лінії; корпусу (2), виконаного у вигляді плоского розтруба з двох, з'єднаних між собою половинок, що утворюють вихідний кінець у вигляді паралельних напрямків, та створюють прямокутний перетин (4); однієї або декількох циліндричних перегородок (3) з отворами малого діаметру (5), які з'єднані з корпусом 2, наприклад тим же різьбовим з'єднанням для фільтрації рідини і ділення її потоку на струмені, що формують в подальшому плоско-радіальний струмінь.

Використання додаткових циліндричних перегородок (3) з отворами малого діаметру (5) не ускладнює типову конструкцію насадка, при цьому

дозволяє фільтрувати забруднення водних потоків, трансформуючи їх в плоско-радіальні струмені. Потім ці струмені ВГР/ГУС використовуються для пожежогасіння або одним потоком струменю, або двома при змішуванні компонент ГУС над/перед осередком пожежі. Крім того, така конструкція дає можливість підвищити міцність насадка, його ремонтпридатність та ефективність застосування.

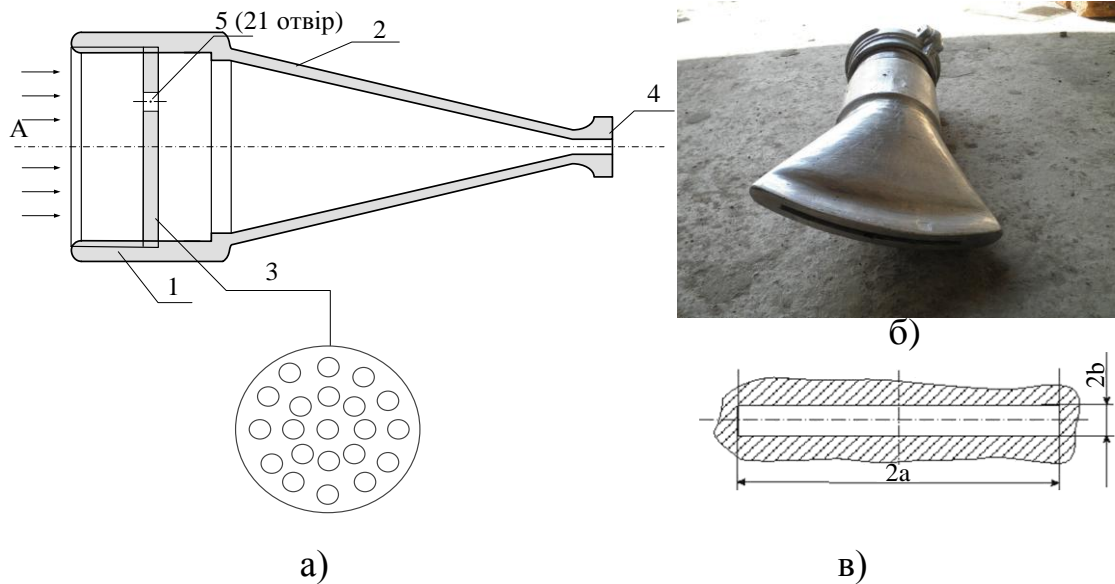


Рис. 3. Загальний вигляд конструкції і схеми елементів насадка для створення плоско-радіального струменя

а) конструктивне виконання насадка; б) фото пристрою з боку щілинного отвору; в) перетин вихідного щілинного отвору

Для визначення параметрів прицільної подачі струменів ВГР/ГУС стволами-розпилювачами при гасінні пожеж було проаналізовано траєкторію руху вогнегасних речовин у вільному повітряному просторі. Показано, що вираз для визначення висоти  $z$  над горизонтом уявної осьової лінії траєкторії крапель є остаточним при визначенні руху одного струменя у явному вигляді вздовж осьової лінії траєкторії в повітряному середовищі, опір якого пропорційний швидкості  $v$  елементарної частинки (краплі) цього струменя:

$$z = \frac{xkmg + xk^2v_0 \sin \alpha + m^2gv_0 \cos \alpha \ln \left( \frac{mv_0 \cos \alpha - xk}{mv_0 \cos \alpha} \right)}{k^2v_0 \cos \alpha} \quad (1)$$

де  $\alpha$  – кут нахилу струменя ВГР/ГУС, град;  $v_0$  – початкова швидкість польоту крапель без опору їх руху (при дії сили тяжіння), м/с;  $x$  – переміщення частинки струменя (краплі) у напрямі осі ОХ, м;  $m$  – маса частинки, кг;  $k$  – коефіцієнт опору середовища швидкості  $v$  частинки струменю;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

При цьому максимум рівня подачі такого струменя по висоті

$$z_0 = \frac{m}{k^2} \left( kv_0 \sin \alpha + mg \ln \left( \frac{mg}{mg + kv_0 \sin \alpha} \right) \right) \quad (2)$$

досягається в точці абсцис

$$x_0 = \frac{mv_0^2}{2} \frac{\sin 2\alpha}{mg + kv_0 \sin \alpha}. \quad (3)$$

Для аналізу траєкторії руху компонент ВГР/ГУС через дві завідомо відомі точки  $(x; z)$ , координати яких отримано за результатами аналізу відеозйомки, за допомогою функції Ламберта

$$W(x) = P - Q + \frac{Q}{P} + \frac{Q(Q-2)}{2P^2} + \frac{Q(6-9Q+2Q^2)}{6P^3} + \frac{Q(-12+36Q-22Q^2+3Q^3)}{12P^4} + O\left(\left\{\frac{Q}{P}\right\}^5\right) \quad (4)$$

де  $P = \ln x$ ;  $Q = \ln \ln x$  була розв'язана система рівнянь з невідомими  $\alpha$  і  $v_0$

$$\begin{cases} z_1 = \frac{x_1 k m g + x_1 k^2 v_0 \sin \alpha + m^2 g v_0 \cos \alpha \ln \left( \frac{m v_0 \cos \alpha - x_1 k}{m v_0 \cos \alpha} \right)}{k^2 v_0 \cos \alpha}; \\ z_2 = \frac{x_2 k m g + x_2 k^2 v_0 \sin \alpha + m^2 g v_0 \cos \alpha \ln \left( \frac{m v_0 \cos \alpha - x_2 k}{m v_0 \cos \alpha} \right)}{k^2 v_0 \cos \alpha}. \end{cases} \quad (5)$$

Аналіз осьових траєкторій руху струменів ГУС дозволив розробити тактико-технічне забезпечення подачі навісних і «прямо» спрямованих струменів, в основі яких лежало визначення параметрів прицільної бінарної подачі (кута нахилу стволів та початкової швидкості вильоту вогнегасних речовин) розробленими стволами-розпилювачами. Алгоритм до створення тактико-технічного забезпечення наведено на рис. 4, згідно з яким основні тактичні прийоми подачі ГУС із використанням розроблених технічних засобів зводяться до наступного:

– визначення об'єкта пожежогасіння, з точки зору його розташування (вище/нижче) зрізу стволів-розпилювачів, а також – під яким кутом нахилу він знаходиться по відношенню до осьової лінії струменів;

- розміщення у вихідній позиції стволів, в залежності від прийому подачі ГУС, на відповідні з цим відстані один від одного, з прийнятним віддаленням  $L_0$  від епіцентру пожежі, з рівними кутами відхилення  $(\psi_1, \psi_2)$  стволів до площини наведення;
- виставлення визначених розрахунковим шляхом кутів нахилу стволів  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  по відношенню до горизонту;
- надання однакових початкових швидкостей витікання  $v_0$  обом струменям-складовим ГУС, що вилітають з цих стволів.

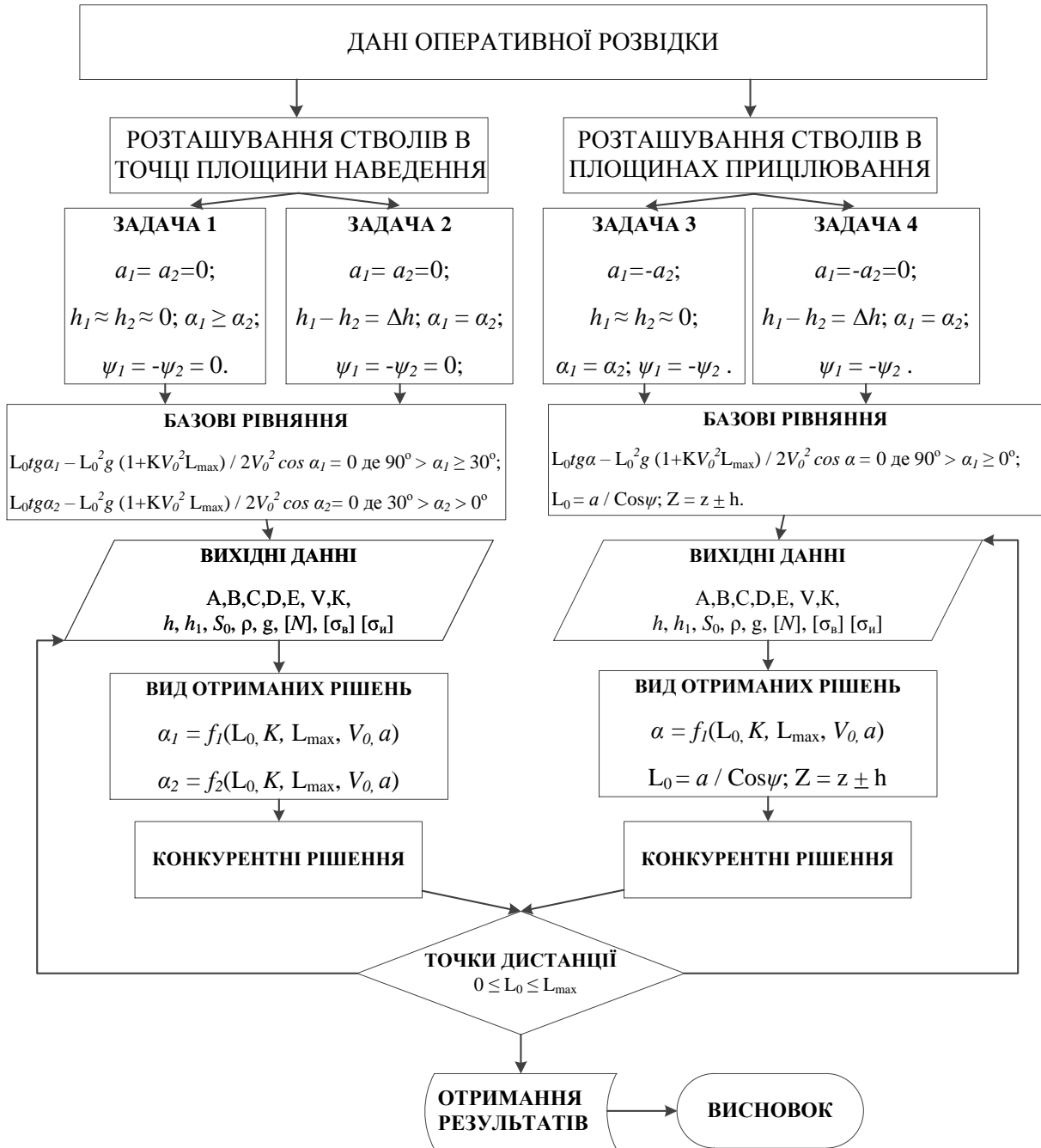


Рис.4. Алгоритм до створення тактико-технічного забезпечення гасіння пожежі за допомогою ГУС

У третьому розділі виконана перевірка достовірності реалізації способу дистанційного пожежогасіння гелеутворюючими сполуками.

Основним обладнанням, що застосовувалося при випробуваннях, були експериментальні установки АУГГУС-М. Також використовувалась два спеціально сконструйованих допоміжних пристрої для фіксації кутів нахилу  $\alpha$  і відхилення  $\psi$  стволів-розпилювачів, які розташовувалися нерухомо в площинах їх націлювання на об'єкт пожежогасіння, щоб забезпечити подачу двох незалежних потоків у вигляді розпорощених струменів ВГР/ГУС.

Було показано, що з надійністю 0,95 для зменшення кількості натурних випробувань з безпосереднім використанням ГУС під час експериментальних досліджень процесу трасування струменів компонентів гелеутворюючих сполук у якості вогнегасної речовини можна використовувати підфарбовану воду.

Аналіз руху підфарбованих струменів води (в одній робочій ємкості вода була підфарбована в червоний колір, в іншій – в синій) за допомогою фото і відео матеріалів показав, що він здійснюється параболічними траєкторіями, параметри яких (наприклад, максимальна дальність і висота подачі) залежать від кутів та робочого тиску (напору) в конкретних стволах.

За результатами експериментальних досліджень, які були виконані у відповідності до чотирифакторного композиційного ортогонального плану, щодо подачі плоско-радіальних струменів ГУС розробленими насадками, була отримана система рівнянь

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial x_1} = -0,04 + 0,008x_1 - 0,0001x_2 + 0,006x_3 + 0,0006x_4 = 0, \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} = 0,02 - 0,0001x_1 - 0,00006x_2 - 0,0003x_3 + 0,0002x_4 = 0, \\ \frac{\partial y}{\partial x_3} = 0,07 + 0,006x_1 - 0,0001x_2 - 0,006x_3 + 0,0006x_4 = 0, \\ \frac{\partial y}{\partial x_4} = 0,04 + 0,0006x_1 + 0,0002x_2 + 0,0002x_3 - 0,004x_4 = 0, \end{cases} \quad (6)$$

де  $y$  – час (с) руху краплі ГУС від ствола до мішені. Розв'язання (6) показало, що з рівнем значимості  $\alpha=0,05$  конструктивні параметри насадка (висота  $X_1=3,3$  мм та ширина  $X_2=195,8$  мм) забезпечать максимальну ефективність подачі плоско-радіальних струменів з точки зору дальності  $X_3=17,01$  м і ширини  $X_4=22,12$  м.

Графічні інтерпретації отриманих результатів, які представлені на рис. 5 і рис. 6, підтверджують те, що оцінка області раціональних геометричних параметрів насадка відповідає знайденим розмірам щілинного отвору конструкції насадка.

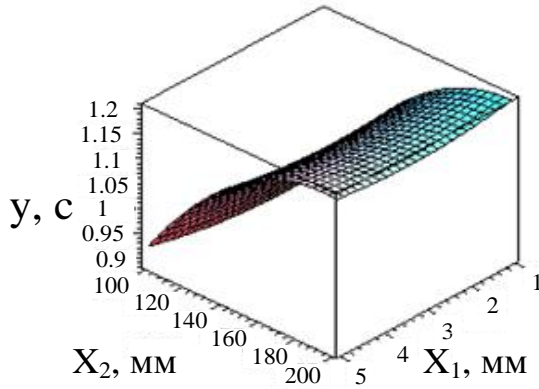


Рис. 5. Графік функції  $y$  при перетині площинами:  
 $X_1 = 3,3 \text{ мм}$ ,  $X_2 = 195,8 \text{ мм}$

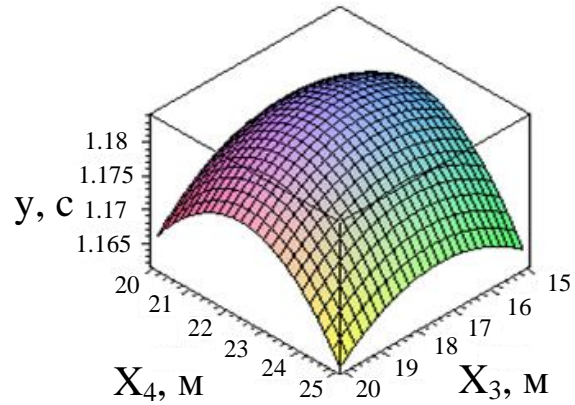


Рис. 6. Графік функції  $y$  при перетині площинами:  
 $X_3 = 17,0 \text{ м}$ ,  $X_4 = 22,1 \text{ м}$

Конструктивні параметри розробленого ствола-розпилювача СР-10 (виріз сектору жорсткої пластини  $\varphi_0=30^\circ$  при її товщині  $b=1,5 \text{ мм}$ ) підбрані за результатами експериментальних досліджень при швидкості витікання ВГР зі ствола  $V_0 = 16,2 \text{ м/с}$  під кутом  $30^\circ$  до горизонту, які забезпечують дальність до  $10,7 \text{ м}$  при ширині подачі струменя  $1,2 \text{ м}$ , що дозволяє розробленій установці АУГГУС-М «накрити» пожежу з підвищеною шириною охоплення по фронту.

Проведена експериментальна перевірка ефективності способу дистанційного пожежогасіння гелеутворюючими сполуками шляхом бінарної подачі компонентів вогнегасної речовини в умовах полігону шляхом порівняння результатів гасіння ГУС та водою модельного вогнища 1А, яке було розташоване на дистанції  $10 \text{ м}$ , за допомогою АУГГУС-М. Вогнегасна речовина подавалась із 2-х стволів-розпилювачів, встановлених на спеціальних штативах і спрямованих на вогнище в своїх площинах прицілювання під рівними кутами нахилу  $\alpha_1 = \alpha_2 = 30^\circ$  (рис. 7). При цьому, висота розміщення стволів  $h_1 = h_2 \approx h$  збігалася з рівнем майданчика модельного вогнища 1А за висотою, причому так щоб мали місце всі ознаки симетричної подачі ВГР/ГУС ( $\alpha_1 = \alpha_2$ ;  $\psi_1 = -\psi_2$ ), щодо розташуванням стволів в площині наведення їх на вогнище.



Рис. 7. Гасіння модельного вогнища 1А водою з використанням експериментальної установки АУГГУС-М

Отримані результати статистичної перевірки, показали, що з рівнем значимості  $\alpha=0,05$ , розрахованим за критерієм Стьюдента, час гасіння модельного вогнища за допомогою розробленого способу дистанційного пожежогасіння ГУС шляхом бінарної подачі вогнегасної речовини є у два рази меншим, ніж у випадку гасіння модельного вогнища за допомогою води, що підтверджує його ефективність.

У четвертому розділі розглянуті можливі варіанти впровадження отриманих результатів.

Так, тактичне забезпечення подачі вогнегасної речовини установкою АУГГУС-М доцільно доповнити визначенням варіанту (навісної або прямої) подачі гелеутворюючої суміші здійснюється шляхом вибору рішення за допомогою граф-схеми (рис. 8), що якісно реалізує функції обраної цілі, з урахуванням ситуаційних обмежень, визначених під час розвідки пожежі.

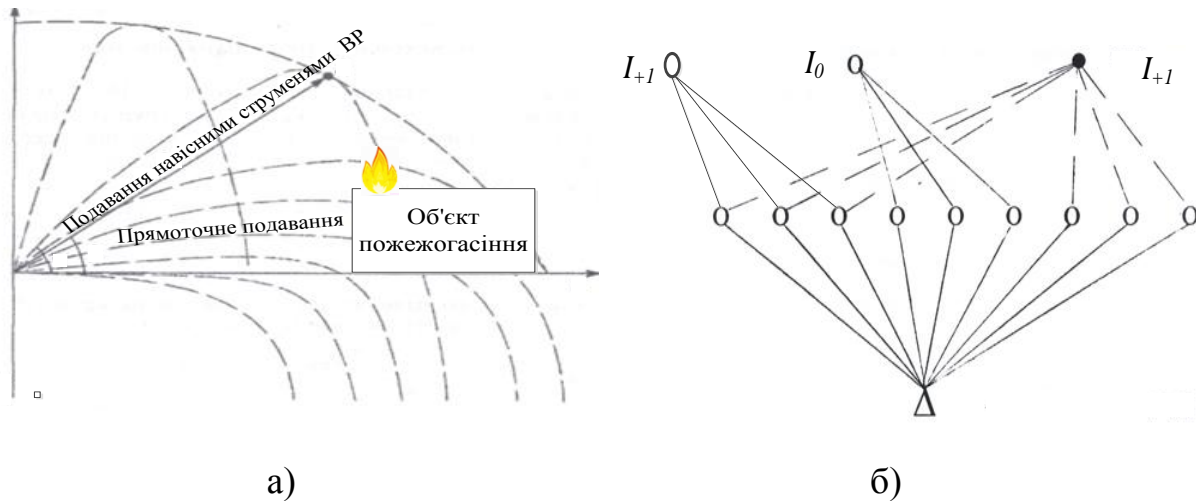


Рис. 8. Граф-схема прийняття рішення щодо варіанту подачі ВР/ГУС  
 а) навісна чи «прямо» спрямована подача струменів на об'єкт пожежогасіння;  
 б) граф-схема завдань прийняття рішень з пожежогасіння: «+1» – мета досягнута (пожежу ліквідовано); «0» – мета частково досягнута (локалізація); «-1» – мета не досягнута (локалізація не досягнута);  $j = 1, 2, 3, \dots$  – повний перелік альтернатив, з яких керівник гасіння пожежі вибирає, при використанні АУГГУС-М

При гасінні навісними струменями для потрапляння вогнегасної речовини у площину пожежі необхідно не допустити вихід осьових ліній струменів за зону вогнища пожежі, при цьому пожежогасіння з використанням гелеутворюючих сумішей є вдвічі ефективнішим (за кількість ВГР та часом гасіння) у порівнянні з гасінням водою.

Під час прийняття рішення керівником гасіння пожежі у випадку прямої подачі вогнегасної речовини доцільним є використання номограми (рис. 9), в якій реалізовані обґрунтовані співвідношення між відстанню  $L$  до епіцентру пожежі і кутом  $\alpha$  нахилу стволів-розпилювачів установки з урахуванням висоти  $Z$  прицілювання.

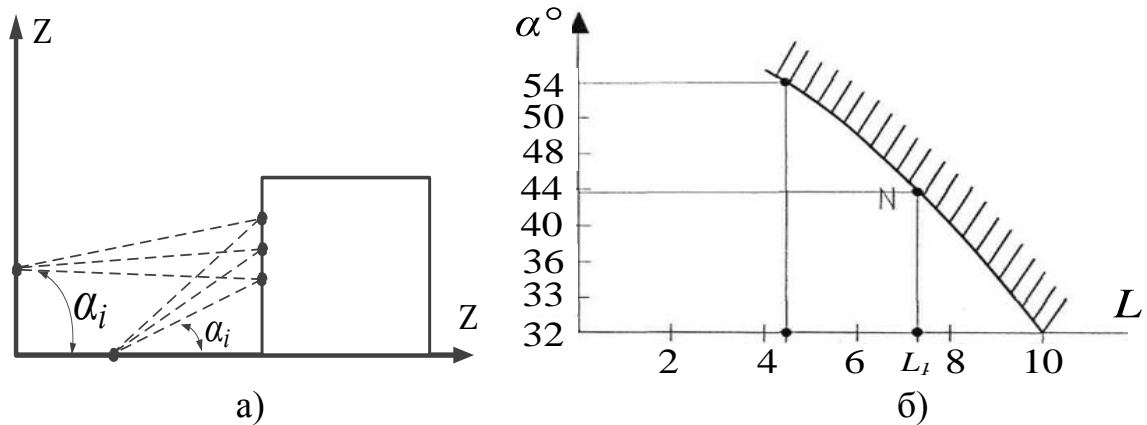


Рис. 9. «Прямо» спрямована подача струменів потоку ВГР/ГУС  
 а) графічна ілюстрація до задачі прийняття рішення керівником гасіння пожежі; б) номограма до задачі

## ВИСНОВКИ

В роботі запропоновано вирішення важливої науково-практичної задачі забезпечення ефективності гасіння пожеж гелеутворюючими сполуками за рахунок використання стволів-розпилювачів, що мають нову конструкцію для дистанційної подачі компонентів гелеутворюючих сполук, та застосування відповідних тактичних прийомів в процесі пожежогасіння.

1. За результатами аналізу особливостей пожежогасіння на основі використання традиційних конструкцій пожежних стволів з насадками для створення водяних струменів визначена доцільність розширення їх можливостей шляхом використання гелеутворюючих сполук, хімічна взаємодія між якими дозволить утримати вогнегасну суміш на вертикальних та похилих поверхнях. Внаслідок цього вимагає розробки способів дистанційної бінарної подачі гелеутворюючої суміші до осередку пожежі, для реалізації якого необхідно створити як технічні засоби, що забезпечать подачу такої вогнегасної речовини на потрібну відстань, так і відповідні тактичні прийоми в процесі пожежогасіння.

2. Розроблено спосіб дистанційного пожежогасіння гелеутворюючими сполуками шляхом бінарної подачі компонентів вогнегасної речовини стволами-розпилювачами для подачі плоско-радіальних струменів, який забезпечує їх одночасну подачу з компонентами суміші на відстань не менше 6 метрів таким чином, щоб не допустити передчасного або запізненого змішування вогнегасних речовин. Технічне забезпечення цього способу включає в себе запатентовану мобільну установку, що забезпечує цілеспрямовану дистанційну подачу струменів таким чином, щоб забезпечити накриття поверхні об'єктів, що горять, шарами гелю, за допомогою нових стволів-розпилювачів. Показано, що для прицільної подачі навісних і «прямо» спрямованих бінарних потоків гелеутворюючих сполук необхідно розташувати стволи-розпилювачи для подачі вогнегасних компонентів симетрично відносно площини наведення під однаковими кутами нахилу до горизонту відносно площини наведення та однаковими відхиленнями



відносно осі наведення, забезпечивши при цьому перетинання розпилених потоків струменів над/перед осередком пожежі.

3. Визначені основні конструктивні параметри ствола-розпилювача (виріз сектору жорсткої пластини  $\varphi_0=30^\circ$  при її товщині  $b=1,5$  мм), який передбачається використовувати для подачі плоско-радіальних струменів гелеутворюючих складів на відстані до 10 м, та насадка ствола (висота 3,3 мм та ширина 195,8 мм, що відповідає області раціональних геометричних параметрів) у разі пожежогасіння на більшій відстані. Показано, що з рівнем значимості  $\alpha=0,05$ , розрахованим за критерієм Стюдента, результати гасіння модельного вогнища за допомогою розробленого способу дистанційного пожежогасіння гелеутворюючими сполуками шляхом бінарної подачі вогнегасної речовини є у двічі кращими (як за кількістю ВГР, так і за часом гасіння), ніж у випадку гасіння модельного вогнища за допомогою води. Також, для проведення досліджень щодо вдосконалення тактичних прийомів бінарної подачі гелеутворюючої суміші до осередку пожежі з надійністю 0,95 можна використовувати підфарбовану воду.

4. Впровадження розробленого способу дистанційного пожежогасіння шляхом бінарної подачі компонентів вогнегасної речовини стволами-розпилювачами для подачі плоско-радіальних струменів показало, що його застосування при виборі варіантів (навісної або прямої) подачі гелеутворюючої суміші буде ефективним, якщо:

- у разі гасіння навісними струменями для потрапляння вогнегасної речовини у площину пожежі необхідно не допустити вихід осьових ліній струменів за зону вогнища пожежі (при цьому пожежогасіння з використанням гелеутворюючих сумішей є вдвічі ефективнішим у порівнянні з гасінням водою);

- у випадку прямої подачі вогнегасної речовини необхідно спиратись на розроблену номограму, в якій реалізовані обґрунтовані співвідношення між відстанню до епіцентру пожежі і кутом нахилу стволів-розпилювачів установки.

## **ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ ОПУБЛІКОВАНІ В НАСТУПНИХ РОБОТАХ**

### **Статті у наукових фахових виданнях**

1. Росоха С.В. Анализ процесса подачи и траектории потока струй огнетушащего вещества установкой АУТГОС / С.В. Росоха, Ю.Н. Сенчихин, А.А. Киреев, К.М. Остапов // Проблемы пожарной безопасности. – Харків: НУЦЗУ, 2015. – Вип. 38. – С. 56–65.

2. Росоха С.В. Решение задачи конструирования пожарного ствола-распылителя / С.В. Росоха, Ю.Н. Сенчихин, К.М. Остапов, Ю.Ю. Дендаренко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2016. – Вип. 89. – С. 228-233.

3. Росоха С.В. Моделирование тушения пожаров класса А бинарными гелеобразующими составами / С.В. Росоха, Ю.Н. Сенчихин,

Ю.Ю. Дендаренко, В.А. Шаломов, К.М. Остапов // Сб. науч. тр.: Строительство, Материаловедение, Машиностроение. – Днепр: ПГАСА, 2016. – Вып. 92. – С. 120–125.

4. Росоха С.В. Планирование эксперимента и конструирование насадок пожарных стволов для дистанционного тушения пожаров гелеобразующими составами / С.В. Росоха, Ю.Н. Сенчихин, К.М. Остапов, Ю.Ю. Дендаренко // Вісник кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Кременчук: КрНУ, 2016. – Випуск 4(99). – С. 94–99.

5. Росоха С.В. Повышение эффективности пожаротушения подачей огнетушащих составов бинарными потоками / С.В. Росоха, Ю.Н. Сенчихин, В.В. Сыровой, К.М. Остапов // Наук. вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2016. – Вип. 85, С. 275-280.

6. Остапов К.М. Дистанционное пожаротушение бинарными потоками огнетушащих составов / К.М. Остапов // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2016. – Вип. 86, С. 276–279.

7. Кириченко И.К. Планирование эксперимента в задачах дистанционной подачи гелеобразующих составов в очаги возгораний / И.К. Кириченко, В.В. Сыровой, К.М. Остапов // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: НУГЗУ, 2016. – Вып. 40. – С. 99–107.

8. Сенчихин Ю.Н. Тактика подачи потока струй огнетушащих составляющих установками типа АУТГОС / Ю.Н. Сенчихин, В.В. Сыровой, К.М. Остапов // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: НУГЗУ, 2017. – Вып. 41. – С. 168–176.

9. Остапов К.М. Особенности применения опытной установки АУТГОС-М / К.М. Остапов, Ю.Н. Сенчихин, В.В. Сыровой // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2017. – Вип. 88, С. 276–279.

10. Ostapov K.M. Development of the installation for the binary feed of gelling formulations to extinguishing facilities / K.M. Ostapov, Yu.N. Senchihin, V.V. Syrovoy // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. – Budapest: Rózsadomb, 2017. – Issue 132 – P. 75–77.

11. Росоха С.В. Исследование траекторий движения струй гелеобразующих составов / С.В. Росоха, В.В. Сыровой, К.М. Остапов // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: НУГЗУ, 2017. – Вып. 42. – С. 168-176.

### **Матеріали науково-технічних конференцій**

12. Киреев А.А. Об особенностях тушения пожаров гелеобразующими огнетушащими составами / А.А. Киреев, К.М. Остапов, Ю.Н. Сенчихин // Проблемы цивільного захисту: управління, попередження, аварійно-рятувальні та спеціальні роботи: міжнар. наук-прак. конф., 01-02 жовтня, 2015 р. : тези доп. – Х., 2015. – С. 73–75.

13. Остапов К.М. Исследование тактико-технических аспектов применения автономной установки тушения гелеобразующими составами / К.М. Остапов, Ю.Н. Сенчихин // Метрологічні аспекти прийняття рішень в

умовах роботи на техногенно небезпечних об'єктах: всеукр. наук.-практ. конф., 28-29 жовтня, 2015 р. : тези доп. – Х., 2015. – С. 169–171.

14. Росоха С.В. Имитационное моделирование движения огнетушащих составляющих ГОС установками АУТГОС и АУТГОС–П / С.В. Росоха, Ю.Н. Сенчихин, К.М. Остапов // Чрезвычайные ситуации: Теория, практика, инновации: мижнар. науч.-практ. конф., 19-20 жовтня, 2015 р.: тезисы докладов. – Гомель, 2015. – С. 55–56.

15. Остапов К.М. Способ имитационного моделирования подачи составляющих ГОС установками типа АУТГОС / К.М. Остапов, С.В. Росоха // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сб. матер. X межд. научн.-практ. конф. молод. учен.: курс. (студ.), слуш. магистр. и адъюнктов (аспир.) 7-8 апреля 2016 года: В 2-х ч. Ч. 1. – Минск: КИИ, 2016. – С. 151–152.

16. Сенчихин Ю.Н. К задаче о подборе рациональных параметров при конструировании пожарного ствола-распылителя / Ю.Н. Сенчихин, К.М. Остапов // Пожежна та техногенна безпека. Теорія, практика, інновації: матер. межн. наук.-практ. конф. 20-21 жовтня 2016 року. – Львів: ЛДУБЖД, 2016. – С. 449–451.

17. Остапов К.М. Разработка тактического обеспечения к принятию решений рационального (оптимального) использования АУТГОС при работе двумя стволами, подающими ГОС в очаг пожара / К.М. Остапов, Ю.Н. Сенчихин // Сучасний стан цивільного захисту України: перспективи та шляхи до європейського простору: мат. 18 всеукр. наук.-практ. конф. рят. 11-12 жовтня 2016 року. – Київ: XV Міжнар. вист. форум «Технології захисту/ПожТех – 2016». – С. 228–230.

18. Остапов К.М. Экспериментально-теоретические исследования пожаротушения гелеобразующими составами / К.М. Остапов // «Проблеми пожежної безпеки» («Fire Safety Issues») матер. межн. наук.-практ. конф. 28-29 жовтня 2016 року. – Харків: НУЦЗУ, 2016. – С. 31–35.

19. Сыровой В.В. Особенности бинарной подачи гелеобразующих составов на пожаротушение / В.В. Сыровой, К.М. Остапов, Ю.Н. Сенчихин // «Проблеми пожежної безпеки» («Fire Safety Issues») матер. межн. наук.-практ. конф. 28-29 жовтня 2016 року. – Харків: НУЦЗУ, 2016. – С. 31–35.

20. Сенчихин Ю.Н. Техническое устройство (насадок) для создания плоскорадимальной завесы с улучшенными тактико-техническими показателями / Ю.Н. Сенчихин, К.М. Остапов, Ю.Ю. Дендаренко // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. Матер. VII межд. науч.-практ. конф., Минск: НИИ ПБ и МЧС республики Беларусь – 2016 г., 520 с. – С. 251–252.

21. Остапов К.М. Пожежогасіння за допомогою установки автономного гасіння гелеутворюючими складами АУТГОС-М / К.М. Остапов, Ю.Н. Сенчихин, В.В. Сыровой // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій. Матер. VIII межн. наук.-практ. конф., 18-19 травня 2017 р.: тези доп. – Ч., 2017. – С. 251–252.

22. Дендаренко Ю.Ю. Вплив гідравлічних параметрів плоскорадіального водяного струменя-екрана на його нерозривність / Ю.Ю. Дендаренко, О.Д. Блащук, Ю.М. Сенчихін, К.М. Остапов // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій. Матер. VIII межн. наук.-практ. конф., 18-19 травня 2017 р.: тези доп. – Ч., 2017. – С. 165–166.

23. Дендаренко Ю.Ю. Удосконалення конструкції насадка на пожежний лафетний ствол для створення плоскорадіального водяного струменя-екрана / Ю.Ю. Дендаренко, О.Д. Блащук, Ю.М. Сенчихін, К.М. Остапов // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій. Матер. VIII межн. наук.-практ. конф., 18-19 травня 2017 р.: тези доп. – Ч., 2017. – С. 178–179.

24. Остапов К.М. Тактические приемы подачи огнетушащих составов с использованием АУТГОС-М / К.М. Остапов, В.В. Сыровой // Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций: методы, технологии, проблемы и перспективы. Матер. межн. заоч. наук.-практ. конф., 28 апреля 2017 г.: тезисы докл. – Минск, 2017. – С. 126–131.

25. Сенчихін Ю.М. Совершенствование устройств дистанционной доставки гелеобразующих составов к очагам возгорания / Ю.М. Сенчихін, К.М. Остапов // Надзвичайні ситуації: безпека та захист. матер. VII всеукр. наук.-практ. конф., 20-21 жовтня 2017 р.: тези доп. – Ч., 2017. – С. 171-173.

#### Патенти

26. Пат. 105235 Україна, МПК А62 С31/00. Насадок для створення плоско-радіальної водяної завіси / Росоха С.В., Сенчихін Ю.М., Голендер В.А., Остапов К.М., Дендаренко Ю.Ю., заявник і патентовласник Національний університет цивільного захисту України. – № 201508629. Заявл. 07.09.2015; Надр. 10.03.2016; Бюл. 5. – 4 с.

27. Пат. 113280 Україна, МПК А62 С13/00, А62 С35/10, А62 С37/12. Улаштування ремонтно-придатного вогнегасника / Росоха С.В., Ткачова Ю.М. Сенчихін Ю.М., Голендер В.А., Остапов К.М. - заявник і патентовласник ПП ППТП «СПЕЦПОЖТЕХНИКА». – № 201606618. Заявл. 16.06.2016; Надр. 25.01.2016; Бюл. 2. – 4 с.

28. Пат. 114070 Україна, МПК А 62 С31/00, А62 С31/02. Ствол-розпилювач з насадком для створення плоско-радіального струменю рідинної вогнегасної речовини / І.А. Лемешев, В.А. Голендер, С.В. Росоха, Ю.Н. Сенчихін, К.М. Остапов, заявник і патентовласник Національний університет цивільного захисту України. – № 201603989. Заявл. 09.09.2016; Надр. 27.02.2017; Бюл. 4. – 4 с.

29. Пат. 118440 Україна, МПК А62 С31/00, А62 С31/02. Установка дистанційного гасіння пожеж гелеутворюючими складами / Голендер В.А., Росоха С.В., Сенчихін Ю.Н., Сыровой В.В., Остапов К.М. – заявник і патентовласник Національний університет цивільного захисту України. – № 201701600. Заявл. 20.02.2017; Надр. 10.08.2017; Бюл. 15. – 5 с.

30. Пат. 116757 Україна, МПК А62С 5/033, А62С 31/00. Спосіб гасіння пожеж / Голендер В.А., Кірсєв О.О., Сенчихін Ю.Н., Росоха С.В.,

Остапов К.М., Ткачов А.Ф. – заявник і патентовласник ПП «НПП «СПЕЦПОЖТЕХНІКА»». – № 201602864. Заявл. 22.03.2016; Надр. 25.04.2018; Бюл. 8. – 5 с.

### АНОТАЦІЯ

Остапов К.М. Дистанційне подавання вогнегасних речовин з гелеутворюючими складовими. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.02 «Пожежна безпека» (261 – Пожежна безпека). – Національний університет цивільного захисту України Державної служба України з надзвичайних ситуацій, Харків, 2018.

Дисертація присвячена вирішенню науково-технічної задачі забезпечення ефективності пожежогасіння при дистанційній подачі вогнегасних речовин (ВГР) з гелеутворюючими складовими (ГУС).

В роботі приведені результати аналізу сучасного стану теорії та практики удосконалення дистанційної подачі рідинних вогнегасних речовин, зокрема з гелеутворюючими складовими, а саме, наведені переваги та недоліки використання води та водних розчинів для пожежогасіння, а також перспективи використання ГУС, що пов'язано з удосконаленням способів і засобів дистанційної подачі їх на гасіння пожеж класу А.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці вдосконаленої конструкції стволів-розпилювачів, установки та способу, які здійснюють дистанційну бінарну подачу компонентів ГУС, а також тактики їх використання, що дозволяє більш ефективно реалізовувати нові вогнегасні речовини, а саме гелеутворюючі склади. Практичне значення результатів дисертації підтверджується актами впровадження у приватне підприємство НПП «СПЕЦПОЖТЕХНІКА».

Ключові слова: гелеутворюючі склади (ГУС), тактико-технічні прийоми, фізичне моделювання, ствол-розпилювач, насадок.

### АННОТАЦИЯ

Остапов К.М. Дистанционная подача огнетушащих веществ с гелеобразующими составляющими. - Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (доктора философии) по специальности 21.06.02 «Пожарная безопасность» (261 - Пожарная безопасность). - Национальный университет гражданской защиты Украины Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям, Харьков, 2018.

Диссертация посвящена решению научно-технической задачи обеспечения эффективности пожаротушения при дистанционной подаче огнетушащих веществ (ОВ) с гелеобразующими составляющими (ГОС).

В работе приведены результаты анализа современного состояния теории и практики совершенствования дистанционной подачи жидкостных

огнетушащих веществ, в частности с гелеобразующими составляющими, а именно, приведены преимущества и недостатки использования воды и водных растворов для пожаротушения, а также перспективы использования ГОС, что связано с совершенствованием способов и средств дистанционной подачи их на тушение пожаров класса А.

Практическое значение полученных результатов заключается в разработке усовершенствованной конструкции стволов-распылителей, установки и способа, которые осуществляют дистанционную бинарную подачу компонентов ГОС, а также тактики их использования, что позволяет более эффективно реализовывать новые огнетушащие вещества, а именно гелеобразующие составы. Практическое значение диссертации подтверждается актами внедрения в частном предприятии НПП «СПЕЦПОЖТЕХНИКА».

Ключевые слова: гелеобразующие составы (ГОС), тактико-технические приемы, физическое моделирование, ствол-распылитель, насадок.

### SUMMARY

Ostapov K.M. Remote supply of extinguishants with gel forming components. Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

Dissertation for the PhD degree in technical sciences in specialty 21.06.02 «Fire safety» (261 - Fire safety). National University of Civil Defence of Ukraine, The State Emergency Service of Ukraine, Kharkiv, 2018 .

This work is devoted to solving the scientific and technical problem of ensuring the efficiency of fire extinguishing at the remote delivery of extinguishant substances (ES) with gel forming compositions (GFC).

The paper presents the results of the analysis of the current state of the theory and practice of improving the remote delivery of liquid extinguishant substances, in particular with gel forming components, namely, the advantages and disadvantages of using water and aqueous solutions for fire extinguishing, as well as the prospects of using GFC, which is associated with the improvement of methods and means for remote delivery them during extinguishing fires of class A.

Based on the analysis of domestic and foreign publications, as well as patents on the topic of the dissertation, it is determined that usage of existing methods of fire suppression using GFC solutions is not always effective, so it is appropriate. The experience of previous studies in the field of fire extinguishing with gel forming components indicates the lack of appropriate equipment and tactical and technical support, which significantly impedes their widespread usage in practice. The organization of extinguishing fires with the use of gelling compounds is considered a rather promising direction, especially in multi-storey buildings.

Experimental-theoretical studies with the use of the adapted physical modeling method have been carried out, which allows to simulate the supply of liquid ES or components of the GFC (ES/GFC) with the AESGFC type (autonomous extinguishing system with gel forming compounds). To study the motion of single and binary jets on fire extinguishing objects, two auxiliary devices

for fixing the angles of inclination of two propeller shafts, which were located motionlessly spaced apart from each other within the limits of a definite interval, were constructed and made.

The study demonstrated the identity of the physical-mechanical and hydrodynamic properties of water and some of the parameters of the GFC, which enabled within the framework of the proposed method of physical modeling, the motion of each of the components of the ES/GFC, be considered by any of the known methods, then, in the final united solution is to use the well-known superposition principle.

Thus, conditions have been created that ensure the aiming of two independent streams of ES in the form of dispersed jets simulating the movement of gel-forming components on the fire cell by special theoretical calculations.

On the basis of comparison of the results of the theory and experiment, the design models of the aiming binary feeder ES/GFC on fire extinguishing objects were developed. In addition, the simultaneous delivery of two streams of gelling components to the fire cell, two trunks from small (up to 10 meters) and from significant (more than 10 meters) distances, compact and plane-radial jets.

The obtained results became the subject of the development of a fundamentally new method of feeding the binary GFC solutions to the fire extinguishing object with hinged and «straight-forward» trajectories, which is reflected in the patent of Ukraine. To this, such an approach to fire extinguishing gel formations at appropriate distances laid the foundation for the creation of a tactical fire extinguishing system with the AESGFC type.

Construction patented method can not only improve the efficiency and safety of fire fighting, but significantly decrease consequential damages from flooding lower floors, which is typical during extinguishing fires in buildings with most common ES - water.

On the basis of research materials, a pilot plant AESGFC-M was developed, which is designed not only for the suppression of class A fires, but also suitable for research of tactical and technical characteristics and methods of remote feeding of binary gelling compounds to combustible solid fuels.

From the scientific and technical point of view, the general issues of improving existing installations such as AESGFC were solved in the work. Author developed and patented in Ukraine four inventions. Two of them involve the conduct of four factor experiments, where the practical application of the optimal (rational) parameters of the spray gun (nozzle) for creating a plane-radial jet for the purpose of feeding to the appropriate distance (up to and over 10 m).

Keywords: gel forming compositions (GFC), tactical and technical methods, physical modeling, trunk-sprayer, nozzles.

Підписано до друку 07.05.18. Формат 60x84/16..

Папір 80 г/м<sup>2</sup>. Друк ризограф. Авт. арк. 1,0.

Тираж 100 прим. Вид. № 27/18.

Сектор редакційно-видавничої діяльності  
Національного університету цивільного захисту України  
61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94

