

DOI 10.36074/logos-04.07.2025.015

## ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ У ЗАВАЛАХ БУДІВЕЛЬ, СПРИЧИНЕНИХ АРТИЛЕРІЙСЬКИМИ ОБСТРІЛАМИ ТА РАКЕТНИМИ УДАРАМИ

Чорномаз Іван Костянтинович<sup>1</sup>, Кропива Михайло Олександрович<sup>2</sup>

---

1. кандидат технічних наук, доцент

*Національний університет цивільного захисту України, УКРАЇНА*

**ORCID ID: 0000-0001-9742-0201**

2. кандидат технічних наук

*Національний університет цивільного захисту України, УКРАЇНА*

**ORCID ID: 0000-0002-1111-8747**

---

**Постановка проблеми.** Триваюча військова агресія спричиняє значні руйнування житлових будинків та об'єктів критичної інфраструктури. Однією з головних проблем, що виникають після ракетних ударів, ударів безпілотників та артилерійських обстрілів, є гасіння пожеж у завалах будівельних конструкцій. Враховуючи складність доступу до осередків займання, існує необхідність у розробці нових методів та спеціалізованого обладнання для ефективного гасіння пожеж у таких умовах.

Проблематика гасіння пожеж у завалах. Завали будівельних конструкцій можуть утворюватися внаслідок обвалення несучих елементів будівель. Це ускладнює доступ до осередків пожежі, що вимагає застосування спеціальних методів гасіння. Традиційні методи подачі води або піни мають низку обмежень через щільність уламків та наявність сипучих залишків конструкцій.

Виникнення пожеж супроводжують небезпечні фактори, які впливають на людей та майно: полум'я, іскри; тепловий потік; підвищена температура довкілля; підвищена концентрація токсичних продуктів горіння та термічного розкладу; знижена концентрація кисню; зниження видимості в диму.

До супутніх проявів небезпечних факторів пожежі відносяться: уламки, частини зруйнованих будівель, споруд, транспортних засобів, технологічних установок, та іншого майна.

### Викладення основного матеріалу

Гасіння пожеж у завалах будівель, що утворилися внаслідок ракетних ударів, атак безпілотників та артилерійських обстрілів, є надзвичайно складним завданням. Це зумовлено як фізичними обмеженнями доступу до осередків займання, так і низкою небезпечних чинників, які впливають на безпеку рятувальників і ефективність гасіння.

Фізичні перешкоди для гасіння:

- обмежений доступ до осередку горіння
- руйнування несучих конструкцій будівель що створює важкодоступні порожнини, у яких може тривалий час відбуватися горіння.
- завали можуть бути настільки щільними, що без важкої техніки дістатися до осередку пожежі неможливо.
- велика кількість сипучих матеріалів, пилу, уламків бетону, арматура та будівельні матеріали.

Всі вище перелічені чинники ускладнюють застосування традиційних методів гасіння.

Деякі матеріали (деревина, пластик, текстиль) можуть горіти або тліти під завалом, поступово розповсюджуючи пожежу. Стандартне гасіння водяними струменями чи пінними розчинами малоефективне, оскільки немає прямого доступу до осередку займання.

Застосування води може спричинити осідання завалів, що створює додаткові ризики для рятувальників та потерпілих які можуть знаходитися під завалами.

Газові мережі, які могли бути пошкоджені під час вибуху, створюють ризик вибухів та утворення вогняних факелів.

Горіння синтетичних матеріалів (пластик, електропроводка, утеплювачі) спричиняє виділення токсичних речовин, що ускладнює роботу в умовах обмеженого доступу повітря.

У завалах може бути недостатня концентрація кисню, що ускладнює роботу рятувальників та потребує застосування апаратів захисту органів дихання.

Вода може бути малоефективною через неможливість доставки у глибину завалу та ризик спричинення подальшого руйнування конструкцій.

Піна ефективніша, оскільки має властивість проникати у важкодоступні місця, але її важко подати у закриті порожнини завалів без спеціального обладнання.

Для ефективного гасіння пожеж у завалах виникає необхідність використання спеціалізованого обладнання:

- стволи-пробійники для подачі води та піни у закриті порожнини.

## ABSCHNITT 9.

### FEUER UND ZIVILE SICHERHEIT

- підривні пристрої для створення доступу до осередків займання (контрольовані підриви будівельних конструкцій).

- роботи та дистанційно керовані пристрої для безпечного розбору завалів та гасіння вогню.

Тактичні рішення для гасіння пожеж у завалах:

- виявлення осередків займання;

- використання тепловізорів і датчиків температури для визначення прихованих джерел горіння.

- аналіз розвитку пожежі та зон її найбільш інтенсивного поширення.

- використання спеціальних методів гасіння

- гасіння об'ємним способом – подача повітряно-механічної піни низької кратності через пробійники.

- інжекційне гасіння – введення інертних газів або водяного туману в осередки займання.

- контрольоване обвалення конструкцій, якщо це безпечніше, ніж спроби гасіння всередині завалу.

Для забезпечення безпеки особового складу під час виконання оперативних завдань доцільно використовувати засоби бронезахисту (бронезилетах) і спеціальних захисних шоломів.

Постійний контроль стану завалу та моніторинг можливих обвалень.

Чітке дотримання алгоритму пошуково-рятувальних робіт для мінімізації ризиків.

Використання дистанційно керованих пристроїв та роботів для безпечного доступу до осередків займання.

Гасіння пожеж у завалах будівельних конструкцій після ракетних ударів, атак безпілотників і артилерійських обстрілів є надзвичайно складним завданням. Основні проблеми пов'язані з обмеженим доступом до осередків горіння, нестабільністю завалів, ризиком вторинних руйнувань, наявністю вибухонебезпечних предметів та токсичних продуктів горіння.

Оскільки існуючі методи не завжди забезпечують повне гасіння пожеж у завалах, необхідні подальші дослідження та розробка нових технологій для ефективного реагування на такі надзвичайні ситуації.

Використання повітряно-механічної піни. Одним із ефективних методів гасіння пожеж у завалах є застосування повітряно-механічної піни (ПМП), яка має здатність охолоджувати та ізолювати осередок горіння. Однак подача ПМП у завали ускладнюється через низку чинників, зокрема:

- наявність пошкоджених меблів та будівельного сміття.

- щільність залягання уламків.

- відсутність ефективних пристроїв для подачі піни у важкодоступні місця.

Модифікація пожежного ручного ствола-пробійника СППР-50. Для підвищення ефективності подачі ПМП у завали запропоновано модернізацію ствола-пробійника СППР-50. Основні зміни в конструкції включають:

- додаткові отвори для доступу повітря біля перекидного крану.
- отвір у верхній частині ствола для приєднання напірно-всмоктуючого рукава для забору піноутворювача із сторонньої ємності (з передбаченою заглушкою для використання води).
- можливість подовження або скорочення ствола за рахунок додаткових вставок на різьбових з'єднаннях.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Аналіз доступних публікацій показує, що існують матеріали, які частково охоплюють питання гасіння пожеж у завалах будівельних конструкцій, спричинених артилерійськими обстрілами та ракетними ударами. Зокрема, розглядаються загальні аспекти рятувальних робіт у зруйнованих будівлях, включаючи послідовність дій та оцінку часу, необхідного для порятунку людей залежно від ступеня пошкодження будівлі.

Однак, спеціалізованих досліджень, присвячених саме гасінню пожежних осередків у завалах, що виникли внаслідок артилерійських обстрілів та ракетних ударів, виявлено не було. Це підкреслює необхідність проведення додаткових досліджень у цій сфері для розробки ефективних методик та рекомендацій щодо дій рятувальних служб у подібних умовах.

### **Формулювання цілей статті.**

Для вирішення завдань щодо гасіння осередків горіння в завалах будівель пропонується використовувати удосконалений (конструктивно доопрацьований) ствол-пробійник пожежний ручний СППР-50. Даний ствол надасть можливість подавати повітряно-механічну піну в пустоти, які утворилися в завалах. За потреби даним стволом можна буде пробивати деякі елементи завалу, що надасть змогу ефективно боротися з осередками горіння і продукти горіння не будуть заважати проводити аварійно-рятувальні роботи.

Для його успішного застосування в гасінні пожеж в завалах ствола-пробійника пожежного ручного СППР-50 необхідно дещо конструктивно доповнити. Для того щоб даний ствол міг подавати повітряно-механічну піну, у верхній частині ствола необхідно передбачити наявність отворів для забору повітря. При подачі розчину води і піноутворювача повітря буде підтягуватися в корпус ствола, всередині розчин і повітря будуть перемішуватися і на виході зі ствола буде утворюватися повітряно-механічна піна. З метою захисту повітряподаючих отворів від потрапляння пилу, дрібних уламків чи сміття пропонується перед отворами облаштувати захисний кожух.

**ABSCHNITT 9.**  
FEUER UND ZIVILE SICHERHEIT

Для визначення оптимальної кількості отворів та їх діаметра в стволі-пробійнику для подачі повітряно-механічної піни необхідно враховувати такі фактори:

1. Швидкість та об'єм подачі піноутворювача – залежить від типу застосовуваного ствола та параметрів робочого середовища.
2. Тиск робочого розчину – зазвичай становить 0,4–0,7 МПа.
3. Співвідношення води, піноутворювача та повітря – для формування якісної ПМП.
4. Коефіцієнт спротиву повітря при проходженні через отвори в стволі. Необхідна кратність піни – для низької кратності вона становить 5–20.

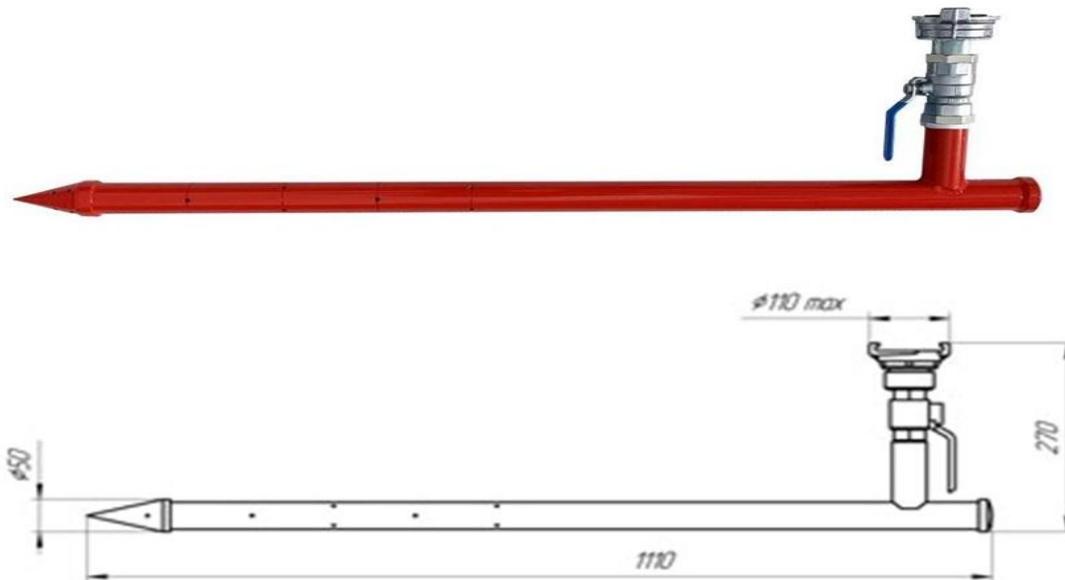


Рис. 1. **Ствол-пробійник пожежний ручний СППР-50.**

Розрахунок визначення кількості та діаметра отворів для подачі повітря в стволі-пробійнику:

Вхідні параметри:

- Пропускна здатність ствола ( $Q$ ) = 3.5 л/с (середнє значення для СППР-50).
- Робочий тиск ( $P$ ) = 0.5 МПа.
- Густина води ( $\rho$ ) = 1000 кг/м<sup>3</sup>.
- Кратність піни ( $n$ ) = 10 (співвідношення об'єму повітря до рідини для низьократної піни).
- Швидкість потоку повітря через отвори ( $V$ ) = 10 м/с (орієнтовне значення).

Етапи розрахунку:

1. Обчислення необхідного об'єму повітря (Q повітря):

$$Q \text{ повітря} = Q \text{ рідини} \times n \quad (1)$$

$$Q \text{ повітря} = 3.5 \times 10 = 35 \text{ л/с} = 0.035 \text{ м}^3/\text{с}$$

2. Визначення необхідної площі всіх отворів (A):

$$A = V/Q \text{ повітря} \quad (2)$$

$$A = 0.035/10 = 0.0035 \text{ м}^2$$

3. Розрахунок діаметра одного отвору (d):

Припустимо, що отворів буде 6. Тоді площа одного отвору:

$$A_{1 \text{ отвір}} = A_6 = 0.0035/6 = 0.0005833 \text{ м}^2 \quad (3)$$

Формула для площі кола:

$$A = \pi d^2/4 \quad (4)$$

Вирішуємо рівняння відносно d:

$$d = \sqrt{4 \cdot A_{1 \text{ отвір}}} \quad (5)$$

$$d = \sqrt{4 \times 0.0005833/3.1416} \approx 0.0273 \text{ м} = 27 \text{ мм}$$

Для забезпечення достатнього підсмоктування повітря необхідно зробити 6 отворів діаметром приблизно 27 мм кожен.

Розрахунок об'єму повітряно-механічної піни, що можна отримати зі ствола для СППР-50:

1. Об'єм рідини за секунду (Q рідини):

$$Q \text{ рідини} = 3.5 \text{ л/с} = 0.0035 \text{ м}^3/\text{с} \quad (6)$$

2. Об'єм повітря, що подається разом з рідиною (Q повітря):

$$Q \text{ повітря} = Q \text{ рідини} \times n = 0.0035 \times 10 = 0.035 \text{ м}^3/\text{с} \quad (7)$$

3. Об'єм піни (V пінна) для 1 секунди:

Об'єм піни залежить від кратності піни та об'єму рідини, тому:

$$V \text{ пінна} = Q \text{ рідини} \times (n+1) = 0.0035 \times (10+1) = 0.0035 \times 11 = 0.0385 \text{ м}^3/\text{с} \quad (8)$$

Завали, що утворюються в наслідок руйнування будівельних конструкцій через обстріли чи влучання ракет, можуть мати різну глибину, а порожнини утворюються в залежності від виду будівельних матеріалів. Так, наприклад будівлі збудовані із панельних плит буде утворюватися значно більше



**ABSCHNITT 9.**  
FEUER UND ZIVILE SICHERHEIT

порожнин, ніж у будинку побудованого з цегли. Тому для успішного гасіння осередків горіння на нижніх рівнях завалів пропонується до ствола-пробійника СППР-50 передбачити вставку-подовжувач. Дана вставка дозволить подавати повітряно-механічну піну в глиб завалу без повного його розбирання та дозволить проводити безпечно роботи над місцем завалу.

Для визначення оптимальної довжини вставки-подовжувача проведемо розрахунки:

1. Визначення середньої швидкості потоку в стволі

Швидкість потоку в стволі можна знайти за рівнянням:

$$V=Q/A \quad (9)$$

де:

- $Q=3.5 \text{ л/с} = 0.0035 \text{ м}^3/\text{с}$  – витрата розчину,
- $A=\pi d^2/4$  – площа поперечного перерізу сопла,
- для СППР-50 діаметр сопла  $d=13 \text{ мм} = 0.013 \text{ м}$ .

$$A=3.1416 \times (0.013)^2/4 \approx 1.327 \times 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (10)$$

$$V=0.0035/1.327 \times 10^{-4} \approx 26.4 \text{ м/с} \quad (11)$$

2. Визначення оптимальної довжини вставки

Оптимальна довжина вставки  $L$  для формування якісної піни зазвичай становить від 30 до 50 діаметрів ствола:

$$L=(30 - 50) \times d \quad (12)$$

Для СППР-50 ( $d=50d = 50d=50 \text{ мм} = 0.05 \text{ м}$ ):

$$L=(30 \times 0.05) - (50 \times 0.05) \quad (13)$$

$$L=1.5 - 2.5 \text{ м}$$

На основі розрахунків можна зробити висновок, що оптимальна довжина вставки для ствола СППР-50 при подачі повітряно-механічної піни має бути від 1.5 м до 2.5 м.

За потреби подачі якісної повітряно-механічної піни (більш однорідна структура), слід використовувати довшу вставку (2 – 2.5 м). Якщо важлива мобільність і зручність у використанні – можна обрати 1.5 – 2 м.

СПП має вищу дальність і витрату води, тоді як СППР-50 у не значній мірі поступається за цими показниками, але має ряд переваг:

- дозволяє пробити перешкоди без руйнування конструкційних елементів.

- використовується для гасіння прихованих осередків пожеж.

- можливість вибору режиму подачі води.

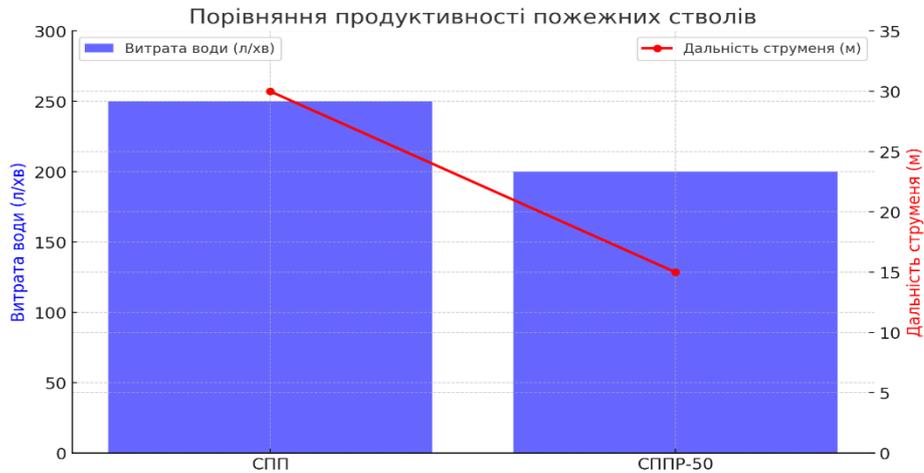


Рис. 2. **Діаграма порівняння продуктивності ствол-пробійника пожежного ручного СППР-50 та ствола повітряно-пінного СПП**

Тому на основі проведених розрахунків доцільно мати на озброєнні дві різних за довжиною вставки, які можуть бути використані в залежності від ситуації на місці події.

**Висновки:**

Запропоновані зміни в конструкції ствола-пробійника СППР-50 дозволять значно підвищити ефективність гасіння пожеж у завалах будівельних конструкцій. Подальші дослідження мають бути спрямовані на експериментальне тестування оновленого обладнання та розробку методики його застосування.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:**

- [1] Верховна Рада України. (2012). Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI. Відомості Верховної Ради України, (34), ст. 458. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>
- [2] Міністерство внутрішніх справ України. (2018). Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту: Наказ МВС України від 26.04.2018 № 340. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0654-18>
- [3] Міністерство надзвичайних ситуацій України. (2007). Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України: Наказ МНС України від 07.05.2007 № 312. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0312666-07>
- [4] Держспоживстандарт України. (1993). ДСТУ 2112-92. Стволи пожежні ручні. Технічні умови (ГОСТ 9923-93). ІПС № 7-1993.
- [5] Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту. (2023). Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 6 місяців 2024 року. Київ.
- [6] ЛДУБЖД. (2023). Дії підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану: Навчальний посібник. Львів: Львівський державний університет безпеки життєдіяльності.