

де  $time\_expired(x, y)$  є лічильником, який зменшується від максимального значення  $\tau_{пож}(x, y)$  на кожен часовий крок, поки значення клітинного автомату не досягне 0.

Висновок: наведена модель клітинного автомату дозволяє вирішити задачу щодо моделювання поширення пожежі всередині будівель. Подальші дослідження будуть спрямовані на візуалізацію моделі клітинного автомату.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Encinasa L.H., Whiteb S.H., del Reyс M., Sanchez R., "Modelling forest fire spread using hexagonal cellular automata", Applied Mathematical Modelling, Vol. 31, Issue 6, 2007, pp. 1213-1227.
2. Wolfram S. "Theory and applications of cellular automata". Vol. 1, Advances Series on Complex Systems. World Scientific, Singapore, 1986.
3. Рудницький В.Н. Моделирование процессов тушения пожара для компьютеризированных тренажерных комплексов: монография / В.Н. Рудницький, В.Я. Мильчевич, М.А. Пустовит. – Кубанский институт информзащиты, Краснодар: Цифровая типография №1, 2013. – 110 с.
4. Гвоздь В.М. Алгоритм прогнозирования опасных факторов пожара./ В.М. Гвоздь, О.Л. Костенко // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. АПБ Украины Спец. вып. – Харьков: Фолио, 2001. – С. 10 – 14.
5. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара: лабораторный практикум / Ю.А. Кошмаров, Ю.С. Зотов, В.В. Андреев, С.В. Пузач.- М.: МИПБ МВД России, 1997. – 68 с.

*В. В. Сировий, к. т. н., доц., К. М. Остапов,  
Національний університет цивільного захисту України*

#### ПОЖЕЖОГАСІННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ГАСІННЯ ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИМИ СКЛАДАМИ АУТГОС-М

За останнє десятиліття кількість пожеж в Україні аж ніяк не зменшилася і на сьогоднішній період становить величину порядку 70 тис. пож./рік. У зв'язку з цим питання розробки і впровадження в практику нових вогнегасних складів і прийомів їх подачі залишаються актуальними. На даний момент найбільш поширеною вогнегасною речовиною залишається вода. Вона доступна, відносно недорога і універсальна. Однак має істотний недолік, що полягає в порівняно великих втратах за рахунок стікання з похилих (вертикальних) поверхонь палаючих об'єктів, що істотно знижує її вогнегасну ефективність і призводить до додаткових витрат від проливання води, на розташовані нижче поверхи. Суттєво зменшити втрати вогнегасної речовини, прями і непрямі збитки, дозволяє застосування гелеутворюючих складів (ГУС) [1], які досить міцно самозакріплюються на похилих і вертикальних поверхнях, що, в порівнянні з використанням тільки води, значно зменшує втрати вогнегасної речовини, пов'язані з її стіканням .

Сучасні ГУС складаються, в основному, з двох роздільно збережених і одночасно поданих компонент. Така особливість ГУС обумовлює необхідність використання нестандартних засобів зберігання і подачі, зокрема установок АУТГОС і АУТГОС-П [2].

Розвиваючи ідею досліджень [1, 2] в частині гасіння пожеж ГУС із застосуванням установок конструкції типу АУТГОС можна констатувати, що вони не завжди забезпечують локалізацію та ліквідацію пожеж при дистанційному (близько 10 метрів) пожежогасінні [3]. Недоліки установок АУТГОС і АУТГОС-П випливають з того, що їх застосування не регламентовано даними балістики струменів двох водних розчинів компонент ГУС [4], які апріорі пов'язані з синергическим ефектом змішування струменів двох водних розчинів компонент складових ГУС. Причому, їх змішування здійснюється за рахунок утримання стволів-розпилювачів в ручному режимі, тобто «на око» оцінюються просторові позиції стволів-розпилювачів, які націлюють на вогнище пожежі приблизно, до того ж довільним чином реалізується орієнтація спільної подачі струменів компонентів ГУС на об'єкт пожежогасіння.

Іншими словами, використання установок АУТГОС і АУТГОС-П без належного тактико-технічного забезпечення не виключає помилок передчасного утворення крапель гелю в процесі руху бінарного потоку ГУС до осередку пожежі. В результаті краплі несвоечасно утвореної суміші, не застиглого гелю будуть випадати «в осад» на підступах наближення до об'єкта пожежогасіння, і ефективність подачі ГУС цими установками знизиться.

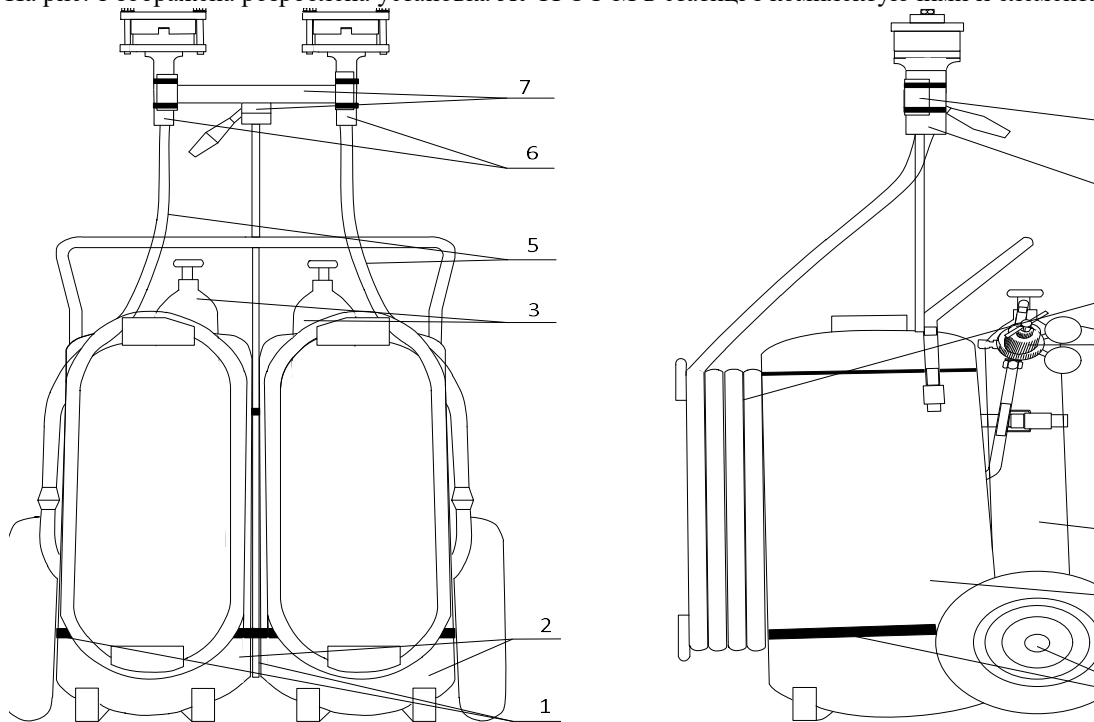
У зв'язку з вище сказаним, метою роботи є підвищення ефективності використання ГУС при дистанційному (близько 10 метрів) пожежогасінні. За рахунок конструктивного забезпечення цілеспрямованого дистанційного подаванням компактних або розпоршених струменів ГУС стволами-розпилювачами в простір над/перед осередком пожежі так, що рухаються по заздалегідь розрахованим траєкторіях краплі складових ГУС спочатку не контактують один з одним, а наприкінці льоту (в момент досягнення ними простору над/перед осередком пожежі) змішуються, між ними відбувається механічна і хімічна взаємодія, в результаті якого вони,

осідаючи у вигляді шарів, рясно покривають поверхню палаючих в осередку об'єктів, локалізуючи і припиняючи горіння.

Поставлена задача вирішується за допомогою розробленої нами установки АУТГОС-М. Яка призначена для гасіння пожеж і захисту сусідніх з осередком пожежі об'єктів, рідкими вогнегасними речовинами, зокрема - водними розчинами ГУС, а також для використання в дослідницьких цілях при створенні інструкцій користувачам автономних установок дистанційного пожежогасіння (тактико-технічного забезпечення).

АУТГОС-М містить несучий каркас (раму), де встановлені: дві ємності з компонентами ГУС, балони зі стисненим повітрям мають індикатори візуального контролю тиску в ємностях, які об'єднані редуктором прямої дії. При чому, збережена в ємностях, під тиском повітря, кожна з компонент ГУС, завдяки системі сполучних гнучких шлангів, подається на об'єкт пожежогасіння за допомогою двох стволів-розпилювачів, що мають по одному крану для їх закриття і відкриття, що пов'язано з окремою або спільною подачею компонент ГУС. Крім того на несучому каркасі (на рамі) встановлено пристосування наведення стволів-розпилювачів на об'єкт пожежогасіння з верифікацією по кутах піднесення, кутах ризику, висоті і базовій ширині симетричного розміщення і фіксації стволів-розпилювачів.

На рис. 1 зображена розроблена установка АУТГОС-М в статиці з комплектуючими її елементами:



**Рис. 1. Загальний вигляд установки АУТГОС-М**

Один з тактичних прийомів використання установки АУТГОС-М передбачає подачу в осередок пожежі розпорощених компонент бінарного потоку ГУС з однієї точки двома стволами-розпилювачами, націленими на вогнище під різними кутами піднесення  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  по задалегідь розрахованим траєкторіях їх руху. Звідки випливає, що процес руху незатоплених струменів (складових ГУС) природним чином ділиться на три етапи: етап 1 - уприскування компактних частин складових ГУС в атмосферу; етап 2 - вільний рух розпорощених струменів; етап 3 - потрапляння на об'єкт пожежогасіння розпорощених струменів ГУС. Саме на третьому етапі розчини обох компонент ГУС доцільно формувати над/перед осередком пожежі як суміш крапель двох складових.

Проте, всі три етапу відносяться до зовнішньої балістики компактних або розпорощених струменів водних розчинів і тому допускають прогнозування свого руху в просторі розрахунковими методами [5].

Очевидно, що в обох різновидах цього завдання неважко знайти оптимальні (раціональні) дистанції, і відповідні їй пари кутів піднесення при яких ефективність пожежогасіння буде здійснена найкращим чином. В одних випадках змішування компонент ГУС бажано здійснювати в кінці третього етапу траєкторії потоку; в інших-в кінці другого (на початку третього) етапу [6].

Тактико-технічне забезпечення і дії пожежних-рятувальників в цих випадках зводиться до наступного: визначається об'єкт пожежогасіння, з т.з. його розташування на рівні (вище/нижче) зрізу стволів установки типу АУТГОС-М; однакові стволи-розпилювачі установки АУТГОС-М розміщуються і фіксуються за допомогою спеціального пристосування установки в вихідну позицію з віддаленням від епіцентру вогнища пожежі; виставляються згідно з даними розрахунку кути піднесення стволів по відношенню до горизонту; одночасним

відкриванням кранів стволів-розпилювачів надається однакові початкові швидкості витікання обом струменям складових ГУС, які з певним тиском впливають з цих стволів.

Як вже ішлося раніше установка може використовуватися при розробці тактико-технічного забезпечення (таблиці «стрільб») шляхом дослідження тактико-технічних характеристик процесів дистанційної подачі водних і гелеутворюючих бінарних складів (траєкторія, площа ураження та ін.) При різних оперативних умовах за допомогою верифікації параметрів розташування і фіксації стволів-розпилювачів завдяки наявності в установці спеціального пристосування. Потім, використовуючи отримані таблиці «стрільб» установка може застосовуватися для гасіння пожеж на практиці.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А. Гелеобразующие огнетушащие и огнезащитные средства повышенной эффективности применительно к пожарам класса А: монография / Ю.А. Абрамов, А.А. Киреев. — Харьков: НУЦЗУ, 2015. — 254 с.
2. Киреев А.А. Определение показателя огнетушащей способности гелеобразующих огнетушащих составов при тушении модельного очага пожара 1А / А.А. Киреев, К.В. Жерноклёв, А.В. Савченко // Проблемы пожарной безопасности. — 2010 — Вып. 28. — С. 74 — 80. — Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol28/29.pdf>.
3. Остапов К. М. Дистанционное пожаротушение бинарными потоками огнетушащих составов / К. М. Остапов // Науковий вісник будівництва. — 2016. — Т. 86, № 4. — С. 276-279. — Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvb\\_2016\\_86\\_4\\_62](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvb_2016_86_4_62).
4. Росоха С. В. Повышение эффективности пожаротушения подачей огнетушащих составов бинарными потоками / С. В. Росоха, Ю. Н. Сенчихин, В. В. Сыровый, К. М. Остапов // Науковий вісник будівництва. — 2016. — № 3. — С. 275-280. — Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvb\\_2016\\_3\\_63](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvb_2016_3_63).
5. Горбань Ю.И. Пожарные работы и стволовая техника в пожарной автоматике и пожарной охране / Горбань Ю.И. — М.: Пожнаука, 2013. — 352 с.
6. Росоха С. В. Повышение эффективности пожаротушения подачей огнетушащих составов бинарными потоками / С. В. Росоха, Ю. Н. Сенчихин, В. В. Сыровый, К. М. Остапов // Науковий вісник будівництва. — 2016. — № 3. — С. 275-280. — Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvb\\_2016\\_3\\_63](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvb_2016_3_63).

*О. О. Сізіков, к. т. н., с. н. с., В. В. Ніжник, к. т. н., с. н. с., Я. В. Балло, Н. М. Довгошеєва, С. Ю. Голікова, Український науково-дослідний інститут цивільного захисту*

#### ВПЛИВ МОДИФІКУВАЛЬНИХ ДОБАВОК ДО ВОДИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Значна висота будівлі (наприклад, більше 73,5 м) висуває особливі вимоги до пожежної безпеки таких споруд та технічних характеристик протипожежних інженерних систем, зокрема системи внутрішнього протипожежного водопроводу (далі - СВПВ) та системи пожежогашіння (далі - СП). СВПВ у будівлях з умовною висотою вище 73.5 м, відповідно до національних норм [1] проектується виключно відокремленою відносно системи внутрішнього господарсько-питного водопроводу. Дана вимога обумовлена необхідністю забезпечення надійного функціонування СВПВ незалежно від інших систем водопостачання у висотних будівлях.

В роботах [2-3] досліджені проблемні питання експлуатації СВПВ у висотних будівлях та зокрема запропоновано для підвищення ефективності СВПВ використання водної вогнегасної речовини з 1% вмістом  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  та  $\text{K}_2\text{CO}_3$  в рівних пропорціях (далі - ВВР) у відокремленій від господарсько-питного водопроводу СП.

За результатом експериментальних досліджень [4-5] у лабораторних умовах досліджено відносну вогнегасну ефективність водних вогнегасних речовин бінарної суміші  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  та  $\text{K}_2\text{CO}_3$  у порівнянні з водою без добавок під час гасіння модельних вогнищ класу А та В. При цьому було визначено, що за однакових умов випробувань під час гасіння макетних вогнищ пожежі класу А та В тонкорозпиленою досліджуваною ВВР, критична інтенсивність подачі досліджуваного розчину на гасіння складає  $0,48 \text{ г/см}^2 \cdot \text{сек}$  для класу А та  $0,076 \text{ г/см}^2 \cdot \text{сек}$  для класу В, що в 2,2 та 2,7 рази відповідно ефективніше ніж гасіння водою без модифікувальних добавок.

З урахуванням того, що зазначені дослідження проводилися в лабораторних умовах, було прийнято рішення подальші експериментальні дослідження проводити з використанням випробувального обладнання, що забезпечує параметри функціонування адекватні реальним параметрам функціонування СП, а модельні вогнища пожежі – адекватні реальному пожежному навантаженню на об'єкті. Таким чином, постало питання проведення досліджень для визначення впливу досліджуваної ВВР на відносну вогнегасну ефективність спринклерної СП шляхом проведення натурних вогневих випробувань.

Визначення відносної вогнегасної ефективності СП проводилося шляхом гасіння модельного вогнища пожежі класу 13А за ДСТУ EN 3-7:2014 спринклерною СП, спорядженою досліджуваною ВВР порівняно з СП спорядженою водою без модифікувальних добавок за розробленою методикою. Вибір модельного вогнища