

МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ



# АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ

*Збірник тез доповідей  
Міжнародної науково-практичної конференції*

*13 грудня 2024 року*



Львів – 2024

**Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення** : збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 13 грудня 2024 року. Львів: ЛДУБЖД, 2024. 228 с.

**РЕДКОЛЕГІЯ:**

- Василь ПОПОВИЧ** доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, полковник служби цивільного захисту;
- Андрій ДОМІНІК** кандидат технічних наук, доцент, заступник начальника факультету пожежної та техногенної безпеки з навчально-наукової роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, підполковник служби цивільного захисту;
- Мирослав КОВАЛЬ** доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;
- Олег ПАЗЕН** кандидат технічних наук, начальник кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, підполковник служби цивільного захисту;
- Олександр ЛАЗАРЕНКО** кандидат технічних наук, доцент, заступник начальника кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, полковник служби цивільного захисту;
- Андрій КУШНІР** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.

У збірнику тез Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення» висвітлено актуальні проблеми організації та забезпечення пожежної і техногенної безпеки об'єктів, функціонування систем протипожежного захисту, ліквідації надзвичайних ситуацій та застосування технічних засобів в умовах воєнного стану.

Для наукових, науково-педагогічних та педагогічних працівників закладів освіти, працівників наукових, виробничих установ, підрозділів ДСНС України, громадських і професійних організацій та здобувачів освіти.

Автори несуть відповідальність за зміст представлених публікацій, достовірність результатів і дотримання вимог академічної доброчесності.

# СЕКЦІЯ 1

## ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ І ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 004.938

### «QRESCUE» – СИСТЕМА ДОСТУПУ ДО ОПЕРАТИВНИХ ДАНИХ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖ У БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКАХ

*Бондар Д.В., канд. наук з держ. упр., ректор,  
Попович В.В., д-р техн. наук, професор, член кореспондент ЛАНУ, проректор з наукової роботи,  
Придатко О.В., канд. техн. наук, доцент, проректор з навчально-методичної роботи  
Гриник Р.О., науковий співробітник сектору науково-інноваційної діяльності  
Ільків Б.О., магістр  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

**Анотація:** у роботі описані основні аспекти розробки системи «QRescue», що забезпечує взаємодію користувачів і призначена для підвищення ефективності ліквідації пожеж у багатоквартирних будинках. Система дозволяє оперативно надавати рятувальникам доступ до планів будинків, інформації про об'єкти, їхнє розташування та додаткові деталі, зокрема про інженерні мережі. Особливістю системи є її спрямованість на спрощення доступу до критично важливої інформації в умовах обмеженого часу.

**Ключові слова:** «QRescue», оперативний доступ, пожежі, інформаційна система, багатоквартирні будинки.

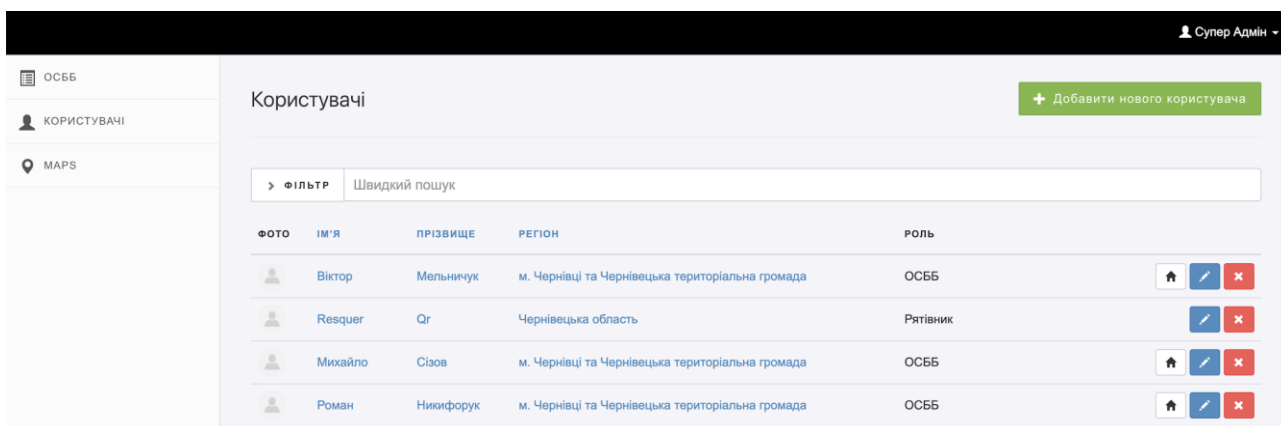
**Abstract:** the paper describes the main aspects of developing the «QRescue» system, which provides user interaction and is designed to improve firefighting efficiency in apartment buildings. The system allows rescuers to quickly access building plans, information about objects, locations, and additional details, including engineering networks. The system's special feature is its focus on simplifying access to critical information in a time-sensitive environment.

**Keywords:** «QRescue», operational access, fire response, information system, multi-apartment buildings.

Швидка і злагоджена робота рятувальників під час пожеж у багатоквартирних будинках потребує оперативного доступу до критичної інформації про об'єкт. Від того, наскільки рятувальники мають змогу отримувати точні дані про об'єкт, залежить своєчасність і правильність прийняття рішень. Як зазначено в роботах [1, 3], забезпечення своєчасного доступу до об'єктної інформації суттєво підвищує ефективність рятувальних заходів. З цією метою у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності розробляється система «QRescue», яка дозволяє інтегрувати всю необхідну інформацію та зробити її доступною для рятувальних підрозділів у зручному форматі.

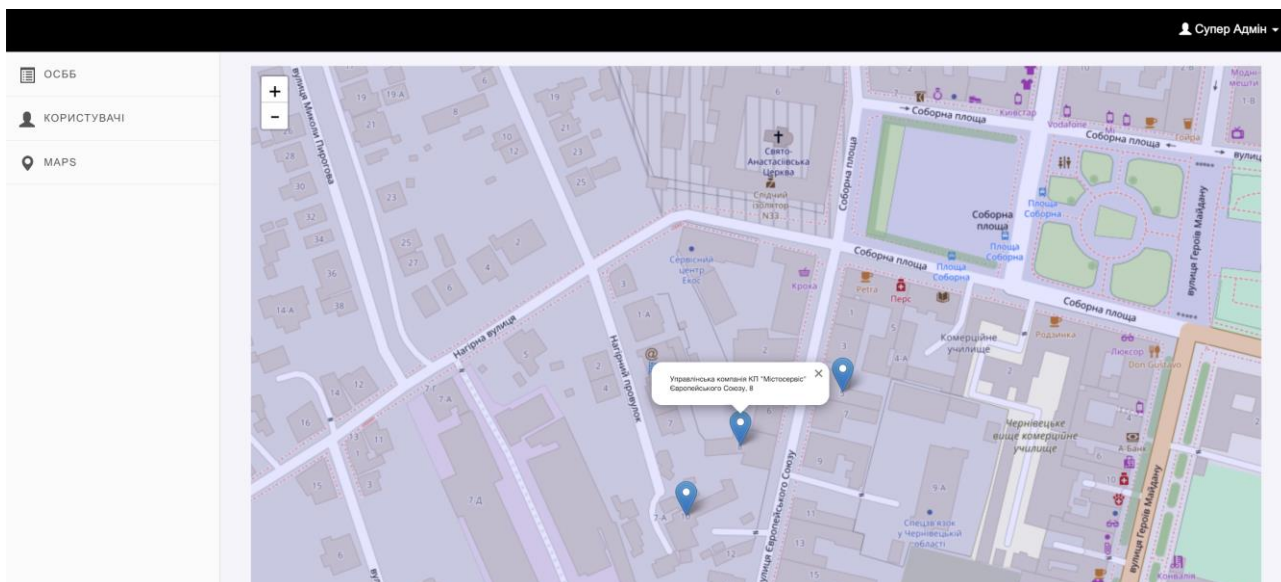
Сама система складається з декількох ключових модулів, кожен з яких виконує певну функцію, необхідну для повноцінного функціонування. Адміністративна панель є базовим інструментом для внесення й управління інформацією про будинки та об'єднання співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ). Вона дозволяє додавати ОСББ, додавати інформацію про їхніх керівників, а також пов'язувати ці дані з багатоквартирними будинками [2]. Водночас через панель можна завантажувати та зберігати плани будівель, які надалі будуть доступними для рятувальників. Важливим є також генерація QR-кодів для

кожного об'єкта, що дає змогу швидко отримати доступ до інформації через робочі планшети.



**Рисунок 1** – Інтерфейс адміністративної панелі

Другим важливим компонентом є інтерактивна карта. На карті відображається розташування всіх об'єктів, зареєстрованих у системі, із зазначенням короткої інформації про кожен із них. Цей модуль допомагає рятувальникам орієнтуватися на місцевості та швидко знаходити потрібний будинок [1].



**Рисунок 2** – Інтерактивна карта

Панель рятувальника є зручною для використання на мобільних пристроях, таких як телефони або планшети. Вона надає доступ до всієї необхідної інформації про об'єкт, включаючи планування приміщень, інформацію про ОСББ, а також додаткові деталі, такі як розташування інженерних мереж (водо-, газо- та електропостачання), що є критично важливими під час ліквідації надзвичайних ситуацій.

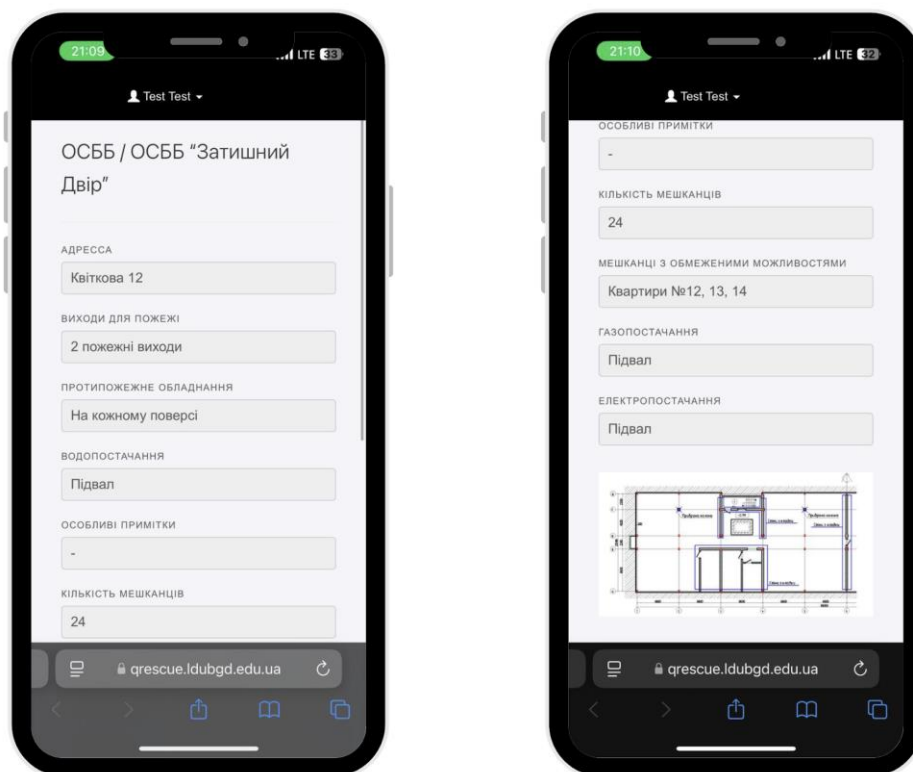


Рисунок 3 – Інтерфейс панелі рятувальника

Для безпеки та забезпечення конфіденційності даних доступ ділиться на рівні, щоб кожен користувач отримував лише ту інформацію, яка необхідна для виконання своїх завдань. Адміністратори системи мають змогу працювати з повним набором даних, тоді як рятувальники отримують лише ту інформацію, яка необхідна для виконання їхніх безпосередніх завдань. Такий підхід забезпечує оптимальний баланс між доступністю інформації та її захистом від несанкціонованого використання [3].

**Висновки.** Система «QRescue» є перспективним інструментом для підвищення ефективності роботи рятувальних підрозділів у випадках ліквідації надзвичайних ситуацій у багатоквартирних будинках. Вона забезпечує швидкий і зручний доступ до критичної інформації, що допомагає швидше зорієнтуватися на об'єкті.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Martyn Ye. Software for Shelter's Fire Safety and Comfort Levels Evaluation / Martyn Ye., Smotr O., Burak N., Prydatko O., Malets I. // Communications in Computer and Information Science, Springer, Cham. – Vol. 1158, 2020. pp. 457-469 [https://doi.org/10.1007/978-3-030-61656-4\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-030-61656-4_31)
2. Шопський О.М., Придатко О.В., Малець І.О. Аналітика великих масивів даних для прогнозування ризикових ситуацій. Проблеми використання інформаційних технологій в освіті, науці та промисловості : матеріали 16 Міжнародної конференції 15.12.2021. – Дніпро, НУ «ДП», 2021. – С. 212-214.
3. Malets I., Popovych V., Prydatko O., Dominik A. Interactive Computer Simulators in Rescuer Training and Research of their Optimal Use Indicator // Proceedings of the 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP), August 21–25, 2018. – Lviv, Ukraine. – 2018. – P. 558-562.

## ГОРІННЯ ПОЛІВ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ВІЙНИ: ПРИЧИНИ ТА ПРОДОВОЛЬЧА БЕЗПЕКА

*Володимир Коваль, ад'юнкт,  
Василь Попович, д-р техн. наук, професор  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

На початку повномасштабного вторгнення ворога в нашу країну ми стикнулися із таким різновидом продовольчої безпеки як горіння полів зернових культур, які виникали внаслідок навмисного обстрілу саме місць вирощування збіжжя.

Як зазначено у джерелі [1] - офіційної статистики вигорілих полів та збитків від пожеж немає. За даними оперативного штабу з фіксації екологічних злочинів ворога при Держекоінспекції, з початку війни зафіксовано 3000 пожеж на площі понад 1,5 млн га, з них понад третина, або 690 тис. га – сільськогосподарські землі, 270 тис. га – лісові угіддя. Джерело [2] наводить дані, що в липні 2022 року майже вся прифронтна зона на півдні України горіла, передусім, поля із зерном. Понад 70 тис. га зернових (пшениці та ячменю) було знищено за місяць. Липень став першим місяцем настільки масштабних пожеж. На відміну від попередніх місяців війни, саме в липні вже визрілий врожай займався неймовірно швидко від потрапляння уламків ракет або обстрілів артилерії.



**Рисунок 1** – Пожежі за період 01.06 – 26.07.2022 р.

Питанням локалізації та ліквідації пожеж на полях зернових культур в Україні, які виникли внаслідок ворожих обстрілів ще недостатньо вивчені. Окрім загрози продовольчій безпеці такого роду пожежі завдають значних збитків, оскільки знищується зернозбиральна техніка, поля зменшують родючість внаслідок вигорання мінерального шару.

Локалізацію та ліквідацію такого роду пожеж ускладнює наявність великої кількості горючого матеріалу, сприятливі погодні умови для розвитку горіння, низька вологість приземного шару [3], наявність вибухонебезпечних предметів, важкодоступність і недостатня кількість пожежно-рятувальної техніки, практична відсутність логістики гасіння із залученням пожежних плугів та неостатня ширина протипожежних розривів.

Існуючі способи залучення пожежно-рятувальних автомобілів та їх ефективність стосуються переважно лісових пожеж та пожеж у природних екосистемах [4, 5, 6].

Горіння зернових культур є безумовно чинником, який впливає на продовольчу безпеку. Статистичні дані знищених полів зі збіжжям є катастрофічними. Дослідження ліквідації таких пожеж є одним із найактуальніших напрямів та потребує детального вивчення.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Обстріляний урожай: як росіяни цілять в українські хлібні поля. Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3528072-obstrilanj-urozaj-ak-rosiani-cilat-v-ukrainski-hlibni-pola.html>
2. Через російські обстріли лише за липень згоріло 70000 га зернових. Що це означає для України. . Режим доступу: <https://forbes.ua/inside/chez-rosiyski-obstrili-lishe-za-lipenzgorilo-70-000-ga-zernovikh-shcho-tse-oznachae-dlya-ukraini-17082022-7744>
3. Кузик, А. Д., Товарянський, В. І. 2022. Дослідження пожеж зернових культур з використанням комп'ютерного моделювання. Пожежна безпека. 41. 67-72.
4. Кузик А. Д., Попович В. В. 2010. Ефективність використання лісових пожежних автомобілів. Пожежна безпека. 16. 18-24.
5. Попович В. В. 2012. Ієрархічний метод класифікації пожежної та аварійно-рятувальної техніки для гасіння лісових пожеж в Україні. Пожежна безпека. 20. 32-37.
6. Попович В. В., Ренкас А. Г., Руденко Д. В. 2011. Аналіз пристосованої техніки для гасіння лісових пожеж. 18. 139-144.

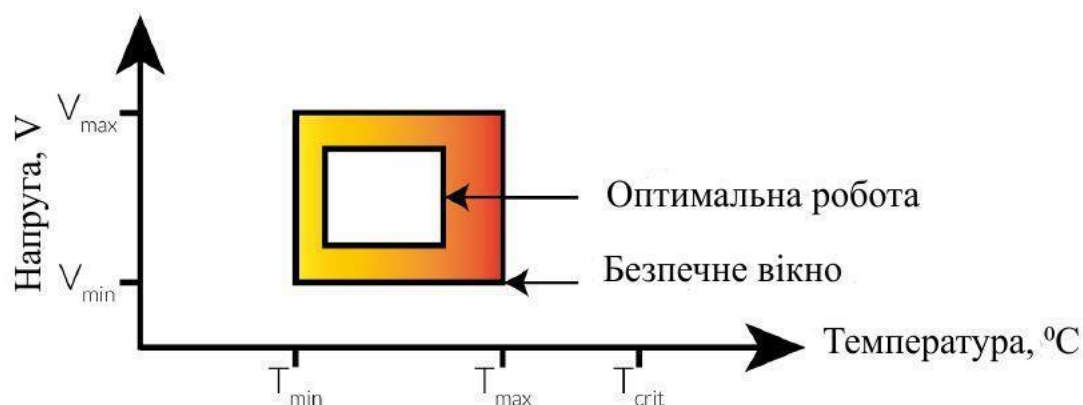
УДК 614. 842

## РОЗРОБКА МАТРИЦІ ОЦІНКИ РИЗИКУ ЗАГОРАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

*Дзюба Л.Ф., д-р техн. наук, професор, Лазаренко О.В., канд. техн. наук, доц.,  
Пазен О.Ю., канд. техн. наук  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Статистичні показники загорання електромобілів та відповідні дослідження в цьому напрямку свідчать про те, що частота пожеж електромобілів по всьому світу значно менша у порівнянні зі статистичними даними загорань автомобілів, що працюють на двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ). У США на 55 випадків загорань електромобілів припадає 284 130 випадків горіння автомобілів з ДВЗ. Окрім того, дослідження показують [1-3], що ймовірність займання батареї електромобіля у разі дорожньо-транспортної пригоди значно менша ніж ймовірність загорання автомобіля з ДВЗ. Це частково пояснюється меншою горючістю літій-іонних акумуляторних батарей у порівнянні з бензином. Однак зазначені дослідження не виключають ймовірності зміни ситуації в майбутньому за рахунок насичення споживчого ринку електричними транспортними засобами з терміном експлуатації більшим ніж 10-15 років.

Відмови транспортних засобів ділять на функціональні та параметричні. За функціональних відмов транспортний засіб втрачає працездатний стан та його експлуатація стає неможливою. Параметричні відмови стосуються безпосередньо технічного стану транспортного засобу, коли деякі його параметри виходять за допустимі межі. Такі відмови усувають під час планового чи позапланового технічного обслуговування. До таких відмов можна віднести несправність гальмівної, охолоджуючої та інших систем транспортного засобу, порушення сталої роботи електродвигуна тощо. З огляду на особливості транспортних засобів на електричних батареях (електромобілів) відмова ЛІЕЖ спричинить функціональну відмову електромобіля. Відповідно до [4], оптимальну безпечну роботу ЛІЕЖ можна охарактеризувати поняттям «безпечне вікно», яке залежне від двох основних складових: температури і напруги ЛІЕЖ (рис. 1).



**Рисунок 1** – Схематичне зображення межі безпечної експлуатації літій-іонного елемента живлення

Відповідно до рис. 1, відхилення робочих (номінальних) показників температури та напруги ЛІЕЖ призведе до порушення сталої функціонування елемента з подальшим можливим загоранням. Причинами порушення сталої роботи ЛІЕЖ може бути виробничий дефект елемента або поступове його спрацювання.

Оцінку ризику загорань ЛІЕЖ електромобіля виконаємо на підставі рекомендацій ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 «Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику» [9].



## ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ І ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ

Ризиком вважаємо комбінацію ймовірності загоряння ЛЕЖ та шкоди і тяжкості цієї шкоди для електромобіля. Відповідно до [9], процес загального оцінювання ризиків складається з ідентифікації, аналізу та оцінки ризиків. Ідентифікацію ризиків загорянь електромобілів здійснено на підставі [8]. Враховуючи відсотковий показник відповідної причини займання електромобілів від загальної кількості задокументованих випадків. Аналіз випадків загоряння електромобілів не дає однозначного розуміння впливу тих чи інших чинників на виникнення загоряння ЛЕЖ чи електромобіля загалом, оскільки виявлення точної причини загоряння електромобіля чи акумуляторної батареї є комплексним та надзвичайно складним питанням. Відповідно, причини значної частини випадків загоряння електромобілів (32%) точно не встановлені. Тому для безпосереднього ранжування ймовірності виникнення загоряння ЛЕЖ та електромобіля буде використано суб'єктивну оцінку з урахуванням логічних та реальних умов впливу на життя та здоров'я людини.

Використовуючи існуючу статистику причин загорянь електромобілів та здійснену, на їх основі, оцінку ризиків загорянь електромобіля було згруповано основні причини загоряння електромобілів за наступними показниками, а саме: людська недбалість/халатність на виробництві (10%), самозаймання з невстановлених причин (22%), порушення роботи акумуляторної батареї під час заряджання або після (28%), ДТП (30%), втоплення (5%), дія полум'я (5%).

Усі ідентифіковані чинники загоряння та імовірністю їх виникнення дають змогу сформуванню узагальнену матрицю оцінки ризиків займання електромобіля. Для позначення рівнів ризиків у матриці розміром 5×5 (табл. 1) для оцінки ризиків виникнення загоряння прийнято такі позначення: помаранчева зона H(High) – високий; жовта зона M (Moderate) – помірний; зелена зона L(Low) – низький; темно зелена зона VL(Very Low) – дуже низький. Матриця є зручним інструментом для візуалізації якісної (двовимірної) оцінки ризиків загоряння електромобіля.

Таблиця 1

Матриця оцінки ризиків загоряння електромобіля

Рівень впливу чинників ризику		Рівень ймовірності ризикових подій				
		Дуже низький	Низька	Помірна	Висока	Дуже висока
		0	1	2	3	4
Незначний	0	-	(PN)	-	-	-
Легкий	1	(SM)	-	-	-	-
Помірний	2	(FI)	-	-	(SI)	-
Серйозний	3	-	-	-	(AF)	-
Катастрофічний	4	-	-	-	(CI)	-

Сформована матриця (табл.1) дає чітке розуміння того, що горіння електромобіля фактично не супроводжується виникненням помірного та дуже високого ступеня ризику.

Враховуючи проведений аналіз та існуючі підходи порядку проведення оцінки ризику було сформовано матрицю оцінки ризиків займання електромобілів. Отримана матриця ризиків загоряння електромобілів наочно продемонструвала та підтвердили наступне:

1. Ризик займання електромобілів та іншого подібного транспорту в переважаючій більшості можна віднести до трьох ступенів імовірності (дуже низький, низький та високий);

2. Відсутність заповнення значної кількості комірок матриці засвідчує про гостру потребу детального аналізу кожного випадку загорання електромобілів з максимально чітким визначенням причини загорання.

Зазначені результати дослідження, відповідно, є передумовою для проведення подальших досліджень та вдосконалення отриманої матриці ризиків загорань електромобілів.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Wipa Loengbudn, Kaveh Khalilpour, Gnana Bharathy, Firouzeh Taghikhah, Alexey Voinov. Battery and hydrogen-based electric vehicle adoption: A survey of Australian consumers perspective. Case Stud. Transp. Policy 2022, 10, 2451–2463. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.11.007>

2. EVC. State of Electric Vehicles 2021 - Electric Vehicle Council, Electric Vehicle Council - Increasing the Uptake of EVs in Australia.2021. <https://electricvehiclecouncil.com.au/wp-content/uploads/2021/08/EVC-State-of-EVs-2021.pdf>

3. Kjeld N, et al.: Brandsikkerhed i garageanlaeg, oplag af litium-ion batterier og batterier til solcelleanlaeg i bygninger. Denmark, 2022. [https://www.sbst.dk/Media/638307217974871855/Analyse%20af%20brandsikkerhed%20i%20garageanlaeg%20-%20Ved%20batterioplæg%20og%20BESS%202022\\_01\\_14.pdf](https://www.sbst.dk/Media/638307217974871855/Analyse%20af%20brandsikkerhed%20i%20garageanlaeg%20-%20Ved%20batterioplæg%20og%20BESS%202022_01_14.pdf)

4. Technical Committee on Energy Storage Systems and National Fire Protection Association: NFPA 855 : Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems. 2020. <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/nfpa-855-standard-development/855>

5. Blanco-Muruzábal M, Martín-Gómez C, Zuazua-Ros A (2022) From Combustion Vehicle to Electric Vehicle Parking, Through a Review of Legislation and Publications. Archit Res.; 12(1): 1–11. <https://doi.org/10.5923/j.arch.20221201.01>

6. Fire risk management procedure for vehicles and mobile machines rise ( 2019) RISE Research Institutes of Sweden, p. 43 <https://ri.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1368722&dswid=-7754>

7. Roeland Bisschop, Ola Willstrand, Francine Amon, Max Rosengren (2019) Fire Safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles. RISE Research Institutes of Sweden, p. 43. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18738.15049>

8. EV FireSafe. Global Electric Vehicle Battery Fires, Ev FIRESAFE. 2022. Available online: <https://www.EVFireSafe.com>

9. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 «Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику»

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ У ТУРБІННОМУ ВІДДІЛЕННІ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ПРИ ПОЖЕЖІ

*Субота А.В., канд. техн. наук, ДВНЗ "Ужгородський національний університет",  
Трошкін С.Е., Головне управління ДСНС України у Дніпропетровській області,  
Поздєєв С.В. д-р техн. наук, професор, Національний університет цивільного захисту України*

**Вступ.** Ризик виникнення та поширення пожежі унаслідок вивільнення водню з систем турбоагрегату вважається аварією з найскладнішими наслідками, що повинно враховуватись при визначенні пожежної небезпеки у приміщеннях турбінного відділення атомних електричних станцій. У разі виникнення аварійного вивільнення водню з системи турбоагрегату К-1000-60/1500-2, металеві ферми покриття повинні витримувати вплив полум'я до повного згасання факторів пожежі. Критеріями, що визначають деформування металевої ферми, визначені настанням граничних станів втрати несучої здатності металевої конструкції згідно із ДБН В.1.1.7:2016. За прийнятими положеннями розрахунку встановлюється, що якщо протягом розвитку та згасання пожежі в турбінному відділенні, граничні стани втрати несучої здатності не настають, це означає що руйнування конструкцій покрівлі не відбудеться. Дослідження тепломасообміну у турбінному відділенні атомної електричної станції при пожежі є актуальним питанням, так як інтенсивність і тривалість пожежі можуть змінюватися в залежності від конфігурації турбоагрегата, видом пожежного навантаження, конструктивними особливостями та аеродинамічними характеристиками. Це може привести до того, що температурний режим водневої пожежі може відрізнитись як від вуглеводневої кривої [1] так і між собою. У такому разі не можна гарантувати відповідність меж вогнестійкості випробовуваних конструкцій чинним нормативам. У цьому випадку може істотно знизитись безпека людей і матеріальних цінностей під час пожеж у турбінних відділеннях атомних електричних станцій.

**Основний текст.** Однією із основних причин аварійних зупинок та руйнувань турбоагрегатів, електричних машин великої потужності, турбін тощо, які охолоджуються газами, зокрема ізобарним воднем, та виникає значне забруднення охолоджуючого водню вологою з вмістом домішок кисню та масел. Основними домішками, що можуть потрапити до генератора, є вода (з максимальною концентрацією 25-30 г/м<sup>3</sup>), кисень (0,2 г/м<sup>3</sup>), турбінне мастило (5,0 г/м<sup>3</sup>), водневомасляна аерозоль (0,15 г/ м<sup>3</sup>) [2]. Може виникати просочування водню вздовж валу через нещільності за умов нормального перепаду тиску масла та водню – через перекося чи пошкодження, заклинювання вкладиша ущільнення або неякісному ремонті ущільнень. В такому стані відбувається поступове вивільнення водню. Водень, в свою чергу, вважається вибухонебезпечною сумішшю, яка утворюється в результаті змішування з повітрям, так званий гримучий газ. Найбільшу вибухонебезпечність цей газ має при об'ємному відношенні водню і кисню 2:1, або водню та повітря приблизно 2:5, оскільки в повітрі міститься приблизно 21% кисню.

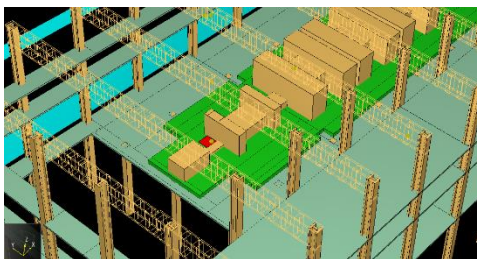
Проблемні питання дослідження процесів тепломасопереносу полягають у проведенні вогневих випробувань, які з огляду на вартість є неефективними, оскільки розуміють виготовлення по два зразки із дотриманням всіх технологій. Це означає, що розрахункова оцінка процесу тепломасопереносу є єдиним прийнятним підходом щодо вирішення поставленої задачі. З огляду на це, при визначенні температурного стану використовується розрахунковий метод, заснований на застосуванні сучасного теоретичного підходу та програмного забезпечення. Чисельне дослідження пожежі, що виникає в системі турбоагрегату та поширюється в приміщеннях машинного залу турбінного відділення атомної електричної станції проводиться за допомогою польового методу.

Для вирішення поставленого питання було розглянуто декілька сценаріїв утворення розвитку та поширення пожежі у приміщенні турбінного відділення атомної електричної

станції. Найнебезпечним сценарієм розвитку пожежі є виникнення розгерметизації системи охолодження турбоагрегату із подальшим займанням та миттєвим вивільненням великої кількості енергії.

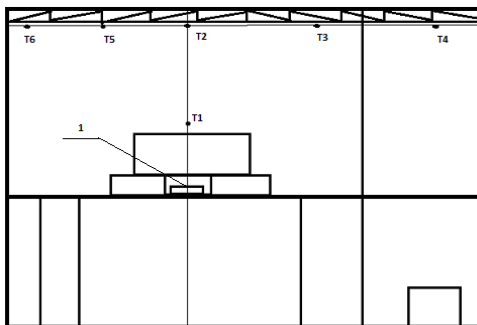
Прийнятим інструментом відтворення розрахункового методу через програмні забезпечення є Fire Dynamics Simulator і Smokeview розроблені Національним інститутом стандартів і технології (НІСТ) міністерством торгівлі США за сприяння Технічного науково-дослідного центру VTT (Фінляндія). Відповідно до Кодексу США Глава 17 Частина 105 авторські права розробників не захищені, програма є загальнодоступним програмним забезпеченням. По-перше, базовими в ній є рівняння Нав'є – Стокса, що описують рух рідин і газів у широкому діапазоні чисел Рейнольдса. По-друге, система дає змогу побудувати геометрію об'єкта без використання спеціальних САД-програм. По-третє, система «FDS» уможливує легке корегування параметрів та граничних умов. По-четверте, система «FDS» має розвинений апарат візуалізації отриманих результатів. По-п'яте, що є немало важливим в умовах сьогодення – вона є безкоштовною [3].

На рис. 1 наведена візуалізація місця із осередком пожежі за найбільш небезпечним сценарієм.



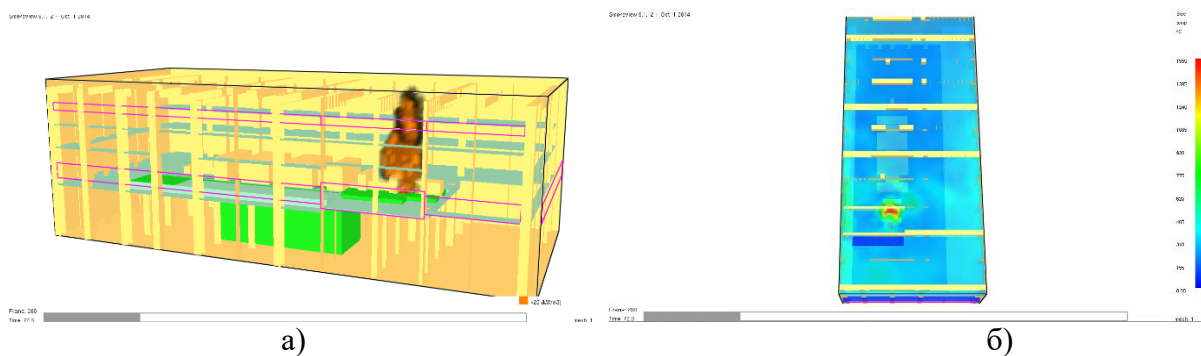
**Рисунок 1** – Фрагмент турбінного відділення де розташований осередок пожежі згідно із прийнятим сценарієм.

Результати отримані розрахунковим методом з використанням програмного забезпечення дає змогу встановити наступні критерії тепломасопереносу при пожежі: з моменту початку настання аварійного стану системи охолодження та протягом однієї хвилини різкого вивільнення енергії внаслідок займання температура досягає значень в 900 °С, а через 5 хв – 1064 °С, при цьому максимальна температура біля металевих ферм покриття протягом всього часу горіння становить понад 2300 °С в точці Т2, яка схематично відображена на рис.2.



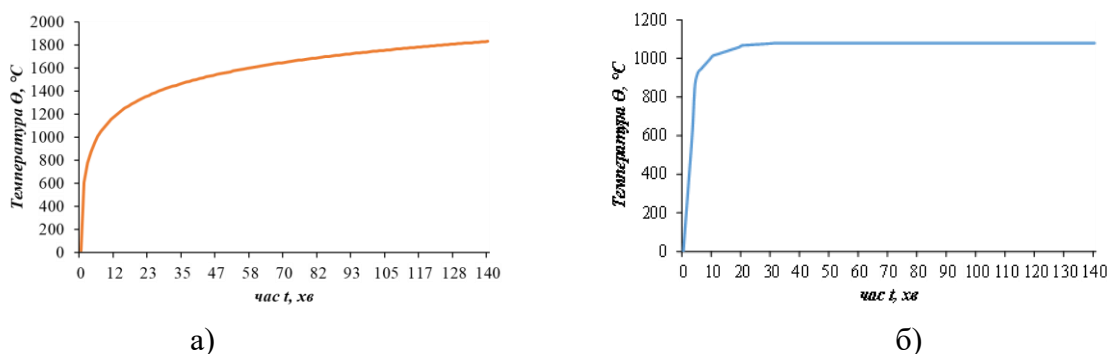
**Рисунок 2** – Схема розташування місць контролю температури в розрізі турбінного відділення: 1 турбоагрегат, Т1 – Т6 – місця контролю температури.

Враховуючи можливості програмного забезпечення отримана динаміка розвитку пожежі у турбінному відділенні атомної електричної станції у різні моменти часу. На рис. 3 вказана динаміка досліджуваної пожежі на першій хвилині (900 °С).



**Рисунок 3** – Динаміка розвитку пожежі: а) положення факелу полум'я пожежі; б) температурний розподіл на висоті 38,0 м. від підлоги приміщення у моменти часу її розвитку та поширення.

Характерною особливістю водневої пожежі в турбінному відділенні атомної електричної станції є швидке підвищення температури до високих значень, усереднена температурно-часова крива наведена на рис. 4 (а).



**Рисунок 4** – Динаміка розвитку пожежі: а) положення факелу полум'я пожежі; б) температурний розподіл на висоті 38,0 м. від підлоги приміщення у моменти часу її розвитку та поширення [1].

Процес тепломасопереносу при пожежі у порівнянні з вуглеводневою модифікованою кривою пожежі (ВВМ), яка наведена на рис. 4 (б), вказує на значне перевищення отриманих значень від прийнятих для розглядаємого температурного режиму пожежі.

**Висновки.** За результатами моделювання встановлено, що небезпечний чинник пожежі як температура досягає певних критичних значень. Значення температури отримані на кожній секунді дослідження у 5 точках розміщених на фермі покриття машинного залу турбінного відділення перевищують значення встановлені для вуглеводневої модифікованої кривої. В свою чергу найбільш максимальне підвищення температури спостерігаються у точках 2, 3, 5. Вказані точки розташовані в середній частини ферми покриття, а точка 1, розташована безпосередньо біля місця розгерметизації системи охолодження.

#### ЛІТЕРАТУРА

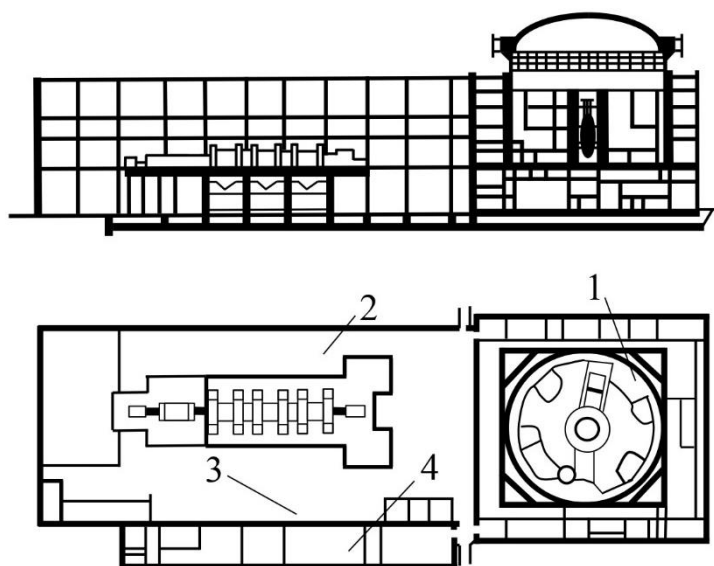
1. Inter-ministry circular № 2000-63 of August 200. Available at: <https://digitallibrary.un.org/record/433932>;
2. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Мозговий Г.О. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів: підручник. Харків: ХНАДУ, 2014. 380 с.;
3. Forney G.P. User's Guide for Smokeview Version 5-A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data.: National Institute of Standards. – P. 234.

УДК 614.841.45

## МОДЕЛЮВАННЯ ВОДНЕВОЇ ПОЖЕЖИ В МАШИННОМУ ЗАЛІ ГЕНЕРАТОРНОГО ВІДДІЛУ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

*Субота А.В., канд. техн. наук., ДВНЗ "Ужгородський національний університет",  
Трошкін С.Е., Головне управління ДСНС України у Дніпропетровській області,  
Поздєєв С.В. д-р техн. наук, професор, Національний університет цивільного захисту України*

В якості об'єкту дослідження вибраний машинний зал турбінного відділення Запорізької АЕС НАЕК «Енергоатом», що розташований в м. Енергодар, Запорізької області. Уніфікований моноблок розміщений в окремому головному корпусі АЕС, що складається з реакторного відділення, машинного залу, деаераторної етажерки з приміщеннями електротехнічних пристроїв (рис.1) [1].

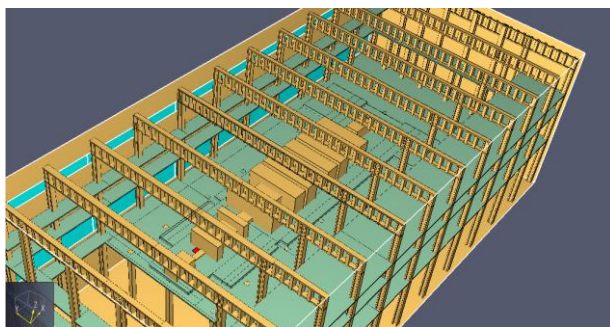


**Рисунок 1 – Блок ВВЕР:**

1 – контаймент; 2 – турбінне відділення; 3 – деаераторне відділення; 4 – етажерка електротехнічних приладів.

До складу кожного з шести енергоблоків Запорізької АЕС входить наступне основне обладнання: водо-водяний енергетичний корпусний реактор типу ВВЕР-1000 виробничого об'єднання "Іжорський завод"; турбоустановка типу К-1000-60/1500-2 виробничого об'єднання атомного турбобудування "Харківський турбінний завод", м. Харків; генератор типу ТВВ-1000-4 виробничого об'єднання "Електросила".

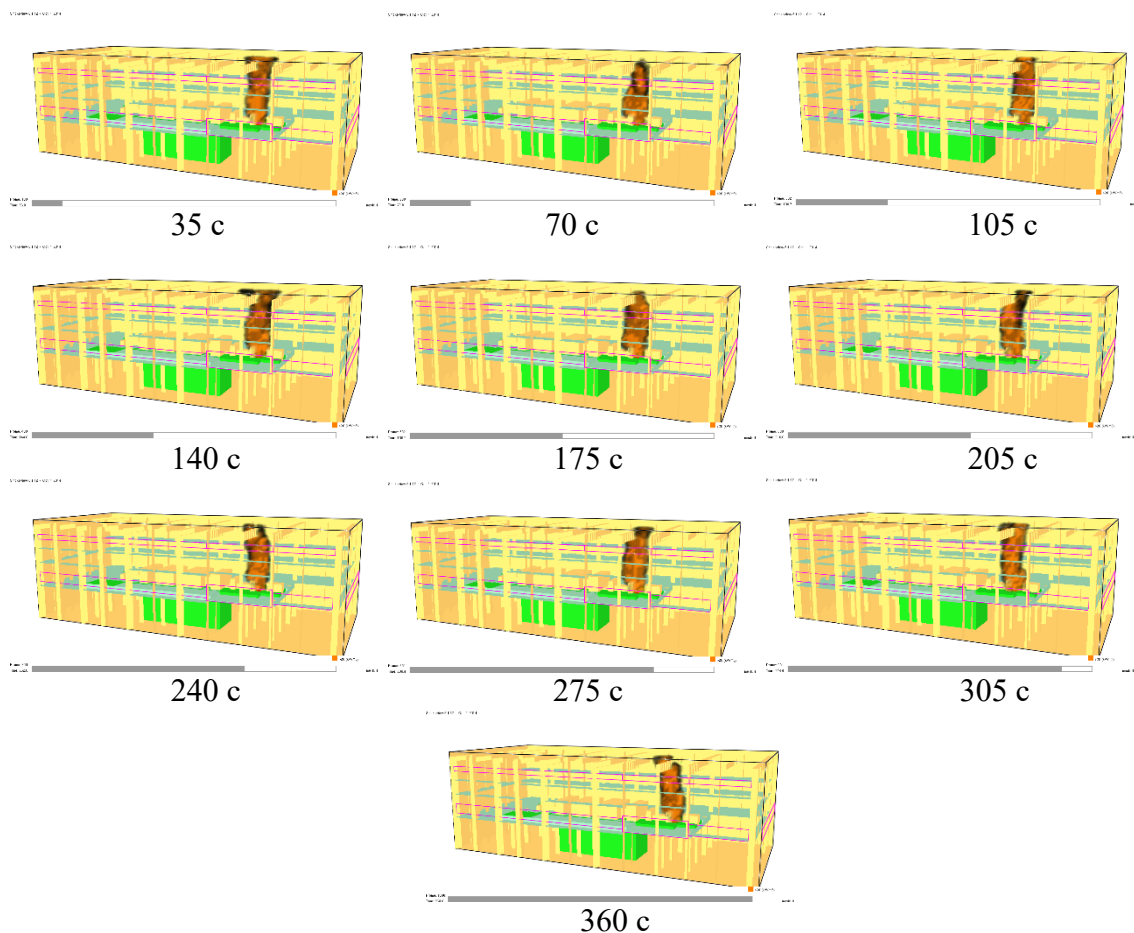
Даний турбоагрегат вибраний за типовим проектом, оскільки на об'єкті використовується турбоагрегат типу К-1000-60 модифікації 2 виробничого об'єднання атомного турбобудування "Харківський турбінний завод", м. Харків. За прийнятими типовими розмірами турбінного відділення атомних електростанцій спроектовано приміщення висотою 42 м, шириною 58 м, довжиною 126 м. (рис.2). В середині відділення встановлюється турбоагрегат відповідного типу, приміщення обслуговування, моделі обслуговуючого обладнання, будівельні конструкції та ферми покриття. Геометрична модель імпортується в середовище розрахункового комплексу Fire Dynamics Simulator 6.9 [2-4].



**Рисунок 2** – Конструктивна схема турбінного відділення Запорізької АЕС.

Початкові параметри моделювання, які неможливо змінити у процесі розрахунку при моделюванні водневої пожежі: початкова температура середовища, підпір повітря легко скидними конструкціями у разі руйнування при різкому вибуху водню на початковій стадії пожежі, необхідний час пожежі (360 с.). Ініціюється процес горіння внаслідок виникнення аварійного стану системи подачі водню турбоагрегату з виникненням свища (область якого має форму кола площею  $S = 14 \text{ см}^2$ , та позначений червоним кольором на рис.2), вивільнення водню відбувається під тиском 5 атм, який вступає в хімічну реакцію з киснем та утворює вибухо-пожежонебезпечну суміш [5]. Відповідно до переліку майданчиків енергоблоку, турбоагрегат знаходиться на відм. 15,0 метрів в машинному залі.

У результаті розрахунку були отримані дані температур у площині на висоті 1.6 м від відм. 15,0 метрів. Отримані результати наведені на рис. 3.



**Рисунок 3** – Положення факелу полум'я пожежі у різні моменти часу її розвитку та поширення.

За результатами моделювання встановлено, що небезпечні чинники пожежі в машинному залі розповсюджуються по всій площі та становлять певну небезпеку під час проведення оперативних дій оперативно-рятувальних служб цивільного захисту та безпосередньо знаходженню персоналу в місці події. Один із небезпечних чинників пожежі представлений на рис. 4. в момент часу від початку настання аварійної ситуації та протягом хвилини після займання водню.



**Рисунок 4** – Візуалізація розповсюдження небезпечних чинників пожежі в машинному залі АЕС.

Даний підхід моделювання водневої пожежі машинного залу турбінного відділення атомної електростанції висловлює практичне значення у розробці та обґрунтуванні перспективного розрахункового методу щодо прогнозування вогнестійкості огорожуючих конструкцій атомних електростанцій із врахуванням дії пожежі наближеної до реальної. Подальшим розвитком дослідження процесу тепломасопереносу дозволить сформулювати технічні вимоги для досягнення найбільш ефективного методу, для отримання адекватних результатів щодо меж вогнестійкості огорожуючих конструкцій машинного залу турбінного відділення атомних електростанцій.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. НАПБ 03.005-2002 (ВБН В.1.1-034-2003, ГНД 34.03.307-2004, ВБН В.1.1-034-03.307-2003). Протипожежні норми проектування атомних електростанцій з водо-водяними енергетичними реакторами;
2. Трошкин С.Э., Сидней С.А., Тищенко Е.А., Некора О.В. Исследование адекватности результатов математического моделирования динамики пожара в помещении с помощью программного комплекса FDS. Пожарная безопасность: теория и практика, Черкассы 2015, 20: 104-109.
3. Forney G.P. User's Guide for Smokeview Version 5-A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data.: National Institute of Standards. – P. 234;
4. Rubini. P., SOFIE – Simulation of Fires in Enclosures, V 3.0 Users guide, School of Mechanical Engineering, Granfield University (UK), 2000.
5. М.М. Серемак, В.В. Ковалишин, А.М. Домінік, Я. Б. Кирилів «Термостійкість несучих конструкцій машинних залів АЕС при горінні водню»// Збірник наукових праць «Пожежна безпека» №19, ЛДУБЖД, УкрНДІПБ, 2011 р. – с. 7-11.



**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПОДАВАННЯ ПІННИХ СТУМЕНІВ  
«ПІДШАРОВИМ» СПОСОБОМ В СЕРЕДОВИЩЕ ПРОГРІТОГО БЕНЗИНУ**

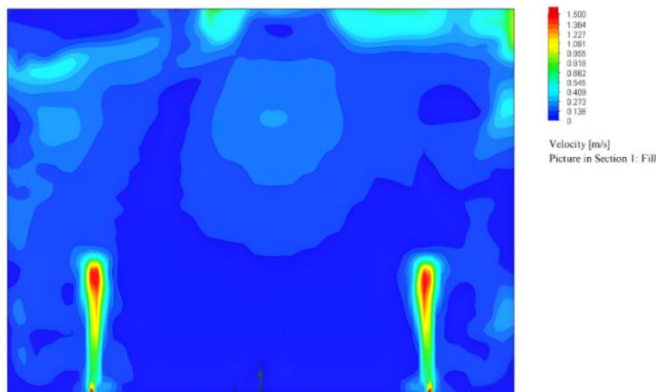
*Великий Н.Р., ад'юнкт, Ковалишин В.В., д-р техн. наук, професор  
Лин А.С., канд. техн. наук, доцент, Пастухов П.В., канд. техн. наук  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Виникнення пожеж у резервуарах у більшості випадків розпочинається з вибуху парів горючої рідини під дахом, що призводить до деформації самого резервуара і загоряння горючої рідини всередині нього. Полум'я при цьому досягає висоти майже удвічі більше діаметра резервуара і має температуру, яка залежить від виду горючої рідини і розташовується в діапазоні від 1000 до 1300 °С [1]. Окрім традиційного методу гасіння резервуарів, ще застосовують метод «підшарового» пожежогасіння за допомогою повітряно-механічної піни. Також існує гіпотеза, що компресійна піна може використовуватись для гасіння резервуарів з нафтопродуктами «підшаровим» способом. Гасіння таким способом можна здійснювати тільки, якщо резервуари обладнані системою «підшарового» пожежогасіння.

«Підшаровий» метод має певну перевагу над традиційним, де піну подають знизу. Це допомагає забезпечити безпеку піногенераторів та пінопроводів від вибухів парових сумішей [2]. При використанні системи «підшарового» гасіння для гасіння пожеж у резервуарах, піна низької кратності подається безпосередньо під шар нафтопродукту через пінопровід системи пожежогасіння, що розташований у нижній частині резервуара, за допомогою рухомої пожежної техніки. Застосування «підшарового» методу вимагає використання спеціальних піноутворювачів, які володіють інертністю до нафтопродуктів і можуть створювати захисну плівку на поверхні горючої рідини.

Для визначення параметрів подавання компресійної піни «підшаровим» способом проведено моделювання в програмному середовищі SolidWorks Flow Simulations. При русі пінних струменів в резервуарі із прогрітим бензином, піну моделюємо як газ, що дозволяє враховувати стискання піни під дією тиску бензину. Змоделювати повітряно-механічну піну як систему з бульбашок рідини і газу на сьогоднішній день ще неможливо. Тому двофазну неоднорідну систему вода – повітря замінено суцільним середовищем – газом із фізико-механічними параметрами піни. В подальшому, під текучим середовищем слід розуміти суміш піни та бензину.

Подачу піни кратністю 10 (K10) визначимо із необхідної інтенсивності  $0,08 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$  [3]. В перерахунку на площу резервуара це встановлює значення масової подачі  $Qm=28 \text{ кг/с}$ , або  $Qv=0,14 \text{ м}^3/\text{с}$  в перерахунку на піну кратністю 5 (K5). Встановлено такі показники, оскільки піна кратність 10 стискатиметься вдвічі від дії на неї тиску на дні резервуару.

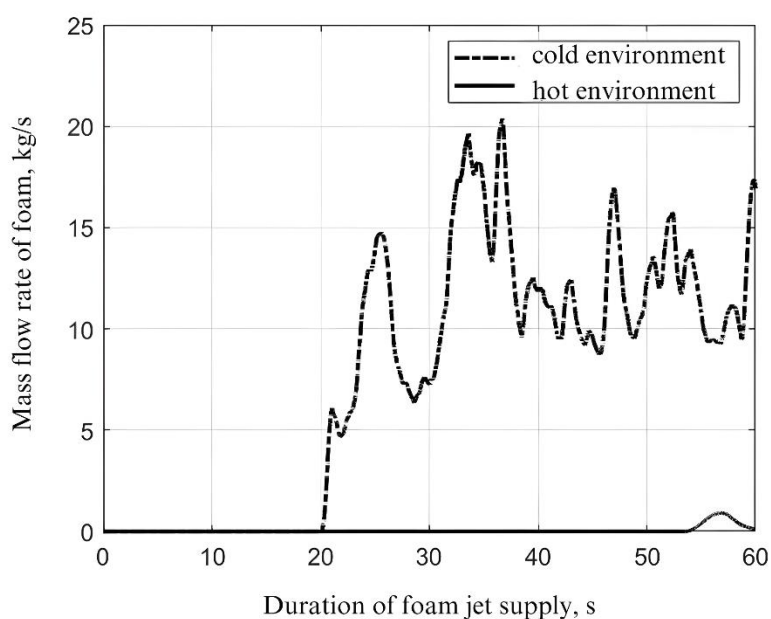


**Рисунок 1 – Швидкість пінних струменів**

На площині перерізу, що проходить через осі двох струменів видно чітко сформовані струмені, і, що важливо, кінетична енергія цих струменів передалася у верхні шари резервуару швидше від самих струменів. Це характерно для пружного середовища і позитивно характеризує адекватність моделі на якісному рівні. З метою полегшення візуального аналізу хромограми, максимальні значення швидкості струменів відфільтровано до 1,5 м/с (це максимум в зоні голови струменя, а все що вище – зливається в червоному кольорі).

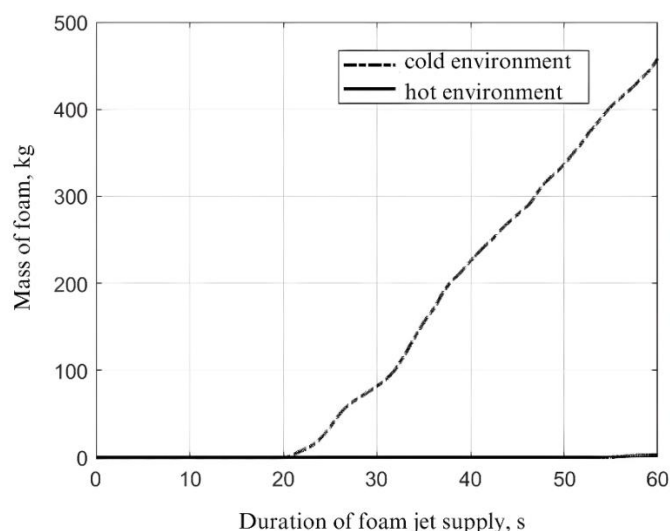
Як показали проведені теоретичні дослідження процесу подачі пінних струменів в середовище прогрітого бензину, ламінарний рух струменів в середовищі триває лише протягом незначного проміжку часу і переходить в турбулентний. Піна акумулюється в середовищі бензину в середній частині резервуара і лише через певний проміжок часу (55 с) виходить на поверхню у вигляді окремих частин. Піна перед виходом на поверхню перегрівається, руйнується (закипає) і виходить на поверхню горіння у вигляді водяної пари та повітря. При цьому спостерігається локальне охолодження ділянок дзеркала горіння у зоні виходу пари.

Для визначення впливу зміни густини прогрітого текучого середовища на силу Архімеда, розглянемо рух пінних струменів в холодному і гарячому середовищі.



**Рисунок 2** – Графічна залежність масових витрат піни на виході із резервуара від часу подавання та температури середовища

На рис. 3 представлено проінтегровану залежність, яка зображена на рис. 2 – кількість піни яка вийшла на поверхню горіння за одиницю часу.



**Рисунок 3** – Графічна залежність маси піни на виході із резервуара від часу подавання та температури

Як видно, у випадку холодного середовища, піна виходить на поверхню горіння через 20 с подачі, і досягає максимального значення 20 кг/с через 35 с. В подальшому часі масові витрати зменшуються і їх середнє значення близьке до половини масових витрат піни на вході в резервуар, а саме – 14 кг/с. Тобто відбувається певне накопичення піни в резервуарі. У випадку гарячого середовища піна виходить на 57-ій секунді і її масові витрати становлять 0,9 кг/с, тобто вся піна, яка була подана протягом 1 хв знаходиться в резервуарі.

Як видно із рис. 11, у випадку холодного середовища протягом 60 с на поверхню піднялося 450 кг піни, а у випадку гарячого середовища лише 3 кг, що в 150 раз менше. Слід відмітити, що подано було 1680 кг протягом 60 с.

Отже, температура текучого середовища не випускає піну на поверхню шляхом зменшення підйомної сили через падіння густини середовища.

Побудована в програмному середовищі SolidWorks Flow Simulations модель цілком адекватно описує рух пінних струменів в резервуарі із рідким горючим паливом. Ефективність «підшарового» гасіння пожежі резервуара залежить від температури прогрітого бензину, чим швидше розпочнеться процес гасіння (подавання піни), тим вищою буде ефективність гасіння. Для успішного моделювання цілого процесу «підшарового» гасіння потрібна ще одна модель – газова за дзеркалом горіння.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Чернецький В. В. Вплив теплових факторів пожежі на цілісність вертикальних сталевих резервуарів з нафтопродуктами: дис. ... к.т.н.: 21.06.02. Львів, 2015. 121 с.;
2. Ковалишин, В. В., Васильєва, О. Е., Козяр, Н. М. Пінне гасіння: навч. посіб. Львів: Сполом, 2007. 168 с.;
3. Войтович, Т. М., Ковалишин, В. В., Новіцький, Я. М., Войтович, Д. П., Пастухов, П. В., Фірман, В. М. (2020). Вплив параметрів руху затоплених пінних струменів на «підшарове» гасіння пожеж в резервуарах з нафтопродуктами. *Східно-Європейський журнал передових технологій*, 3, 10(105), 6-17. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.206032>

УДК 614.841.332

**РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ  
ВОГНЕСТІЙКОСТІ ВОГНЕЗАХИЩЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ***Ковальов А.І., д-р. техн. наук, с.н.с.**Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

Забезпечення пожежної безпеки є одним із важливих напрямків щодо охорони життя та здоров'я людей, національного багатства і навколишнього середовища. Незважаючи на значний прогрес у науково-технічній сфері, людству ще не вдалося знайти абсолютно надійних засобів щодо забезпечення пожежної безпеки об'єктів. Більше того, статистика свідчить, що при зростанні чисельності населення на 1 %, кількість пожеж збільшується приблизно на 5 %, а збитки від них зростають на 10 %. Сьогодні, коли людство живе в третьому тисячолітті своєї багатовікової історії, питання пожежної безпеки залишаються актуальними [1].

Оскільки залізобетонні конструкції часто не задовольняють вимогам пожежної безпеки щодо нормованих значень їх межі вогнестійкості, то актуальним є забезпечення та підвищення вогнестійкості таких конструкцій шляхом їх вогнезахисту із використанням різноманітних речовин та матеріалів. При проектуванні вогнезахисту таких конструкцій гостро постає питання щодо точності розрахунку теплового стану як захищених, так і незахищених залізобетонних конструкцій. Результати розрахунку значною мірою визначаються точністю задавання параметрів моделі, що забезпечують її адекватність реальним процесам теплообміну при випробуваннях на вогнестійкість. До таких параметрів відносяться теплофізичні характеристики: коефіцієнт теплопровідності, питома об'ємна теплоємність як бетону, так і вогнезахисного покриття. Не менш значимими параметрами є умови випробувань (кількість зразків, значення середньооб'ємної температури та вологості у випробувальній камері), які потрібно забезпечувати під час процесу визначення ефективності покриттів [2].

Саме тому створення основ ефективного оцінювання вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних будівельних конструкцій з науково обґрунтованими параметрами вогнезахисних покриттів є актуальною проблемою.

Метою роботи була розробка розрахунково-експериментального методу оцінювання вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних конструкцій.

В результаті проведеної роботи розроблено математичну модель оцінювання вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних конструкцій, яка включає в себе виконання таких етапів: вибір апарату формалізації, побудова зовнішнього опису, перевірка працездатності моделі, побудова внутрішнього стану, перевірка працездатності та ідентифікація параметрів [3]. Сформульовані початкові та граничні умови при побудові зазначених моделей, які дозволяють з достатньою для інженерних розрахунків точністю прогнозувати вогнестійкість вогнезахисної залізобетонної конструкції. На основі розробленої математичної моделі розроблено розрахунково-експериментальний метод оцінювання вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних конструкцій, який відрізняється від наявних ідентифікацією теплофізичних характеристик моделі на основі розв'язання обернених задач теплопровідності за даними випробувань на вогнестійкість, визначенням мінімальної товщини вогнезахисного покриття за результатами випробувань на вогнестійкість вогнезахисних залізобетонних конструкцій при різних умовах випробувань та чинників впливу. Розглянуто алгоритм застосування запропонованого методу, надано опис процедур його реалізації. Використовуючи метод, можливо оцінювати вогнестійкість як незахищених, так і вогнезахисних залізобетонних конструкцій, враховувати властивості матеріалу конструкції та матеріалу вогнезахисного покриття [4]. Алгоритм оцінювання включає виконання експериментальних та розрахункових процедур при визначенні

вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних конструкцій [5]. Перевірено працездатність запропонованого методу при виявленні взаємозв'язку між параметрами пасивного вогнезахисного штукатурного покриття та вогнестійкістю вогнезахисного багатопустотного залізобетонного перекриття.

Розроблено структурно-логічну схему забезпечення вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних конструкцій на основі запропонованої математичної моделі та розрахунково-експериментального методу оцінювання вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних конструкцій.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Kovalov A., Konoval V., Khmyrova A., Dudko K. Parameters for simulation of the thermal state and fire-resistant quality of hollow-core floors used in the mining industry. E3S Web of Conferences. 2019. 123. 01022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/2019123010> 22.

2. Fire resistance of reinforced concrete and steel structures: monograph / V. Sadkovyi, E. Rybka, Yu. Otrosh and others. Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 2021. 180 p.

3. Ковальов А.І., Тараненко І.С., Юрченко С.П., Томенко В.І., Черненко О.М. Методика оцінювання вогнестійкості будівель із вогнезахисних будівельних конструкцій. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України. 2024. № 1(8). С.5–22.

4. Ковальов А.І. та ін. Оцінювання вогнестійкості будівлі із вогнезахисних залізобетонних будівельних конструкцій. Комунальне господарство міст, серія: технічні науки та архітектура. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. 2023. № 3(177). С.134-141. DOI 10.33042/2522-1809-2023-3-177-134-141.

5. Барабаш М., Ковальов А., Ромашкіна М. Розрахункове оцінювання вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних будівельних конструкцій засобами ПК «ЛІРА-САПР». Будівельні конструкції. Теорія і практика. Київ: КНУБА. 2023. № 12. С.53-64. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.12.2023.53-64>.

**УДК 656.7**

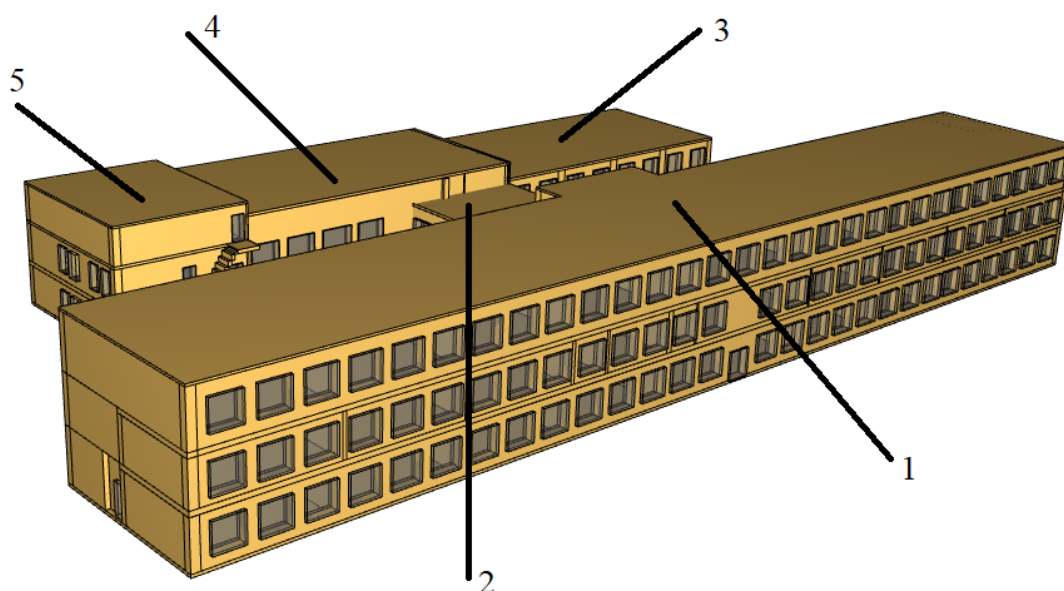
### **ОЦІНКА РІВНЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ЗАКЛАДУ ОСВІТИ ШЛЯХОМ МОДЕЛЮВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ ПРИ ПОЖЕЖІ**

*Андріясов С.Р.*

*Національний університет цивільного захисту України*

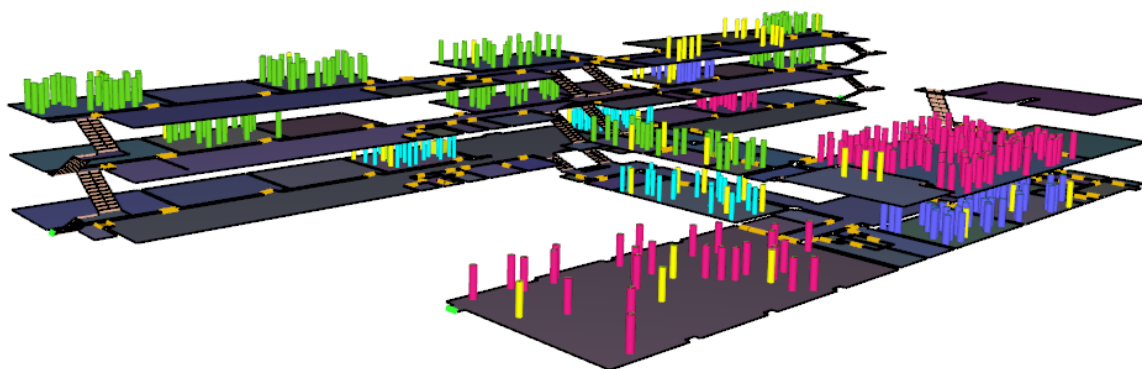
Оцінка рівня пожежної безпеки закладу освіти виконана за методикою [1].

Із використанням програмного забезпечення PyroSIM [2] розроблено геометричну модель закладу освіти, що подано на рис. 1. Під час дослідження об'єкт умовно розподілений наступні секції: 1) Трьохповерхова секція; 2) Перехідний двоповерховий блок; 3) Спортивна зала; 4) Двохповерхова секція; 5) Трьохповерхова секція. У будівлі передбачено 3 внутрішніх сходових клітини у трьохповерховій секції та 1 внутрішню сходову клітину з 1-го на 2-ий поверх у трьохповерховій секції та 1 зовнішню драбину з 2 на 3 поверх.



**Рисунок 1** – Загальний вигляд

Загальна кількість осіб що може потенційно перебувати у закладі освіти - 530 осіб, серед яких 470 учнів та 60 осіб персоналу та вчителів. Ймовірне місце розміщення осіб подано на рис. 3



**Рисунок 2** – Ймовірне місце розміщення осіб у закладі освіти

Місце, де виникає пожежа (рис. 3) визначено в приміщенні актової зали, що знаходиться другому поверсі. Зазначений вибір зумовлено тим, що у приміщення актової зали можуть відбуватися заходи із кількістю людей включно до 100 осіб. З актової зали передбачено 3 виходи, що ведуть до шляхів евакуації. Згідно з [1] один з виходів, що має найбільшу пропускну спроможність заблоковано з перших секунд пожежі та під час визначення тривалості евакуації не враховується.

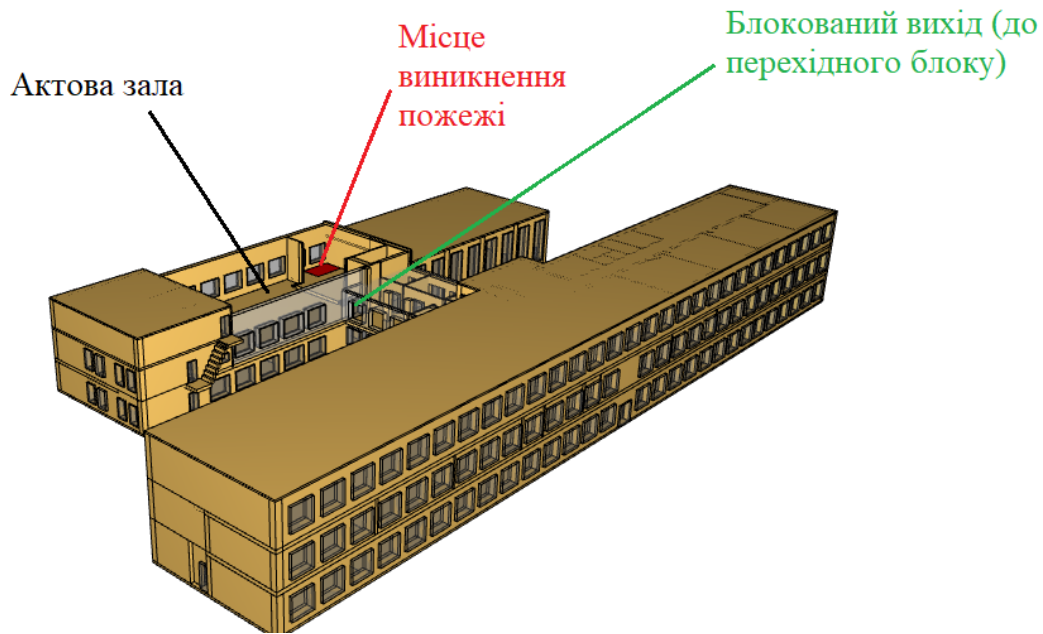


Рисунок 3 – Місце виникнення пожежі та розміщення осередку

Моделювання евакуації людей здійснювалось за допомогою програмного забезпечення PathFinder [3]. Для моделювання розвитку пожежі використано програмне забезпечення FDS [4]. На підставі результатів моделювання оцінено час проходження людей крізь евакуаційні виходи, та значення небезпечних чинників пожежі на шляхах евакуації. Місце розміщення датчиків вимірювання небезпечних чинників пожежі подано на рис. 4. Зведені результатами моделювання подано у табл.1.

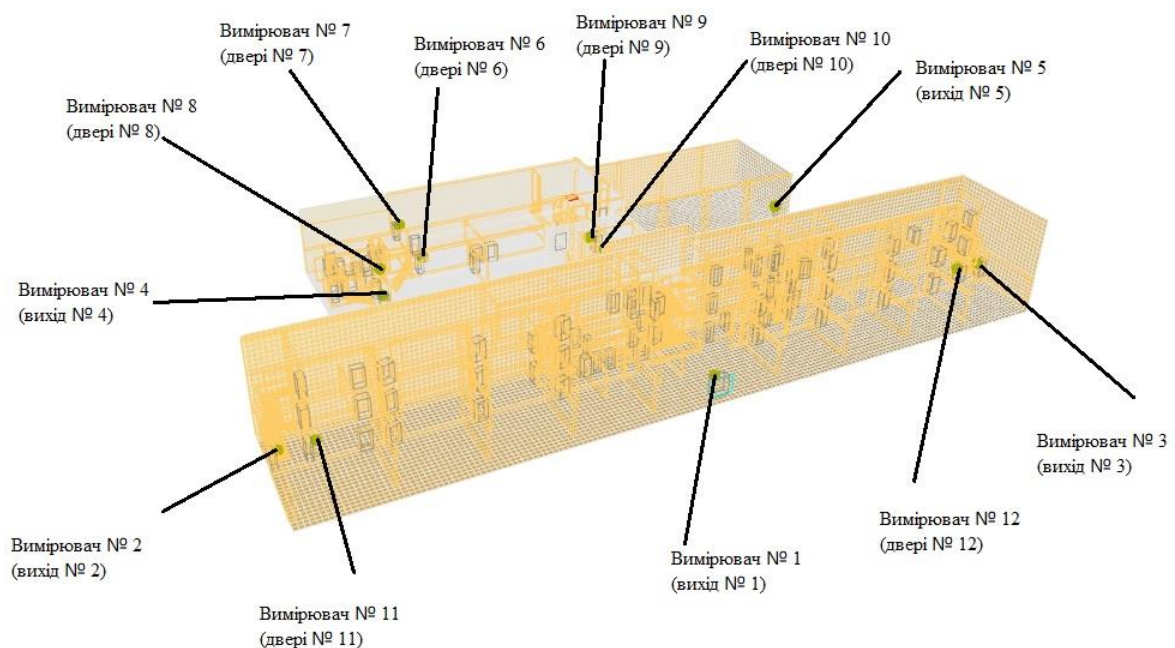


Рисунок 4 – Розташування датчиків вимірювання небезпечних чинників пожежі

Таблиця 1.

Результати моделювання тривалості евакуації та розповсюдження НЧП

№ вимірювача	T, °C	Vis, м	CO, кг/м <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>	HCl, кг/м <sup>3</sup>
№ 1 (час виходу останньої людини 331 с) вихід №1	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 2 (час виходу останньої людини 354,5 с) вихід №2	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 3 (час виходу останньої людини 336 с) вихід №3	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 4 (час виходу останньої людини 263 с) вихід №4	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 5 (час виходу останньої людини 287 с) вихід №5	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 6 (час виходу останньої людини 60 с) двері №6	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 7 (час виходу останньої людини 55 с) двері №7	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 8 (час виходу останньої людини 253 с) двері №8	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 9 (час виходу останньої людини 244 с) двері №9	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 10 (час виходу останньої людини 247 с) двері №10	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 11 (час виходу останньої людини 313 с) двері №11	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 12 (час виходу останньої людини 332 с) двері №12	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
Умови безпечної евакуації у разі пожежі забезпечено						

Промодельована евакуація з об'єкту із визначенням тривалості евакуації. Розроблено сценарії пожежі, за яким очікуються найгірші наслідки. Час початку евакуації для актових залів (місце виникнення пожежі) становив 7,55 секунд, для решти приміщень ліцею 240 с. За результатами моделювання тривалість евакуації усіх людей назовні 354,5 с. Порівняно значення небезпечних чинників пожежі на шляхах евакуації із часом евакуації. У результаті встановлено, що умови безпечної евакуації у разі пожежі забезпечено. Таким чином у закладі освіти забезпечено належний рівень пожежної безпеки.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення». Зміна №1. Чинний від 01.06.2023 р.
2. PyroSIM user manual 2023. Thunderhead engineering, Manhattan, USA.
3. Pathfinder user manual 2023. Thunderhead engineering, Manhattan, USA.
4. NIST Special Publication 1019 Sixth Edition Fire Dynamics Simulator User's Guide Kevin McGrattan Simo Hostikka Jason Floyd Randall McDermott Marcos Vanella Eric Mueller.



## ОЦІНКА РІВНЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ЕЛЕКТРОДЕПО МЕТРОПОЛІТЕНУ

Корабльов Д.О.

Національний університет цивільного захисту України

Оцінка рівня пожежної безпеки електродепо метрополітену виконана за методикою [1].

Із використанням програмного забезпечення PyroSIM [2] розроблено геометричну модель будівлі електродепо, що подано на рис. 1. Електродепо одноповерхове, наземне. Будівля складається з чотирьох окремих секцій (однооб'ємних приміщень).

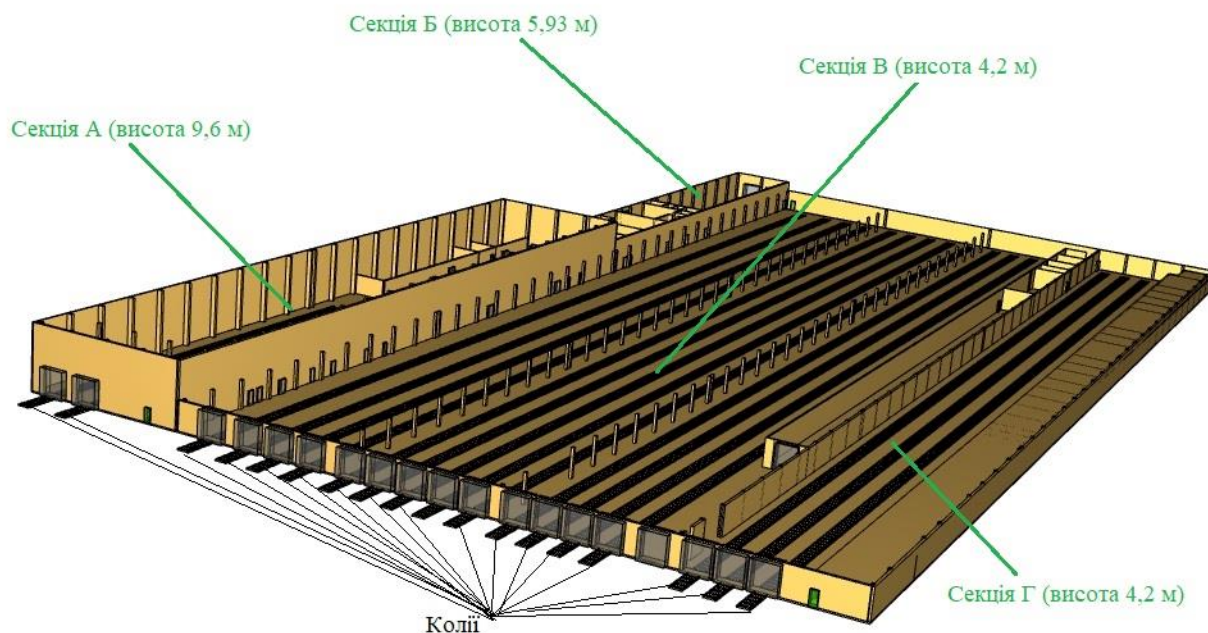


Рисунок 1 – Загальний вигляд

Загальна кількість осіб що може потенційно перебувати у будівлі - 130 осіб. Ймовірне місце розміщення осіб подано на рис. 3

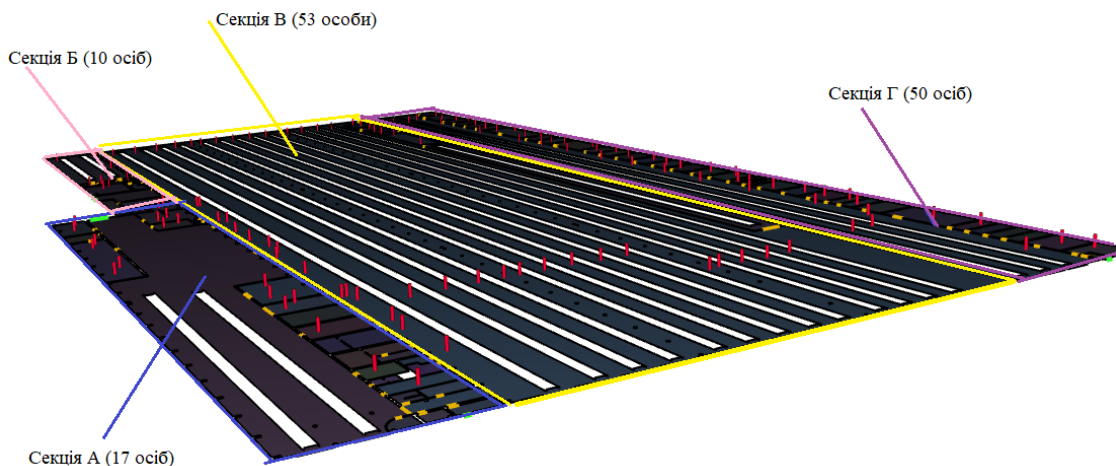
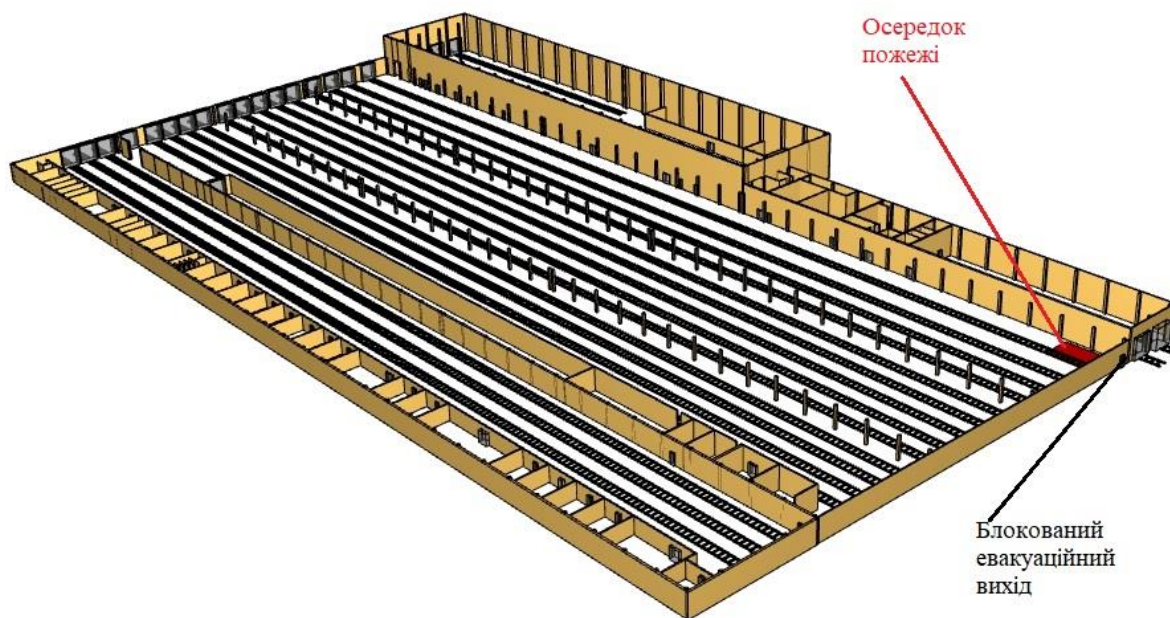


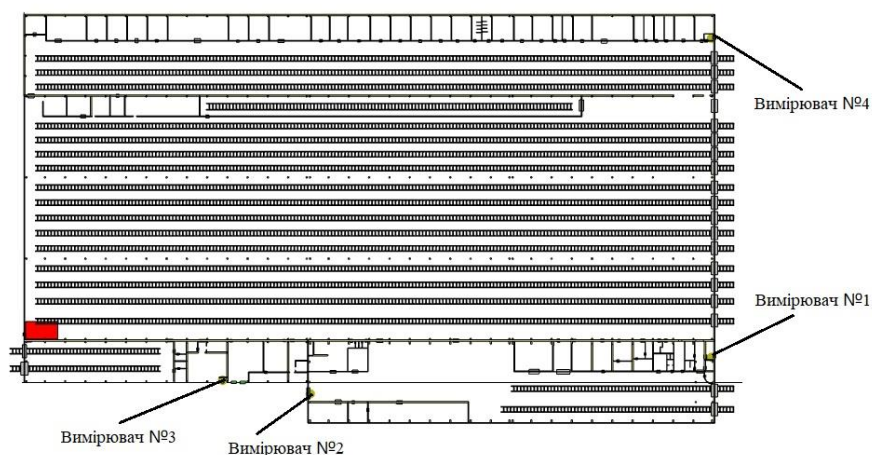
Рисунок 2 – Ймовірне місце розміщення осіб у будівлі

Осередок пожежі визначено поблизу від одного з евакуаційних виходів. При цьому даний вихід вважається блокованим з перших секунд пожежі та під час визначення розрахункового часу евакуації не враховується. Площа пожежі дорівнює приблизній площі одного з вагонів рухомого складу метрополітену та становить  $S_{\text{пож}} = 50 \text{ м}^2$ . Для зміни динаміки пожежі буде використано довідникову швидкість поширення полум'я та швидкість вигорання для пожежної навантаги типу «Електротехнічні матеріали; текстоліт, карболіт»



**Рисунок 3** – Місце виникнення пожежі та розміщення осередку

Моделювання евакуації людей здійснювалось за допомогою програмного забезпечення PathFinder [3]. Для моделювання розвитку пожежі використано програмне забезпечення FDS [4]. На підставі результатів моделювання оцінено час проходження людей крізь евакуаційні виходи, та значення небезпечних чинників пожежі на шляхах евакуації. Місце розміщення датчиків вимірювання небезпечних чинників пожежі подано на рис. 4. Візуалізацію розповсюдження диму подано на рис. 5. Зведені результатами моделювання подано у табл.1.



**Рисунок 4** – Розташування датчиків вимірювання небезпечних чинників пожежі

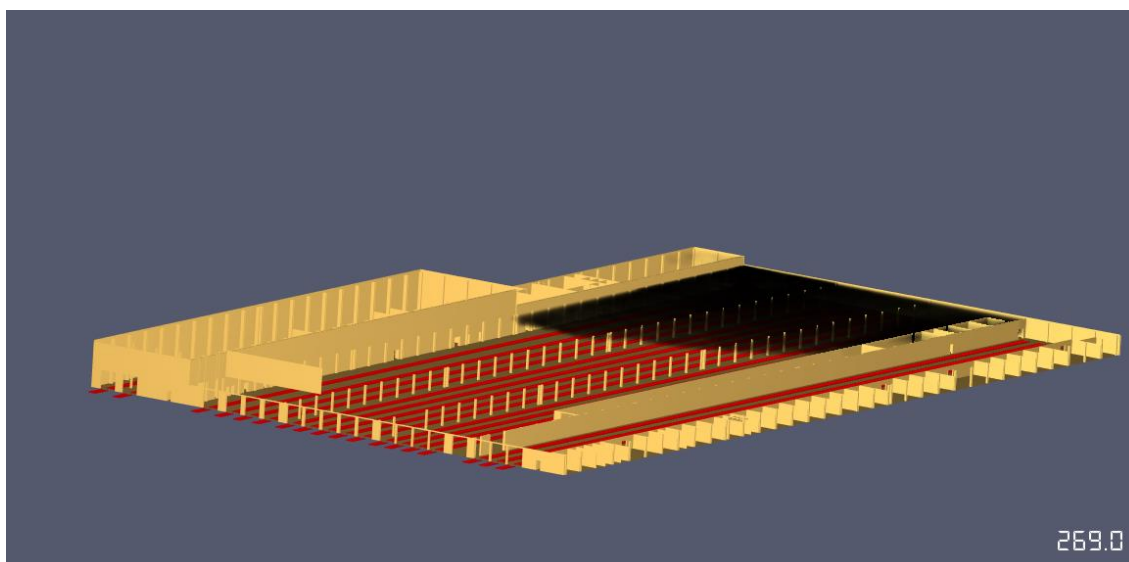


Рисунок 5 – Візуалізація розповсюдження диму протягом тривалості евакуації

Таблиця 1.  
Результати моделювання тривалості евакуації та розповсюдження НЧП

№ вимірювача	T, °C	Vis, м	CO, кг/м <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>	HCl, кг/м <sup>3</sup>
№ 1 (час виходу останньої людини 267 с) вихід №1	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 2 (час виходу останньої людини 148 с) вихід №2	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 3 (час виходу останньої людини 165 с) вихід №5	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 4 (час виходу останньої людини 268,7 с) вихід №7	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
<b>Умови безпечної евакуації у разі пожежі забезпечено</b>						

Промодельована евакуація з електродепо метрополітену із визначенням тривалості евакуації. Розроблено 1 сценарій евакуації, за яким очікуються найгірші наслідки. Час початку евакуації для осіб, що знаходяться на об'єкті становить 120 с. За результатами моделювання тривалість евакуації усіх людей назовні 268,7 с. Порівняно значення небезпечних чинників пожежі на шляхах евакуації із часом евакуації. У результаті встановлено, що умови безпечної евакуації у разі пожежі забезпечено. Таким чином у будівлі електродепо метрополітену забезпечено належний рівень пожежної безпеки.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення». Зміна №1. Чинний від 01.06.2023 р.
2. PyroSIM user manual 2023. Thunderhead engineering, Manhattan, USA.
3. Pathfinder user manual 2023. Thunderhead engineering, Manhattan, USA.
4. NIST Special Publication 1019 Sixth Edition Fire Dynamics Simulator User's Guide Kevin McGrattan Simo Hostikka Jason Floyd Randall McDermott Marcos Vanella Eric Mueller.

УДК 656.7

## РОЗРОБКА МЕТОДУ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ПОЧАТКУ ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ ЗІ СПОРУДИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ПРИ ПОЖЕЖІ

*Білущенко Д.В.*

*Національний університет цивільного захисту України*

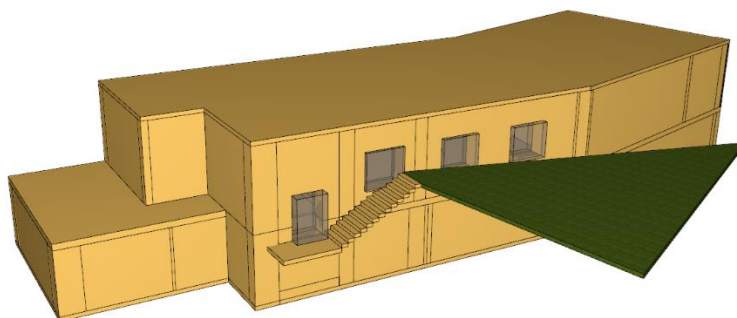
Визначення тривалості до початку евакуації у разі виникнення пожежі викладено у [1]. Таким чином в приміщенні де, виникає пожежа час початку евакуації визначається за формулою:

$$t_{\text{пе}} = 5 + 0,01 \cdot F \quad (1)$$

де  $F$  — площа приміщення,  $\text{м}^2$ .

Для решти приміщень у будівлі де перебувають люди, в залежності від призначення будівель та споруд у ДСТУ 8828 «Пожежна безпека» є чітке визначення значення часу від початку евакуації людей (Табл. А.3)  $t_{\text{пе}}$ , що залежить від наявності та типу системи оповіщення. Але за існуючою та затвердженою ДСТУ нормованою оцінкою часу до початку евакуації, дані для захисних споруд цивільного захисту на сьогодні відсутні.

Для розробки методи встановлення часу початку евакуації, розроблено геометричну модель споруди цивільного захисту із використанням програмного забезпечення PyroSIM [2], що подано на рис. 1. У споруді передбачено цокольний та перший поверх.



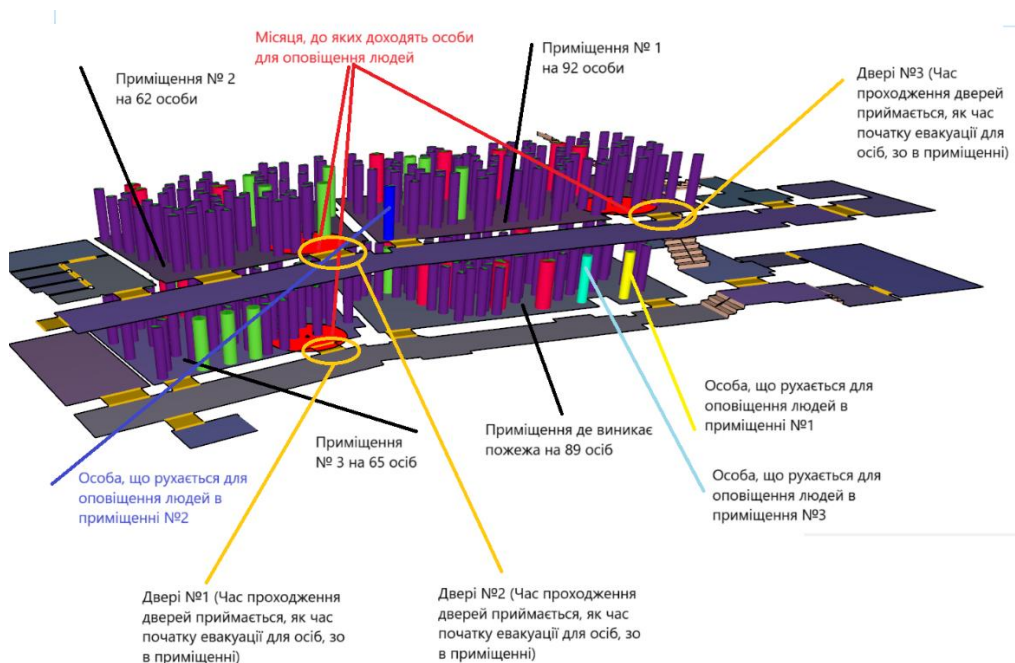
**Рисунок 1** – Загальний вигляд

Загальна кількість осіб що може потенційно перебувати на цокольному та першому поверсі ЗСЦЗ - 307 осіб. Ймовірне місце розміщення осіб подано на рис. 3



**Рисунок 2** – Ймовірне місце розміщення осіб у ЗСЦЗ

Враховуючи об'ємно-планувальні рішення, для решти осіб, що знаходяться в сусідньому приміщенні на цокольному поверсі, та які знаходяться на першому поверсі не можливо застосовувати тривалість до початку за таблицею А.7. Саме тому зроблено припущення, що оповіщення людей в інших приміщеннях можливо за рахунок людського чинника, шляхом оголошення сигналу «Тривога. Пожежа» особисто. Для досягнення цього промодельовано рух осіб з приміщення де виникає пожежа, до приміщення № 3 на цокольному поверсі та приміщень № 1 та 2, що знаходяться на першому поверсі. Тривалість до початку евакуації для цих осіб визначено із часом проходження дверей № 1-3 в відповідних приміщеннях (рис. 3).



**Рисунок 3** – Прийняті рішення для визначення часу до початку евакуації для осіб, що знаходяться в приміщеннях №1 -3

Моделювання евакуації людей здійснювалось за допомогою програмного забезпечення PathFinder [3]. Таким чином час початку евакуації для решти осіб:

- що знаходяться у приміщенні № 3 (65 осіб) на цокольному поверсі за результатами моделювання встановлено  $t_{пе} = 22$  с;
- що знаходяться у приміщенні № 1 (92 особи) на першому поверсі за результатами моделювання встановлено  $t_{пе} = 31$  с;
- що знаходяться у приміщенні № 2 (62 особи) на першому поверсі за результатами моделювання встановлено  $t_{пе} = 36$  с;

Отже у результаті запропоновано метод визначення часу початку евакуації для споруд цивільного захисту у разі виникнення пожежі, поки на законодавчому рівні не будуть розроблені та запроваджені відповідні рекомендації.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення». Зміна №1. Чинний від 01.06.2023 р.
2. PyroSIM user manual 2023. Thunderhead engineering, Manhattan, USA.
3. Pathfinder user manual 2023. Thunderhead engineering, Manhattan, USA.

УДК 656.7

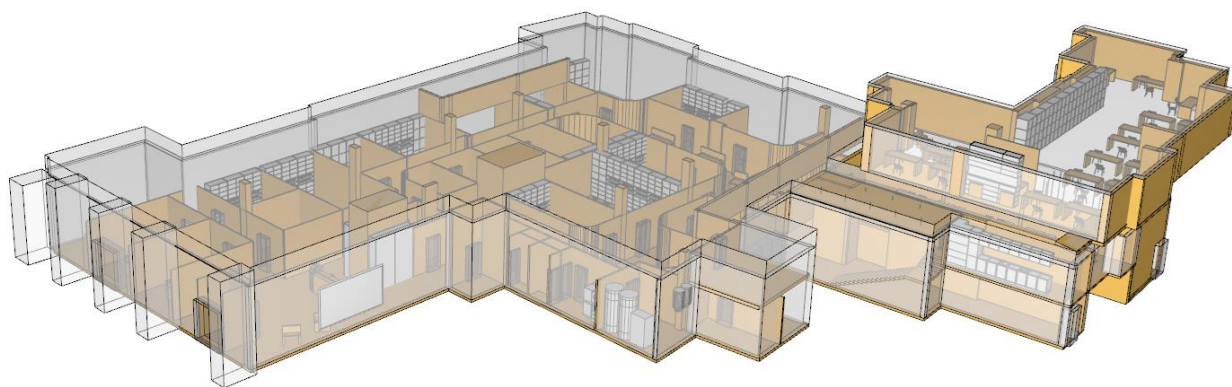
## ОЦІНКА РІВНЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОФІСНИХ ПРИМІЩЕНЬ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ ШЛЯХОМ МОДЕЛЮВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ ПРИ ПОЖЕЖІ

*Капелька П.О.*

*Національний університет цивільного захисту України*

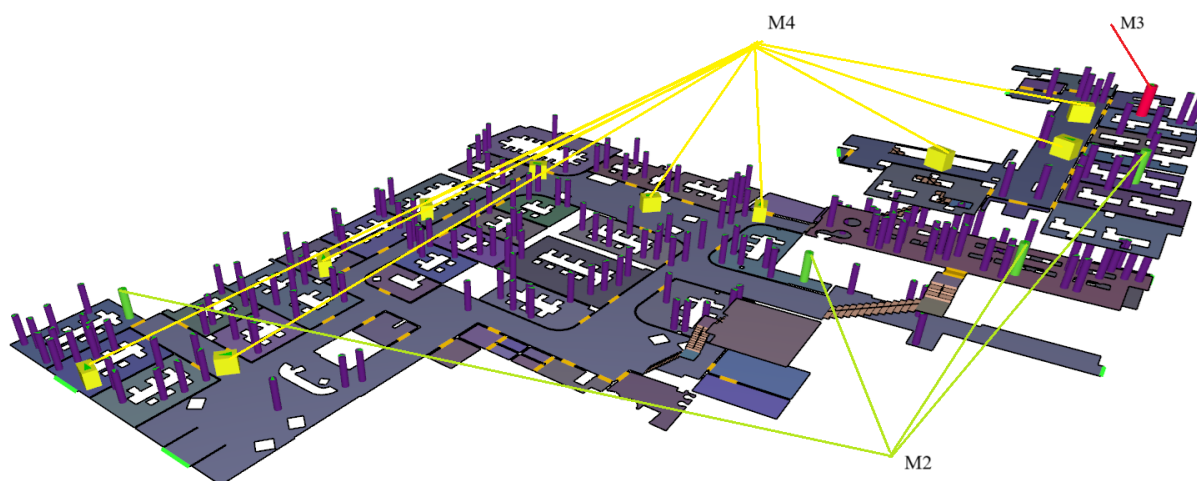
Оцінка рівня пожежної безпеки офісних приміщень виконана за методикою [1].

Із використанням програмного забезпечення PyroSIM [2] 3D модель адміністративної будівлі з офісними приміщеннями, що подано на рис. 1. Загальна площа приміщень  $\approx 1256$  м<sup>2</sup>. Будівля складної конфігурації із висотами від чистої підлоги до перекриття у різних приміщеннях від 2,44 м до 5,6 м. На об'єкті 3 сходових марша.



**Рисунок 1** – Загальний вигляд

Загальна кількість осіб що може потенційно перебувати в офісних приміщеннях – 199 осіб, зокрема 15 осіб МГН. Ймовірне місце розміщення осіб подано на рис. 3



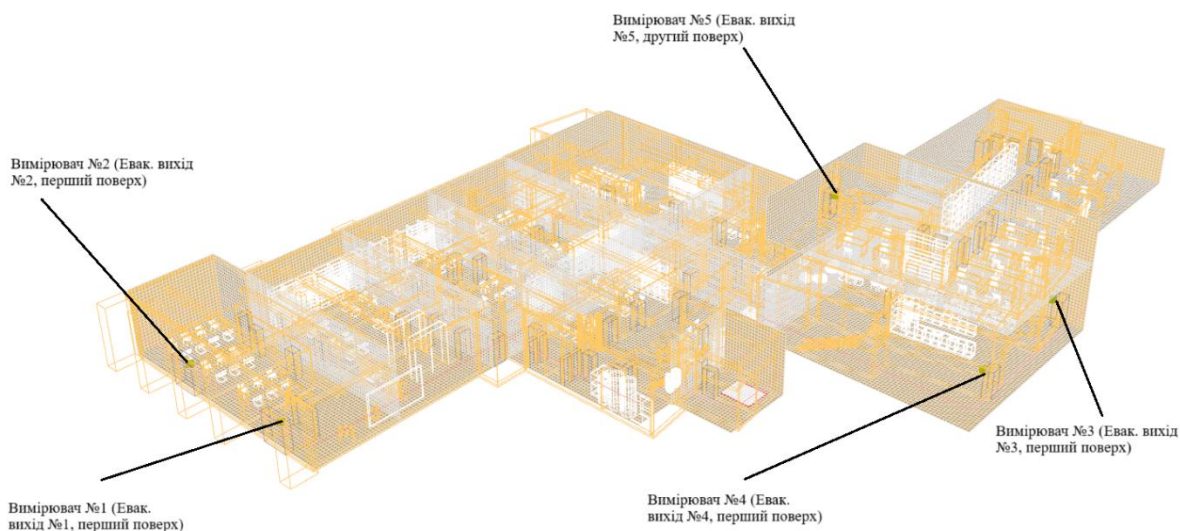
**Рисунок 2** – Ймовірне місце розміщення осіб у будівлі

Приміщення (рис. 3) де виникає пожежа обрано із врахуванням рекомендацій ДСТУ за напрямом - у приміщеннях, де зберігається значна кількість пожежного навантаження, для якого характерна високою швидкістю поширення полум'я, що зумовлено наявністю категорії за пожежовибухонебезпекою (Електрощитова – категорія В).

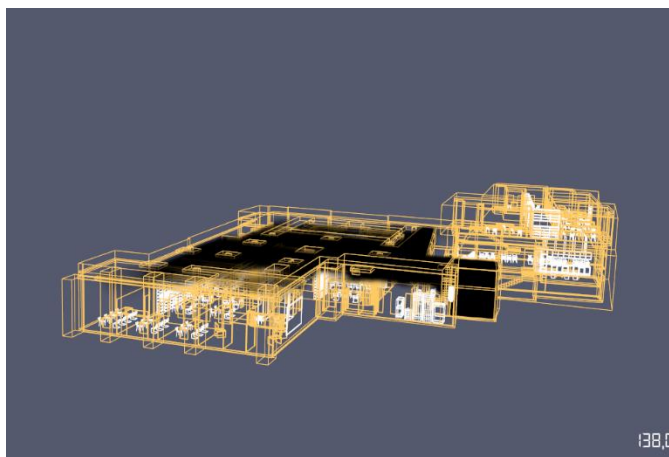


**Рисунок 3** – Місце виникнення пожежі та розміщення осередку

Моделювання евакуації людей здійснювалось за допомогою програмного забезпечення PathFinder [3]. Для моделювання розвитку пожежі використано програмне забезпечення FDS [4]. На підставі результатів моделювання оцінено час проходження людей крізь евакуаційні виходи, та значення небезпечних чинників пожежі на шляхах евакуації. Місце розміщення датчиків вимірювання небезпечних чинників пожежі подано на рис. 4. Візуалізацію розповсюдження диму подано на рис. 5. Зведені результатами моделювання подано у табл.1.



**Рисунок 4** – Розташування датчиків вимірювання небезпечних чинників пожежі



**Рисунок 5** – Візуалізація розповсюдження диму протягом тривалості евакуації

**Таблиця 1.**

Результати моделювання тривалості евакуації та розповсюдження НЧП

№ вимірювача та евакуаційних виходів	T, °C	Vis, м	CO, кг/м <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>	HCl, кг/м <sup>3</sup>
№ 1 (час виходу останньої людини 111 с) евакуаційний вихід №1	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 2 (час виходу останньої людини 67 с) евакуаційний вихід № 2	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 3 (час виходу останньої людини 95 с) евакуаційний вихід № 3	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 4 (час виходу останньої людини 137,775 с) евакуаційний вихід № 4	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 5 (час виходу останньої людини 125 с) евакуаційний вихід № 5	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
<b>Умови безпечної евакуації у разі пожежі забезпечено</b>						

Промодельована евакуація з об'єкту із визначенням тривалості евакуації. Розроблено сценарій евакуації, за яким очікуються найгірші наслідки. Час початку евакуації для осіб відповідав часу спрацювання CO та становив 60 секунд. За результатами моделювання тривалість евакуації усіх людей назовні 138 с. Порівняно значення небезпечних чинників пожежі на шляхах евакуації із часом евакуації. У результаті встановлено, що умови безпечної евакуації у разі пожежі забезпечено. Таким чином у адміністративній будівлі із офісними приміщеннями забезпечено належний рівень пожежної безпеки.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення». Зміна №1. Чинний від 01.06.2023 р.
2. PyroSIM user manual 2023. Thunderhead engineering, Manhattan, USA.
3. Pathfinder user manual 2023. Thunderhead engineering, Manhattan, USA.
4. NIST Special Publication 1019 Sixth Edition Fire Dynamics Simulator User's Guide Kevin McGrattan Simo Hostikka Jason Floyd Randall McDermott Marcos Vanella Eric Mueller.



## МОДЕЛЮВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ ІЗ ВПЛИВОМ СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ

Скубко К.В.

Національний університет цивільного захисту України

У роботі розглянуто моделювання часу спрацювання системи виявлення пожежі, та встановлення часу спрацювання системи оповіщення про пожежі на прикладі протирадіаційного укриття. Слід зазначити, що на сьогодні час початку для захисних споруд цивільного захисту не нормований згідно [1]

Моделі для визначення тривалості евакуації і розвитку пожежі застосовувались згідно рекомендацій, викладених у [1]. Таким чином на першому етапі розроблено модель протирадіаційного укриття із використанням програмного забезпечення PyroSIM [2], що подано на рис. 1.

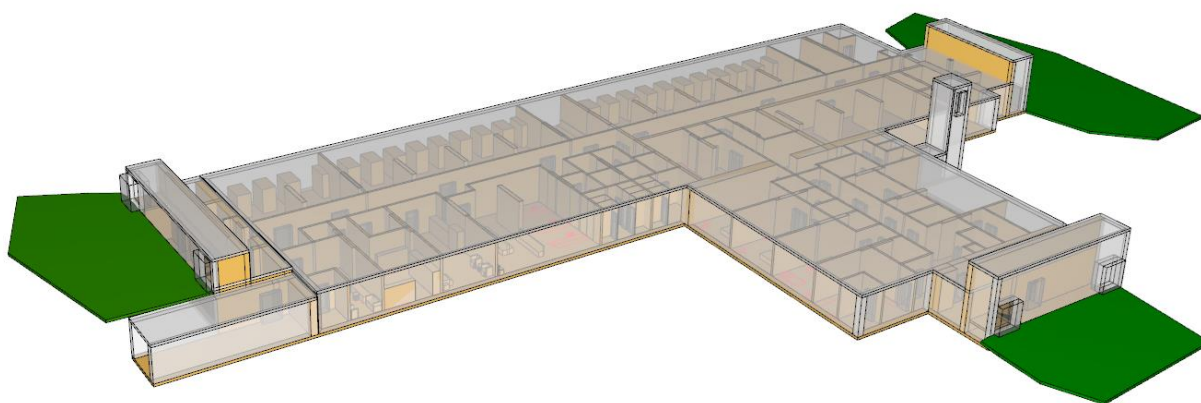


Рисунок 1 – Загальний вигляд

Для моделювання розвитку пожежі використано програмне забезпечення FDS [3]. Із урахуванням розробленого сценарію, приміщення, де відбувається пожежа обладнано точковим пожежним димовим адресним сповіщувачем що подано на рис. 12.

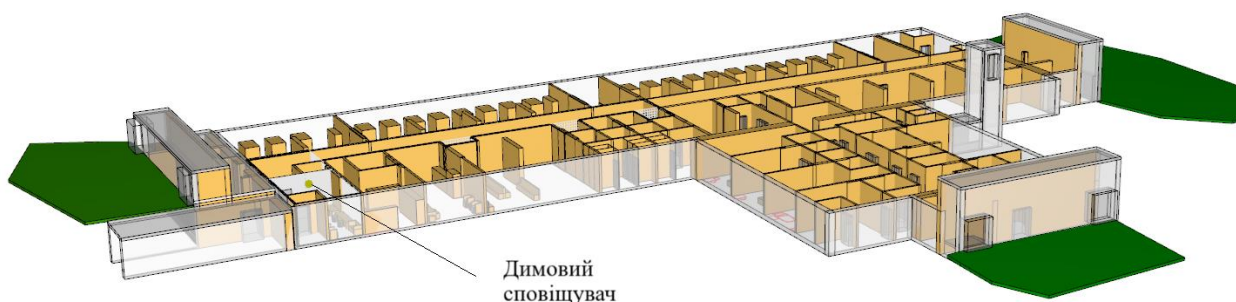
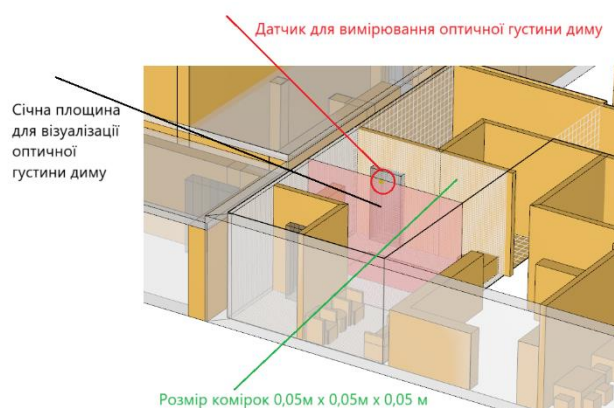


Рисунок 2 – Місце встановлення димового сповіщувача, на висоті 2,95 м від чистої підлоги

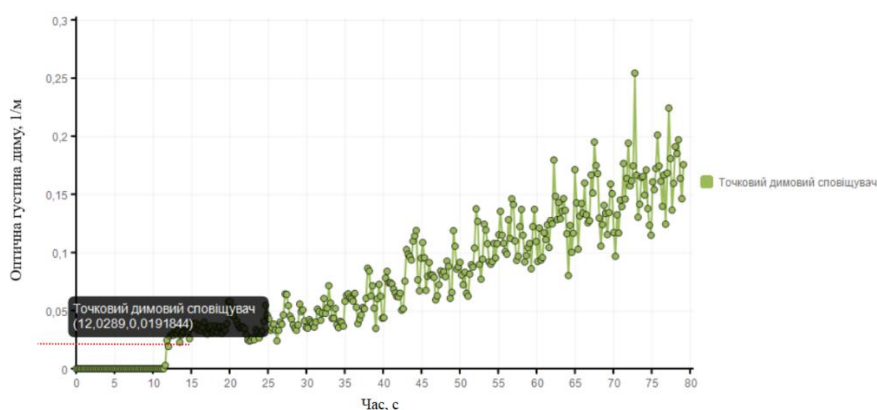
Поріг спрацювання точкових димових сповіщувачів знаходиться в межі 0,05...0,2 дБ/м, що відповідає вимогам ДСТУ EN 54-7:2004. В FDS відсутня можливість вимірювати оптичну густину диму в одиницях Дб/м, але є можливість вимірювати оптичну густину диму в одиницях 1/м, тобто коефіцієнт затемнення. Параметр 0,2 дБ/м відповідає  $0,0046 \text{ м}^{-1}$ . Саме

цей показник використано для визначення часу виявлення пожежі димовим датчиком. На рис. 3 подано розміщення датчика та січної площина для вимірювання оптичної густини диму в приміщенні.



**Рисунок 3** – Місце розміщення січної площина та датчика

На рис. 4 подано графік залежності підвищення густину диму в часі протягом вільного розвитку пожежі.



**Рисунок 4** – Залежність підвищення густину диму в часі протягом вільного розвитку пожежі

Отже за результатами моделювання інтервал часу, за який відбувається досягнення порогового значення, при якому спрацьовує пожежний сповіщувач, дорівнює  $t_{пс} = 12$  с. Середній інтервал часу, який характеризує інертність приймання та оброблення пожежним приймально-контрольним приладом інформації від пожежного сповіщувача становить  $t_{i,пкп} = 10$  с. Отже за результатами моделювання та розрахунків час спрацювання СО наступний:

$$t_{co} = 12 + 10 \text{ с} = 22 \text{ секунди}$$

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення». Зміна №1. Чинний від 01.06.2023 р.
2. PyroSIM user manual 2023. Thunderhead engineering, Manhattan, USA.
3. NIST Special Publication 1019 Sixth Edition Fire Dynamics Simulator User's Guide Kevin McGrattan Simo Hostikka Jason Floyd Randall McDermott Marcos Vanella Eric Mueller.

## ОЦІНКА РІВНЯ ПРОТИРАДІАЦІЙНОГО УКРИТТЯ ЗІ СПОРТИВНОЮ ЗАЛОЮ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ ШЛЯХОМ МОДЕЛЮВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ ПРИ ПОЖЕЖІ

Бевз А.В.

Національний університет цивільного захисту України

Оцінка рівня пожежної безпеки протирадіаційного укриття зі спортивною залою виконана за методикою [1].

Із використанням програмного забезпечення PyroSIM [2] 3D модель протирадіаційного укриття зі спортивною залою навчального закладу, що подано на рис. 1. Будівлю умовно можна розділити на 5 секцій, в залежності від розміщення до рівня землі та висоти стін: секція №1 - на відмітці -2,25 м протирадіаційне укриття із стінами висотою 3,05 м; секція №2 - на відмітці 0,0 м низка приміщень із стінами висотою 4,29 м; секція №3 - на відмітці +1,95 низка приміщень із стінами висотою 3 м; секція №4 - на відмітці +1,95 спортивна зала з покрівлею складною конфігурації, висота стін у найнижчій точці  $\approx 10,2$  м, у найвищій тоці  $\approx 11,4$ ; секція №5 - на відмітці +5,25 низка приміщень із висотою 2,7 м.

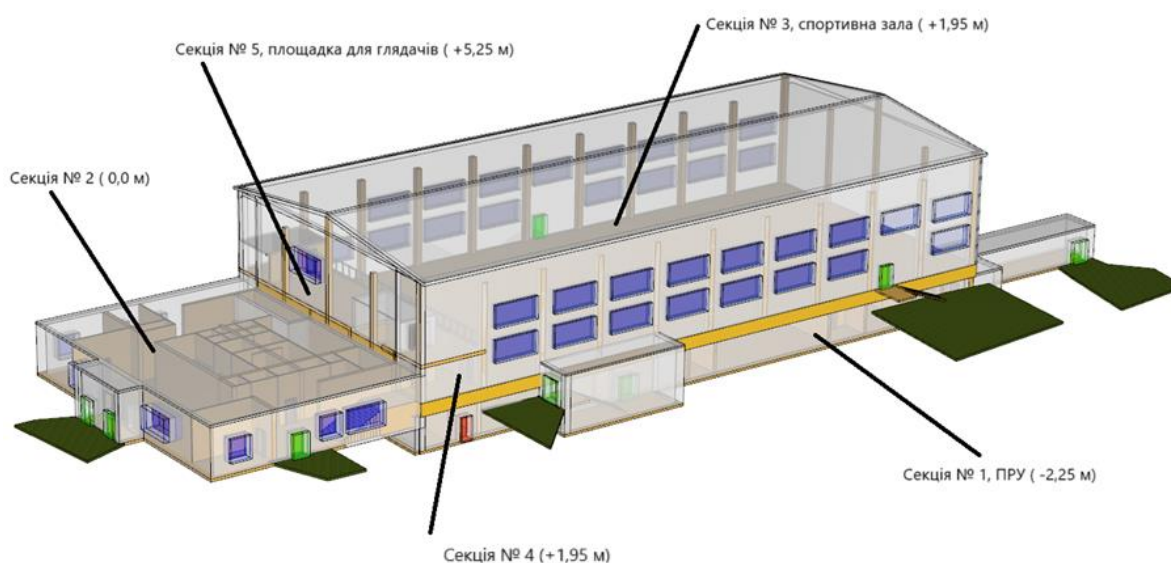


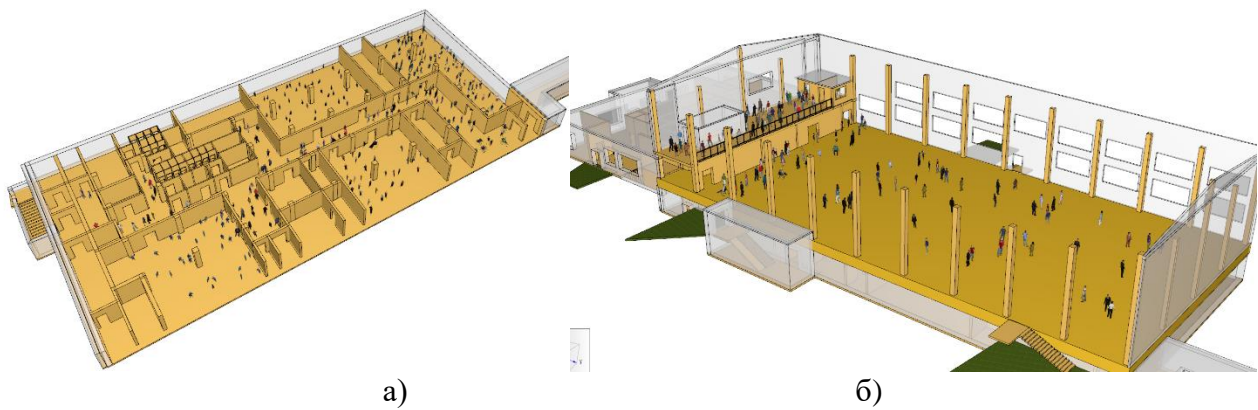
Рисунок 1 – Загальний вигляд

Розглядається 2 сценарії евакуації, а саме:

- 1) Евакуація з ПРУ (секція № 1);
- 2) Евакуація зі спортивного залу, в тому числі і зони для глядачів (секція № 3,5)

Загальна кількість людей що може потенційно перебувати на об'єкті:

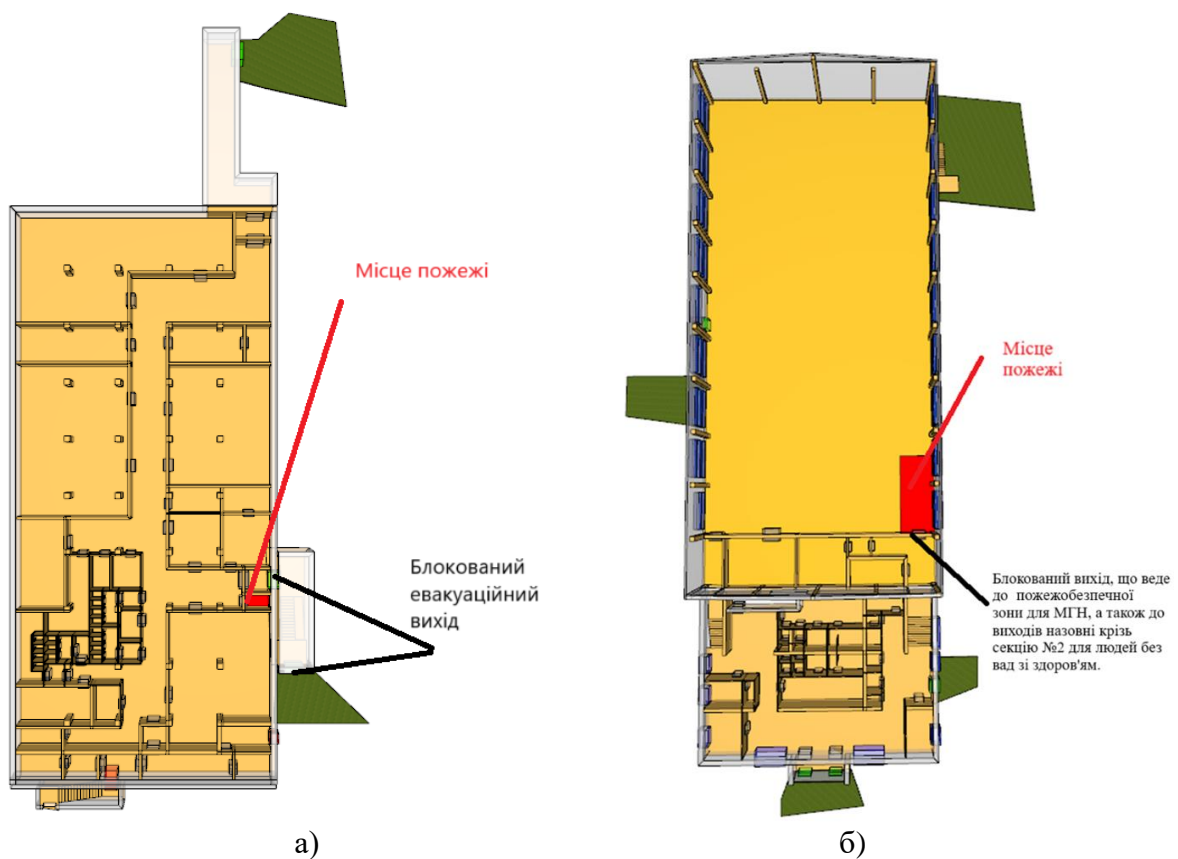
- у ПРУ (Секція №1) - 350 людей;
- у спортивній залі, зони для глядачів (Секція №3,5) – 131 людина. Ймовірне місце розміщення осіб подано на рис. 2



**Рисунок 2** – Ймовірне місце розміщення осіб у будівлі: а) ПРУ; б) спортивна зала

Розглядається 2 сценарії пожежі, а саме:

- 1) Пожежа виникає у ПРУ, рис. 3 а (секція № 1);
- 2) Пожежа виникає у спортивній залі, рис. 3б (секція № 3).



**Рисунок 3** – Місце виникнення пожежі та розміщення осередку: а) ПРУ; б) спортивна зала

Моделювання евакуації людей здійснювалось за допомогою програмного забезпечення PathFinder [3]. Для моделювання розвитку пожежі використано програмне забезпечення FDS [4]. На підставі результатів моделювання оцінено час проходження людей крізь евакуаційні виходи, та значення небезпечних чинників пожежі на шляхах евакуації. Для 1 сценарію використано довідникову швидкість поширення полум'я та швидкість вигорання для пожежної навантаги типу «Спортзали». Для 2 сценарію використано довідникову швидкість поширення полум'я та швидкість вигорання для пожежної навантаги типу «Адміністративні приміщення, учбові класи шкіл, ВНЗ, кабінети поліклініки». Зведені результатами моделювання за двома сценаріями подано у табл. 1,2.

Таблиця 1

Результати моделювання тривалості евакуації та розповсюдження НЧП для 1-го сценарію

№ вимірювача та евакуаційних виходів	T, °C	Vis, м	CO, кг/м <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>	HCl, кг/м <sup>3</sup>
№ 1 (час виходу останньої людини 229 с) двері №1	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 2 (час виходу останньої людини 240 с) двері № 2	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 3 (час виходу останньої людини 271 с) евакуаційний вихід № 1	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
<b>Умови безпечної евакуації у разі пожежі ЗАБЕЗПЕЧЕНО</b>						

Таблиця 2.

Результати моделювання тривалості евакуації та розповсюдження НЧП для 2-го сценарію

№ вимірювача та евакуаційних виходів	T, °C	Vis, м	CO, кг/м <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>
№ 1 (час виходу останньої людини 162 с) евакуаційний вихід №1 з підйомником для М4)	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226
№ 2 (час виходу останньої людини 35 с) двері № 1	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226
№ 3 (час виходу останньої людини 61 с) евакуаційний вихід №2	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226
№ 4 (час виходу останньої людини 48 с) двері №2, вхід до сходової клітини із зони для глядачів	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226
№ 5 (час виходу останньої людини 68 с) двері №3, вихід зі сходової клітини до коридору у секції №4	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226
<b>Умови безпечної евакуації у разі пожежі ЗАБЕЗПЕЧЕНО</b>					

Промодельована евакуація з об'єкту із визначенням тривалості евакуації. За результатами моделювання порівняно значення небезпечних чинників пожежі на шляхах евакуації із часом евакуації. У результаті встановлено, що умови безпечної евакуації у разі пожежі забезпечено. Таким чином у протирадіаційному укритті зі спортивною залом навчального закладу забезпечено належний рівень пожежної безпеки.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення». Зміна №1. Чинний від 01.06.2023 р.
2. PyroSIM user manual 2023. Thunderhead engineering, Manhattan, USA.
3. Pathfinder user manual 2023. Thunderhead engineering, Manhattan, USA.
4. NIST Special Publication 1019 Sixth Edition Fire Dynamics Simulator User's Guide Kevin McGrattan Simo Hostikka Jason Floyd Randall McDermott Marcos Vanella Eric Mueller.

УДК 656.7

## ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВІДМОВИ ВІД СИСТЕМ ДИМОВИДАЛЕННЯ НА ОСНОВІ РОЗРАХУНКУ ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ ПРИ ПОЖЕЖІ НА ПРИКЛАДІ ПРУ

Целуйко І.М.

Національний університет цивільного захисту України

За вимогами ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», видалення диму та гарячих газоподібних приміщень потрібно передбачати для низки об'єктів, зокрема і для споруд цивільного захисту, оскільки переважну кількість з них заглибленими нижче рівня землі, або напівзаглибленими та не мають природнього освітлення. Згідно вимог пункту 10.2.5а, ДБН В.2.5-56:2014, видалення диму та газоподібних продуктів згорання допускається не передбачати з приміщень, проміжок часу заповнення димом яких перевищує проміжок часу евакуації, розрахований згідно з ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення».

У роботі розглядається оцінка можливості використання нормативних підстав, зокрема вищезазначеного пункту, з метою відмови від встановлення систем димовидалення на основі розрахунку часу евакуації при пожежі на прикладі ПРУ.

Розрахунок часу евакуації та небезпечних чинників пожежі виконано за методикою [1].

Із використанням програмного забезпечення РугоSIM [2] розроблено геометричну модель протирадіаційного укриття, що подано на рис. 1.

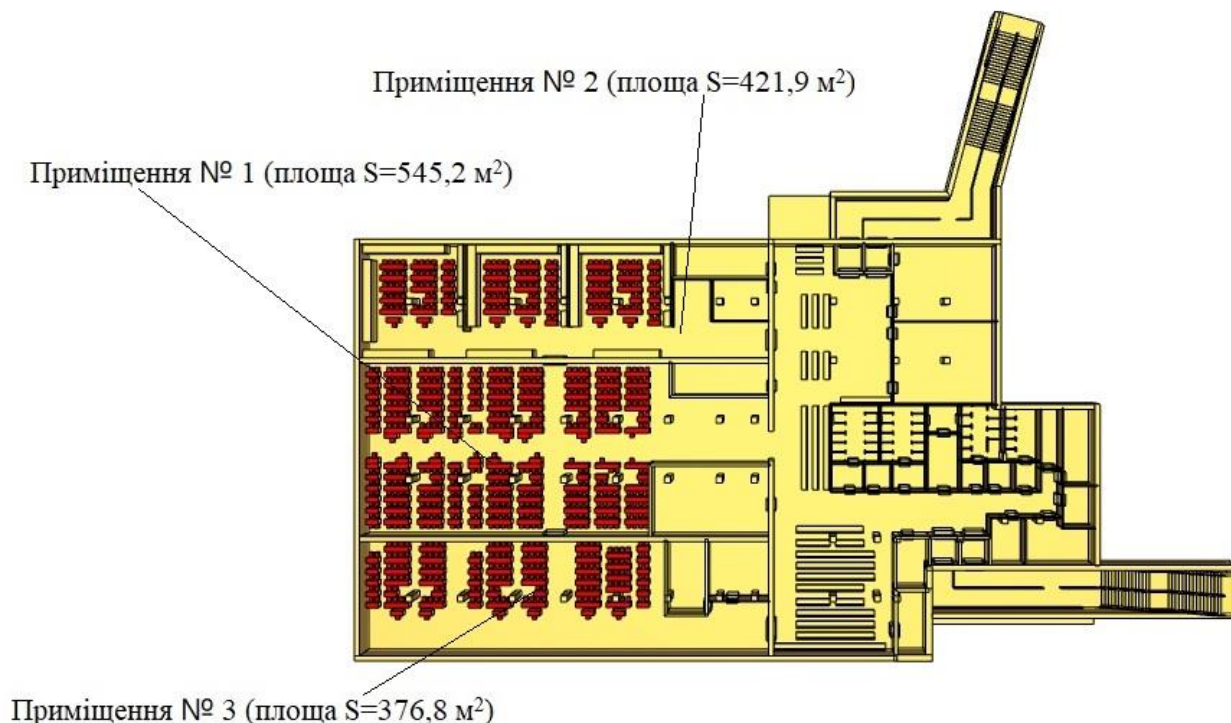


Рисунок 1 – Загальний вигляд

Загальна кількість осіб що може потенційно перебувати у ПРУ 748 осіб, серед яких:

- молодша група (1-4 клас) до 9 років - 312 особи;
- середня та старша група (5-12 клас) від 10 до 16 років – 406 осіб;
- дорослі (вчителі, адміністративний апарат) – 30 осіб, в т.ч. 2 особи-МГН.

Ймовірне місце розміщення осіб подано на рис. 2

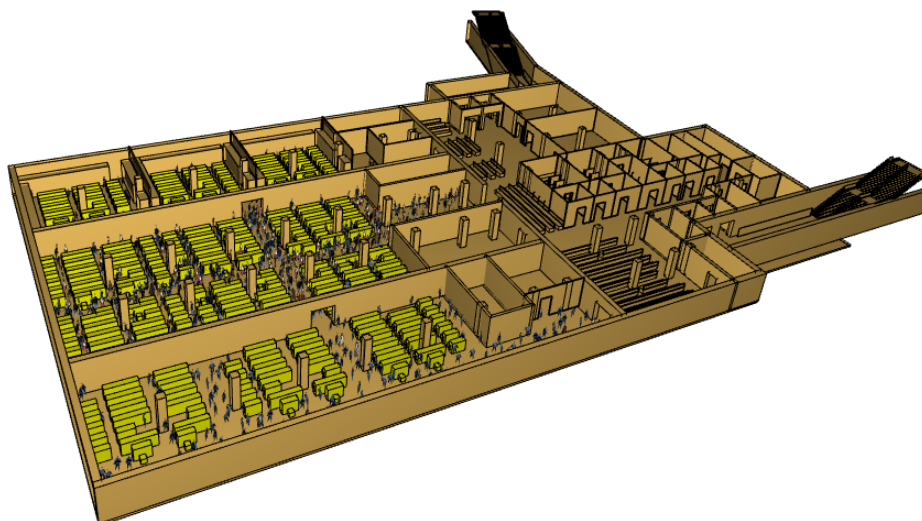


Рисунок 2 – Ймовірне місце розміщення осіб у ПРУ

Місце, де виникає пожежа (рис. 3) визначено в приміщенні № 1 актовій зали, Місце розміщення осередку знаходиться біля одного з евакуаційних виходів приміщення №1, де найбільша пропускна спроможність. Площа пожежі дорівнює  $1,4 \text{ м}^2$ . Обрано показники пожежної небезпеки для «Адміністративних приміщень, учбових класів шкіл, ВНЗ, кабінетів поліклініки».

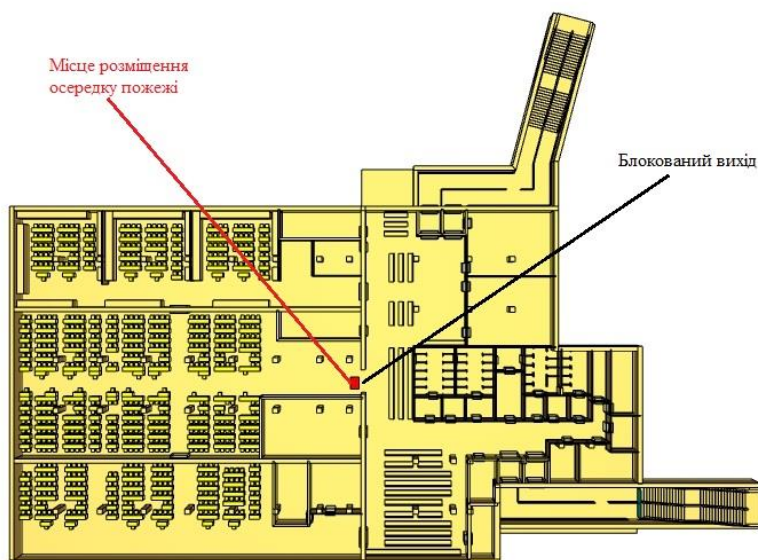


Рисунок 3 – Місце виникнення пожежі та розміщення осередку

Моделювання евакуації людей здійснювалось за допомогою програмного забезпечення PathFinder [3]. Для моделювання розвитку пожежі використано програмне забезпечення FDS [4]. На підставі результатів моделювання оцінено час проходження людей крізь евакуаційні виходи, та значення небезпечних чинників пожежі на шляхах евакуації. Місце розміщення датчиків вимірювання небезпечних чинників пожежі подано на рис. 4. Зведені результатами моделювання подано у табл.1.

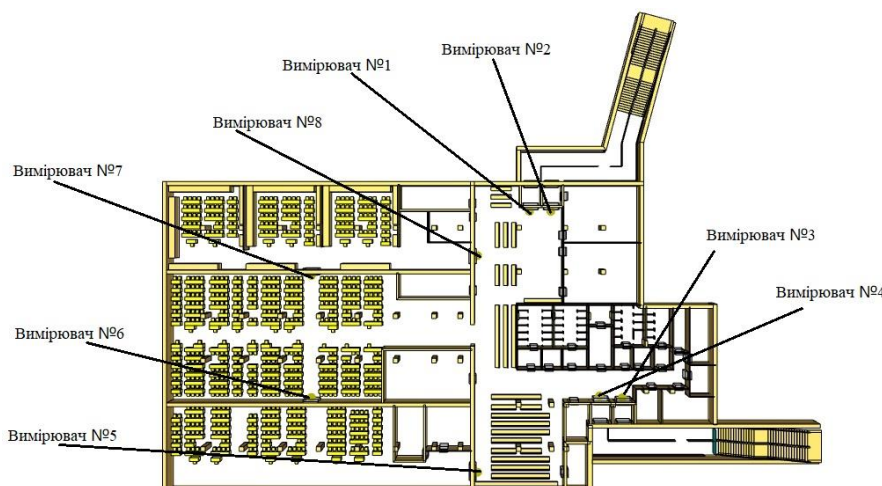


Рисунок 4 – Розташування датчиків вимірювання небезпечних чинників пожежі

Таблиця 1.

Результати моделювання тривалості евакуації та розповсюдження НЧП

№ вимірювача та евакуаційних виходів	T, °C	Vis, м	CO, кг/м <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>	HCl, кг/м <sup>3</sup>
№ 1 (час виходу останньої людини 131 с)	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 2 (час виходу останньої людини 211 с)	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 3 (час виходу останньої людини 261 с)	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 4 (час виходу останньої людини 211 с)	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 5 (час виходу останньої людини 239 с)	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 6 (час виходу останньої людини 222 с)	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 7 (час виходу останньої людини 190 с)	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 8 (час виходу останньої людини 203 с)	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
Умови безпечної евакуації у разі пожежі забезпечено						

Отже за результатами моделювання, підтверджено, що евакуація з ПРУ відбувається до моменту заповнення приміщень димом. Таким чином на підставі пункту 10.2.5а, ДБН В.2.5-56:2014 видалення диму та газоподібних продуктів згорання у ПРУ. допускається не передбачати

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення». Зміна №1. Чинний від 01.06.2023 р.
2. PyroSIM user manual 2023. Thunderhead engineering, Manhattan, USA.
3. Pathfinder user manual 2023. Thunderhead engineering, Manhattan, USA.
4. NIST Special Publication 1019 Sixth Edition Fire Dynamics Simulator User's Guide Kevin McGrattan Simo Hostikka Jason Floyd Randall McDermott Marcos Vanella Eric Mueller



## МОДЕЛЮВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ З ПІДЗЕМНОЇ ШКОЛИ У МЕТРОПОЛІТЕНІ

Дума М.С.

Національний університет цивільного захисту України

В умовах сьогодення у певних містах прийняті рішення щодо організації навчального процесу на станціях метрополітену. У цих випадках певні приміщення переобладнуються під навчальні класи. Оскільки метрополітен продовжує працювати у звичайному режимі і пасажиропотік не змінюється, додатково підвищується кількість людей, що можуть перебувати на станції. Наслідком збільшення кількості людей є підвищення індивідуального пожежного ризику. Тому обов'язковою умовою є виконання перевірки рівня пожежної безпеки таких об'єктів. Одним зі шляхів перевірки є моделювання евакуації при пожежі із розробкою відповідних висновків.

У роботі виконується моделювання евакуації при пожежі з підземної школи у метрополітені за методикою [1].

Із використанням програмного забезпечення PyroSIM [2] розроблено геометричну модель, що подано на рис. 1.

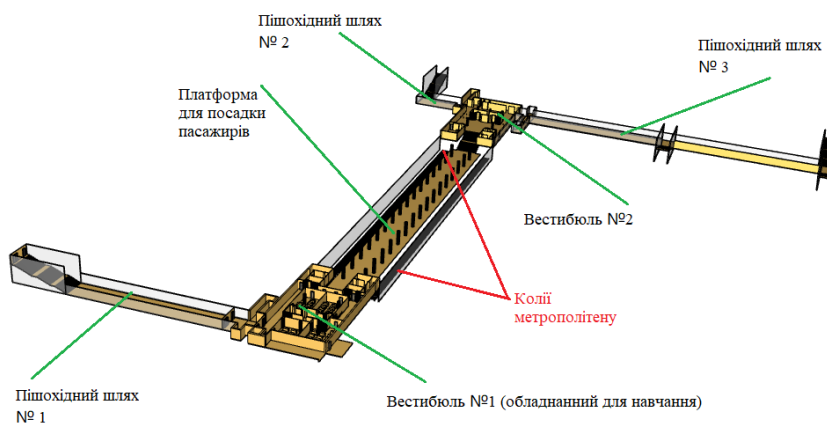


Рисунок 1 – Загальний вигляд

Загальна кількість осіб що може потенційно перебувати на станції - 726 осіб, серед яких у: вестибюлі № 1 – 106 осіб; вестибюль № 2 – 20 осіб; платформа – 600 осіб. Ймовірне місце розміщення осіб подано на рис. 3

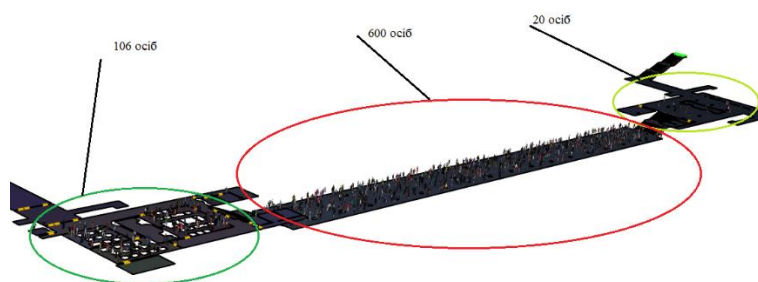
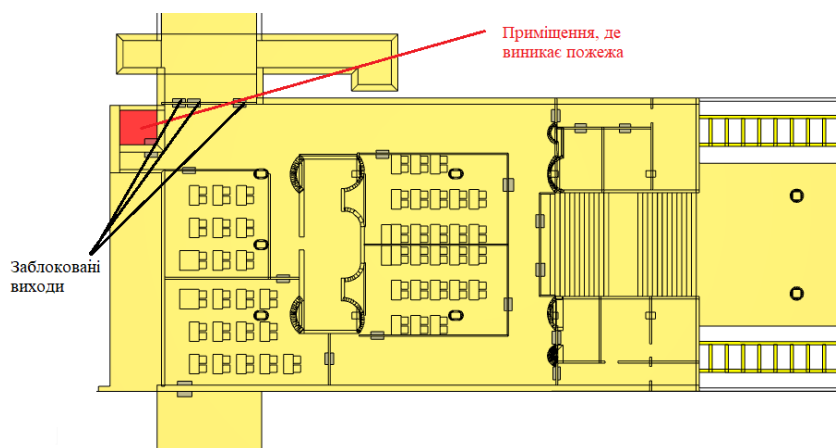


Рисунок 2 – Ймовірне місце розміщення на станції

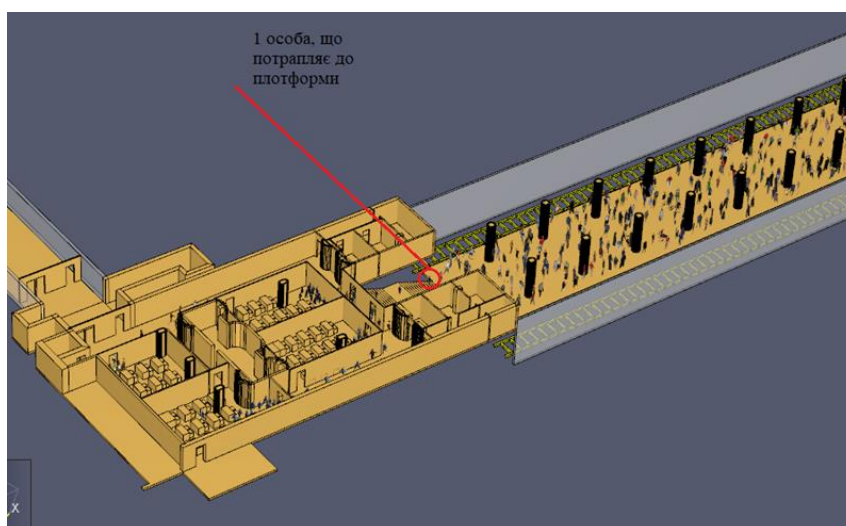
Місце, де виникає пожежа (рис. 3) визначено в приміщенні малого об'єму поблизу від одного з евакуаційних виходів у вестибюлю №1. При цьому даний вихід вважається

блокованим з перших секунд пожежі та під час визначення розрахункового часу евакуації не враховується.



**Рисунок 3** – Місце виникнення пожежі та розміщення осередку пожежі в вистебюлі №1

Оскільки передбачено рух людей з вестибюлю № 1 крізь платформу, доцільно зробити припущення що оповіщення буде швидшим ніж 60 секунд, що регламентовано ДСТУ. Виходячи з зазначеного, початок руху осіб, що знаходяться на платформі буде розпочинатись відповідно з моменту потрапляння 1 особи з вестибюлю № 1 до платформи. Для визначення моменту потрапляння 1 – ї особи до платформи проведено попереднє моделювання та визначено час, який становить 21 секунду, що подано на рис. 4.



**Рисунок 4** – Час досягання платформи 1 особою під час евакуації з вестибюлю

Моделювання евакуації людей здійснювалось за допомогою програмного забезпечення PathFinder [3]. Для моделювання розвитку пожежі використано програмне забезпечення FDS [4]. На підставі результатів моделювання оцінено час проходження людей крізь евакуаційні виходи, та значення небезпечних чинників пожежі на шляхах евакуації. Місце розміщення датчиків вимірювання небезпечних чинників пожежі подано на рис. 5. Зведені результатами моделювання подано у табл.1.

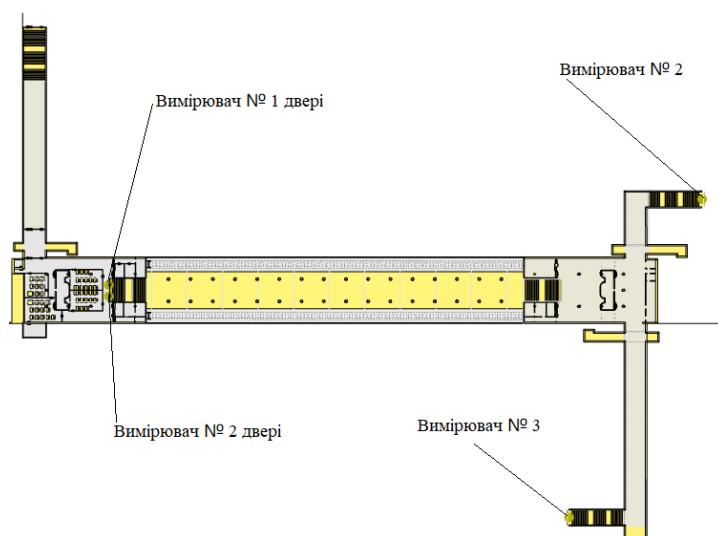


Рисунок 5 – Розташування датчиків вимірювання небезпечних чинників пожежі

Таблиця 1.  
Результати моделювання тривалості евакуації та розповсюдження НЧП

№ вимірювача та вихід	T, °C	Vis, м	CO, кг/м <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>	HCl, кг/м <sup>3</sup>
№ 1 двері (час виходу останньої людини 70 с) двері №1	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 2 двері (час виходу останньої людини 65 с) двері №2	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 2 (час виходу останньої людини 456,5 с) вихід №2	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
№ 3 (час виходу останньої людини 240 с) вихід №3	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226	< 23·10 <sup>-6</sup>
<b>Умови безпечної евакуації у разі пожежі забезпечено</b>						

Промодельована евакуація з об'єкту із визначенням тривалості евакуації. Розроблено сценарії пожежі, за яким очікуються найгірші наслідки. Час початку евакуації для вестибюлю №1 становив 10,5 секунд, для решти осіб на платформі від 21 секунда до 60. За результатами моделювання тривалість евакуації усіх людей назовні 456,5 с. Порівняно значення небезпечних чинників пожежі на шляхах евакуації із часом евакуації. У результаті встановлено, що умови безпечної евакуації у разі пожежі забезпечено.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019 «Пожезна безпека. Загальні положення». Зміна №1. Чинний від 01.06.2023 р.
2. PyroSIM user manual 2023. Thunderhead engineering, Manhattan, USA.
3. Pathfinder user manual 2023. Thunderhead engineering, Manhattan, USA.
4. NIST Special Publication 1019 Sixth Edition Fire Dynamics Simulator User's Guide Kevin McGrattan Simo Hostikka Jason Floyd Randall McDermott Marcos Vanella Eric Mueller.

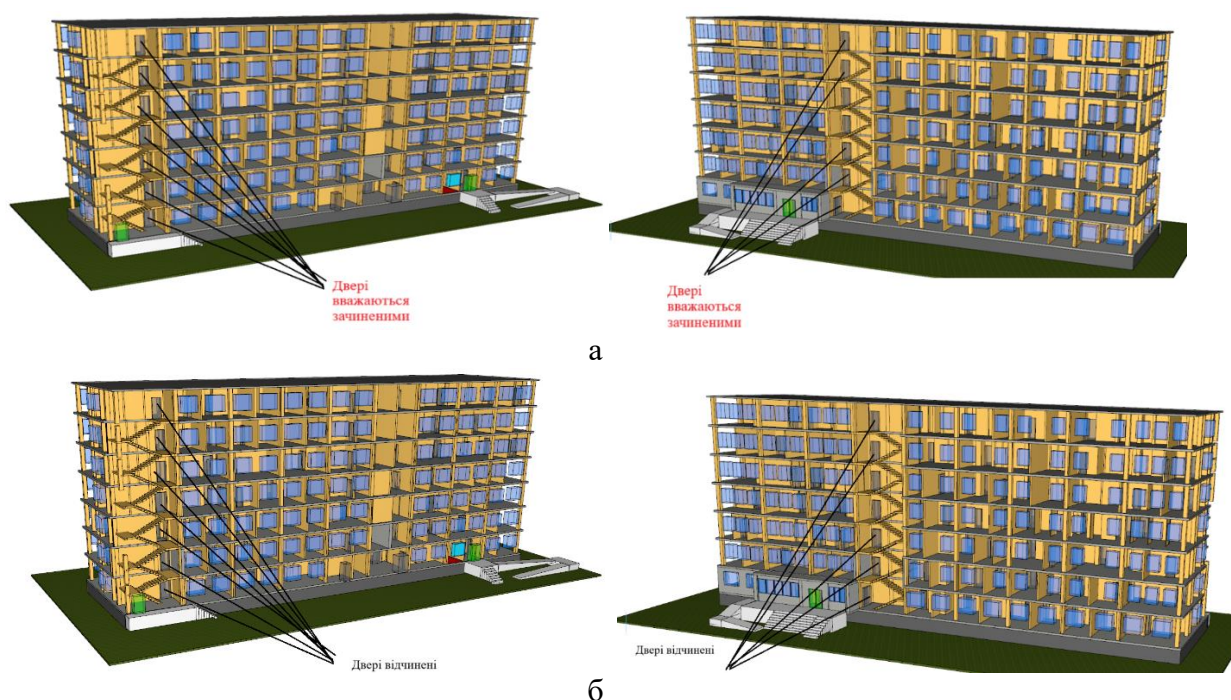
УДК 656.7

## НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ДВЕРЕЙ ІЗ ПРИСТРОЯМИ ДЛЯ САМОЗАЧИНЕННЯ ТА УЩІЛЬНЕННЯМИ В ПРИТУЛАХ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ В БУДІВЛІ ПОЛІКЛІНІКИ

Костенко М.В.

Національний університет цивільного захисту України

Способи запобігання розповсюдження продуктів горіння при пожежі по шляхам евакуації можуть бути виконані певними рішеннями. Одним з таких рішень є виконання вимогу п. 7.2.10, 7.2.11 [1]. Нормами встановлено, що двері виходів до сходових кліток усіх типів повинні бути обладнані пристроями для самозачинення та ущільненнями в притулах. На прикладі об'єкту будівлі поліклініки, промодельовано два сценарії розвитку пожежі: із відчиненими дверями (рис. 1а) на сходових клітинах та с зачиненими (рис. 2а). При цьому пожежа виникає на першому поверсі будівлі. Було оцінено тривалість евакуації людей з об'єкту, шляхом моделювання із використанням програмного забезпечення PathFinder.



**Рисунок 1** – Умови моделювання розвитку пожежі

У результаті порівняння часу блокування шляхів евакуації із часом виходу останньої людини назовні було встановлено, що при відчинених дверях на сходових клітках відбувається зниження видимості, що подано на рис. 2. При цьому умови безпечної евакуації не виконуються. При моделюванні пожежі із зачиненими дверями умови безпечної евакуації було виконано, що подано у табл. 1

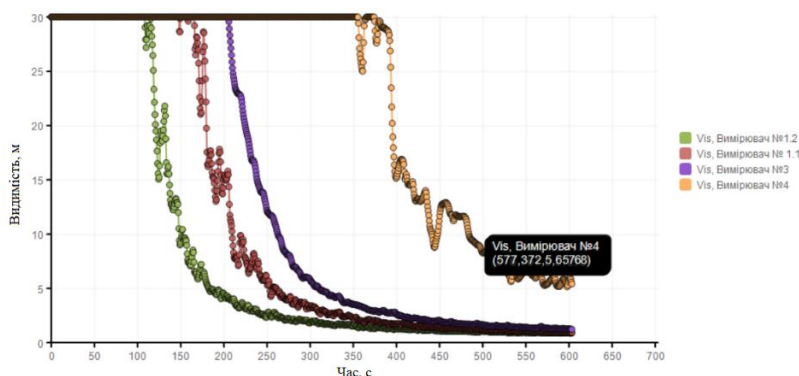


Рисунок 2 – Результати зниження видимості на шляхах евакуації при відчинених дверях

Таблиця 1

Результати розповсюдження НЧП за 1 сценарієм

№ вимірювача та евакуаційних виходів	T, °C	Vis, м	CO, кг/м <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>
№ 1.1 (час виходу останньої людини 111 с) двері №1.1	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226
№ 1.2 (час виходу останньої людини 71 с) двері №1.2	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226
№ 3 (час виходу останньої людини 35 с) двері №2	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226
№ 4 (час виходу останньої людини 577 с) евакуаційний вихід № 3	< 60	<6,2*	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226
<b>Умови безпечної евакуації у разі пожежі НЕ забезпечено</b>					

Таблиця 2

Результати розповсюдження НЧП за 2 сценарієм

№ вимірювача та евакуаційних виходів	T, °C	Vis, м	CO, кг/м <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>
№ 1.1 (час виходу останньої людини 111 с) двері №1.1	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226
№ 1.2 (час виходу останньої людини 71 с) двері №1.2	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226
№ 3 (час виходу останньої людини 35 с) двері №2	< 60	> 20	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226
№ 4 (час виходу останньої людини 577 с) евакуаційний вихід № 3	< 60	> 6,2*	< 1,16·10 <sup>-3</sup>	< 0,11	> 0,226
<b>Умови безпечної евакуації у разі пожежі забезпечено</b>					

Отже обов'язковою вимогою для забезпечення належного рівня пожежної безпеки є підтримання у справному стані пристроїв самозачинення дверей на сходових клітинах, що підтверджено шляхом моделювання евакуації при пожежі.

### ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва
2. Pathfinder user manual 2023. Thunderhead engineering, Manhattan, USA.
3. Pyrosim user manual 2023. Thunderhead engineering, Manhattan, USA.

УДК 614.841.45

**УСТАНОВКА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНОЇ  
ЗДАТНОСТІ (ЕФЕКТИВНОСТІ) ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ТА  
ВИПРОБУВАНЬ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ МАЛОГАБАРИТНИХ ФРАГМЕНТІВ  
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

*Ковалишин В.В., д-р техн. наук, професор, Веселівський Р.Б., канд. техн. наук, доцент,  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Процедура випробування будівельних конструкцій на вогнестійкість використовується для встановлення відповідності конструкції чи певного конструктивного елемента будівлі вимогам щодо вогнестійкості, які визначені нормативними документами. Проведення вогневих експериментів дає змогу отримати найбільш повну інформацію про поведінку будівельних конструкцій при вогневих впливах, проте масштабність натурних випробувань, трудомісткість та енергозатратність спонукає до пошуку та розроблення альтернативних методів, які б, забезпечили дотримання умов проведення експерименту (нормовані температурні режими пожежі) [1], і при цьому дали б змогу попередньо оцінити межу вогнестійкості будівельної конструкції у зменшених розмірах чи експериментально визначити вогнезахисну здатність (ефективність) вогнезахисних покриттів.

При застосуванні вогневих печей для відтворення впливу пожежі на будівельні конструкції, як правило використовують рідке паливо що безперечно впливає на екологічність процесу проведення випробувань, оскільки шкідливі викиди від спалювання викопних видів палива у ХХІ столітті набули катастрофічних масштабів [2].

Розрізняють горизонтальні, вертикальні, гідравлічні, а також зменшені у розмірах печі для випробувань на вогнестійкість [3]. Дані печі дозволяють оцінити вогнестійкість у відповідності до національних та міжнародних стандартів, зокрема: стін і перегородок, дверей, колон та балок, стель, підлог, скляних конструкцій, вентиляційних каналів, оцінити ефективність вогнезахисту тощо.

Сьогодні дослідники створюють та адаптують нові, альтернативні (стандартизованим) установки та методи для оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій та ефективності вогнезахисних покриттів. Зокрема, авторами [4] створено піч для теплофізичних випробувань малогабаритних фрагментів будівельних конструкцій та окремих вузлів їх стикових з'єднань та виконано ряд експериментальних досліджень [5-9]. Для визначення вогнезахисних властивостей реактивних вогнезахисних покриттів для металевих конструкцій авторами [10] створено циліндричну камерну піч шахтного типу з діаметром внутрішнього простору 200 мм, висотою 300 мм, що дає змогу задавати режими нагріву за допомогою карбідокремнієвих електричних нагрівачів. Авторами [11] розроблено піч відповідно до модифікованого стандарту BS 476-22 для оцінки теплоізоляційних властивостей та цілісності будівельних панелей. Усі розглянуті вогневі камери та установки мають свої переваги та недоліки. До переваг слід віднести можливість випробування малогабаритних фрагментів будівельних конструкцій, використання стандартної контрольно-вимірювальної апаратури, простота підготовки досліджень. У більшості розглянутих печей недоліками будуть: складність забезпечення рівномірного прогріву установок та дослідних зразків, можливість регулювання температури всередині вогневої камери під час проведення експерименту (при відхиленнях від стандартної температурної кривої), час на підготовку до експерименту. Також одним з основних недоліків більшості вогневих камер є їх робота на рідкому паливі, що безперечно впливає на екологічність процесу проведення випробувань. Слід зауважити, що забезпечення необхідних режимів нагріву напряду залежить від потужності спалювальних форсунок, котрі з часом експлуатації можуть втрачати свої технічні характеристики потужності, і відповідно не

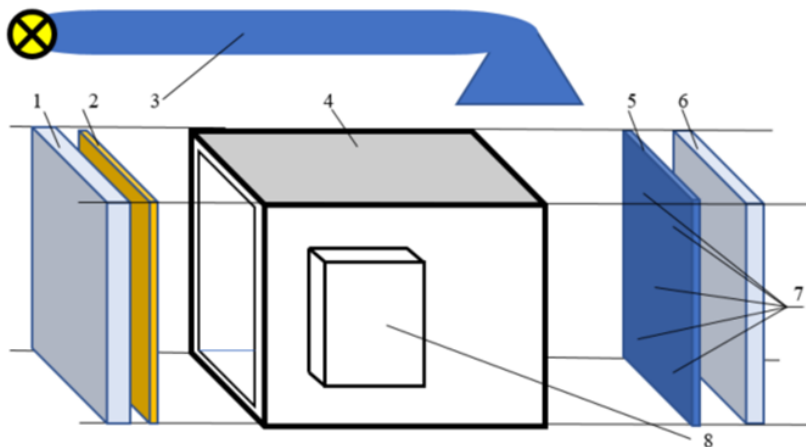
зможуть створювати необхідний для проведення експериментів температурний та вогневий вплив.

Оскільки інтенсивність розвитку пожежі може суттєво відрізнятись в залежності від місця виникнення, а стандартні випробування елементів будівельних конструкцій не завжди можуть ефективно відображати реалістичні сценарії пожежі, актуальним є створення та використання спеціальних установок, камер для випробувань, що будуть відповідати дослідницьким цілям та зменшати шкоду для навколишнього середовища.

Враховуючи проведений огляд та аналіз можливостей існуючих типів вогневих камер, їх переваги та недоліки, необхідно врахувати такі основні фактори: екологічність при використанні; економічна ефективність; компактність установки; визначити технічні характеристики установки; забезпечити нормовані режими пожежі та можливість регулювання температури всередині камери під час проведення експерименту; простота підготовки установки до початку випробування та обслуговування її після проведення випробувань.

З врахуванням вищенаведених факторів створено випробувальну установку, принцип роботи якої, полягає у нагріванні внутрішнього простору печі за допомогою електричних нагрівальних елементів, які на відміну від рідкого палива (дизельного палива, мазуту, газу) не завдають шкоди навколишньому середовищу та довкіллю [12].

Температура у внутрішній камері печі контролюється термопарами із фіксацією результатів за допомогою контрольно-вимірювального пристрою. Схематичне зображення установки представлено на рисунку 1.



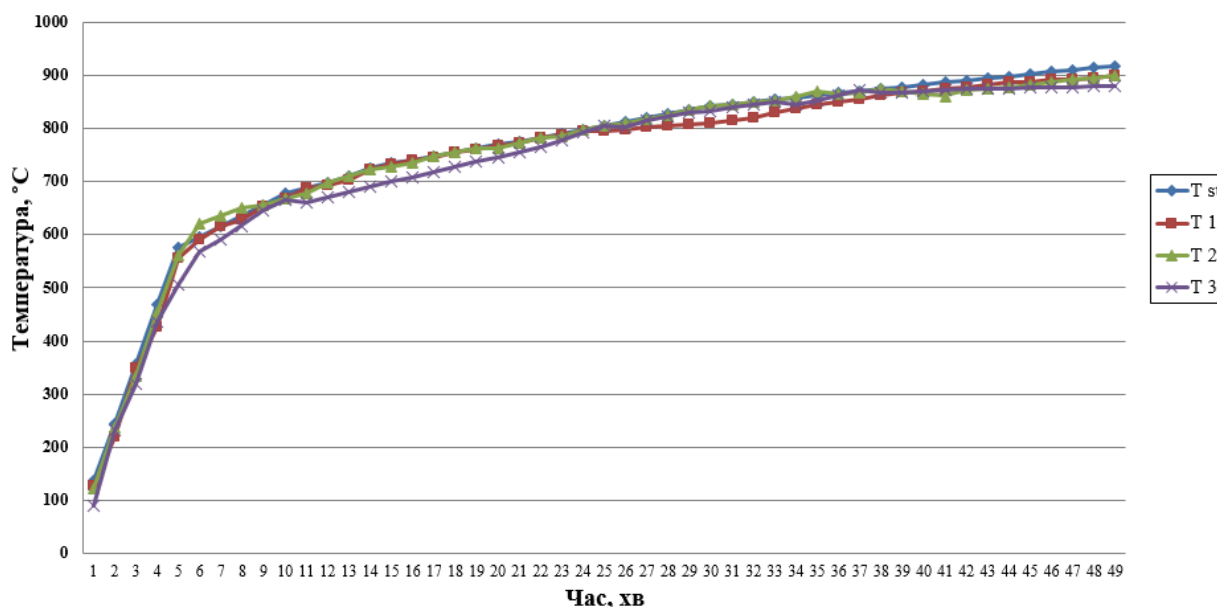
**Рисунок 1** – Схематичне зображення установки для визначення вогнезахисної здатності (ефективності) вогнезахисних покриттів та випробувань на вогнестійкість малогабаритних фрагментів будівельних конструкцій: 1 – теплоізоляція радіаційної панелі, 2 – радіаційна панель, 3 – вентиляційна система, 4 – випробувальна камера з теплоізоляцією, 5 – дослідний зразок, 6 – теплозахисний матеріал для захисту від втрат температури (товщ. 40 мм), 7 – місця встановлення термоперетворювачів ТХА для контролю температури на дослідному зразку, 8 – блок керування нагрівом радіаційної панелі

Нагрівальна радіаційна панель складається з трьох нагрівачів потужністю 4 кВт кожний, що живляться напругою 220 В від трифазної мережі. Робочий нуль загальний.

Для управління нагрівом радіаційної панелі розроблено блок управління – модуль регулювання змінної напруги, призначений для регулювання температури нагріву радіаційної панелі випробувальної камери [12].

Результати тестових випробувань щодо дотримання стандартного температурного режиму пожежі представлені на рисунку 2. На рисунку показані середні значення з термопар

за результатами трьох випробувань. Заміри температури фіксувались на відстані 100 мм від дослідного зразка.



**Рисунок 2** – Температурно-часова залежність нагріву камери установки: Tst – нормований стандартний температурний режим пожежі, T1 – середнє значення першого тестового випробування, T2 – середнє значення другого тестового випробування, T3 – середнє значення третього тестового випробування

Отримані дані, свідчать про те, що розмір установки та можливість регулювання температури нагріву забезпечують необхідні температурно-часові залежності, що регламентовано стандартами випробувань. Результати експериментальних досліджень [13], підтверджують можливість використання виготовленої установки для оцінювання вогнезахисної ефективності вогнезахисних покриттів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі : ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 (EN 1991-1-2:2002, IDT) [Чинний від 01-07-2010]. Київ: ДП «НДІБК», 2013.
2. Hannah Ritchie, Pablo Rosado and Max Roser (2020) - "CO<sub>2</sub> emissions by fuel" Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/emissions-by-fuel> [Online Resource].
3. Fire Resistance Test Furnace, Fire Resistance Test Furnace & Fire Test Apparatus – CMTS. Available online: <https://www.cmtsproduct.com/fire-resistance-test-furnace/> (дата звернення: 03.12.2024).
4. Піч для теплофізичних випробувань малогабаритних фрагментів будівельних конструкцій та окремих вузлів їх стикових з'єднань. Пат. 17160 Україна, МПК (2006) F23M5/00. заявл. 20.03.2006., опубл. 15.09.2006. – Бюл. № 9.
5. Веселівський Р.Б. Обґрунтування умов застосування вертикальних багатошарових огорожувальних конструкцій будівель і споруд з урахуванням їх вогнестійкості : дис. ... канд. техн. наук : 21.06.02 / Львів. держ. ун-т безпеки життєдіяльності. Львів, 2012. 144 арк.
6. Веселівський Р.Б., Василенко О.О., Яковчук Р.С. Експериментальне дослідження вогнестійкості огорожувальних конструкцій з комбінованим наповнювачем. *Пожежна безпека*. 2015. № 26. С. 19–25.



7. Веселівський Р.Б., Яковчук Р.С., Василенко О.О., Семенюк П.В. Експериментальне дослідження вогнестійкості огорожувальних конструкцій захищених гіпсокартонними плитами. *Пожежна безпека*. 2015. № 27. С. 26–32.

8. Веселівський Р.Б., Семерак М.М., Яковчук Р.С. Теоретичне обґрунтування вогнестійкості огорожувальної конструкції з фібролітовими плитами. *Пожежна безпека*. 2014. № 24. С. 14–19.

9. Половко А.П., Веселівський Р.Б., Василенко О.О., Шелюх Ю.Є. Експериментальне дослідження вогнестійкості багатопарових огорожувальних конструкцій. *Пожежна безпека*. 2011. № 19. С. 118–123.

10. Андронов В.А., Рибка Є.О. Лабраторна установка для визначення вогнезахисних властивостей реактивних вогнезахисних покриттів для металевих конструкцій. *Проблеми пожежної безпеки*. 2009. № 26. С. 3–11.

11. Binmeng Chen, Honggang Zhu, Bo Li, Manlung Sham, Zongjin Li, Study on the fire resistance performance of cementitious composites containing recycled glass cullets (RGCs), *Construction and Building Materials*, Volume 242, 2020, 117992, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117992>.

12. Veselivskyi R.B., Yakovchuk R.S., Petrovsky V.L., Havrys A.P., Smolyak .V., Kahitin O.I. Environmentally safe installation for determining the fire resistance of coatings and fire resistance tests of small fragments building structures / *Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific and-technical collected articles*. – К.: KNUBA, 2024. – Issue 112. – P. 248-257, <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2024.112.248-257>.

13. Веселівський Р.Б., Яковчук Р.С., Смоляк Д.В., Петровський В.Л. Методика дослідження вогнезахисної здатності вогнезахисного покриття на основі полісилоксану та оксидів алюмінію, титану і хрому для сталевих будівельних конструкцій. *Комунальне господарство міст*. 2024. № 1(182), 171–179, <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-1-182-171-179> (2024).

## **УДК 614.835**

### **ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ СКЛАДІВ НАФТИ І НАФТОПРОДУКТІВ В УМОВАХ ВІЙНИ**

*Ференц Н. О., канд. техн. наук, доцент*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Склади нафти і нафтопродуктів характеризуються високою вибухопожежною небезпекою. Статистичні дані про пожежі у резервуарних парках нафтобаз свідчать про слабку стійкість резервуарів до вибухів і теплового впливу пожежі, що у 30 % випадків призводить до порушення цілісності або до руйнування. Це спричиняє прогресуючий розвиток пожеж – розлив рідин, виникнення нових осередків горіння, вибухів, що значно збільшує тривалість гасіння, а іноді і взагалі не дає можливість вести боротьбу з вогнем.

**Мета роботи** – аналіз нормативних вимог щодо безпеки складів нафти і нафтопродуктів.

В умовах війни внаслідок ракетно-артилерійського обстрілу нафтобаз та складів паливо-мастильних матеріалів виникають руйнування та пошкодження значної кількості резервуарів, споруд і технологічних комунікацій, що супроводжується масштабними пожежами. Під час пожеж в резервуарних парках спостерігається: руйнування резервуарів внаслідок пожежі, розлив та розповсюдження нафтопродуктів на значну площу, у тому числі через відсутність в окремих випадках обвалування резервуарних парків; вилив нафтопродуктів з резервуарів внаслідок прогрівання та спінювання; викид з резервуарів темних нафтопродуктів внаслідок прогрівання; утворення в пошкоджених резервуарах зон, що ускладнюють подачу вогнегасних речовин унаслідок обвалення покрівлі; щільне теплове

випромінювання від резервуара, що горить, потужні конвективні потоки продуктів горіння та зміна їх напрямків залежно від метеорологічних умов; швидкий розвиток пожежі та поширення вогню технологічними лотками, каналізаційними та іншими системами; пошкодження резервуарів внаслідок розльоту уламків ракет і витікання з них нафтопродуктів.

Розливи нафти і нафтопродуктів належать до найбільш небезпечних за наслідками аваріями у резервуарних парках нафти і нафтопродуктів. Від площі розлитої рідини залежить кількість пари, яка випарується з розливу, і бере участь у вибуху, а також кількість сил та засобів, що залучаються до гасіння пожежі.

В методиці розрахунку висоти обвалування [1] вказано, що вільний від забудови об'єм обвалованої території, який утворюється між внутрішніми відкосами обвалування, повинен прийняти розрахунковий об'єм рідини, яка розлилась, що дорівнює одному найбільшому по об'єму резервуару в групі. Однак, під час ракетних обстрілів руйнується не лише один з резервуарів і нафтопродукти можуть розтікатися за межі резервуарного парку та створювати загрозу поширення пожеж на сусідні об'єкти і населені пункти. Трагічною була пожежа у Немишлянському районі Харкова 9 лютого 2024 року, коли російські безпілотники влучили по нафтобазі, внаслідок влучання стався витік пального, через що спалахнула пожежа, у якій згоріло семеро людей і щонайменше 15 будинків.

Навіть у мирний час при гасінні складів нафтопродуктів гинуть люди. Пожежа на нафтобазі у Васильківському районі Київської області, спричинена [вибухом](#) і подальшим [займанням нафтопродуктів](#) почалася [8 червня 2015](#) року і тривала 8 днів, внаслідок пожежі на нафтобазі загинуло шестеро осіб, із них четверо – пожежники, 18 осіб травмовано. Причиною загибелі були вибухи резервуарів. Для резервуарів на вказаній нафтобазі не передбачено стаціонарних установок охолодження.

Згідно з [1] стаціонарною установкою охолодженням слід обладнувати: наземні резервуари зі стаціонарною покрівлею або понтоном об'ємом 5000 м<sup>3</sup> і більше та резервуари з плаваючою покрівлею об'ємом 50000 м<sup>3</sup> і більше. Однак, наявність стаціонарних установок охолодження на резервуарах з об'ємом меншим за вказані могла б врятувати життя пожежників.

В оцінці вибухопожежонебезпеки технологічних процесів: ймовірнісний і детермінований. Ймовірнісний підхід базується на розрахунку можливості досягнення певного рівня вибухопожежонебезпеки об'єкта. Прикладом такого підходу є положення ДСТУ 8828-2019 [2], у якому, на підставі заданого рівня вибухопожежонебезпеки регламентується рівень пожежної безпеки об'єкта, тобто рівень систем запобігання пожежі і протипожежного захисту, що у сукупності повинні виключати вплив на людей небезпечних чинників пожежі. Можливість впливу зазначених чинників не повинна перевищувати нормативну, що дорівнює  $10^{-6}$  в рік у розрахунку на кожну людину, можливість виникнення пожежі також не повинна перевищувати  $10^{-6}$  в рік в одиничному виробі. Оскільки, вибухопожежонебезпека будь-якого об'єкта визначається вибухопожежонебезпекою його складових частин (технологічних апаратів, установок, приміщень) дана система оцінки не знайшла застосування в практиці визначення рівня безпеки об'єкта через «громізdkість».

Детермінований метод базується на певній кількісній диференціації приміщень і будівель на категорії [3]. У ДСТУ Б В.1.1-36:2016 вказано [3], що кількість речовин, що потрапили до приміщення і можуть утворювати вибухонебезпечні газо- або пароповітряні суміші, визначають за умови, що відбувається розрахункова аварія одного з апаратів. Однак, в реальних умовах руйнування одного апарата спричиняє прогресуючий розвиток пожежі. Таким чином, розрахункова аварія одного з апаратів не відповідає реальним подіям.

Вимоги до протипожежного проектування підприємств, будівель та споруд нафтопереробної і нафтохімічної промисловості було викладено у НАПБ Б В 07.003-88/112 (ВУПП-88). Проте, вказаний документ скасований згідно з розпорядженням Кабінету міністрів України від 18.12.2017р. №1022 і на даний час новий документ відсутній.

Будівельні норми і правила (СНіП 2.09.02-85\*) [4], які чинними є в Україні, видані ще у 1985 році і потребують оновлення.

Наказом від 28.12.2022 № 285 Державним підприємством «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» прийнято як національний стандарт ДСТУ EN 61882:2022 (EN 61882:2016, IDT; ІЕС 618821:2016, IDT) «Дослідження небезпеки та працездатності (дослідження HAZOP) - посібник із застосування» [5], згідно з яким здійснюється оцінювання небезпеки виробничого об'єкта в країнах ЄС і який чинний в Україні від 31.12.2023р.

Таким чином, аналіз нормативних вимог щодо зберігання ЛЗР та ГР на складах нафти і нафтопродуктів об'єктах свідчить про недосконалість нормативно-технічної бази та необхідність впровадження вимог стандартів ЄС.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. ВБН В.2.2-58.1-94. Проектування складів нафти та нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа. [Чинний з 18.03.1994]. Київ: 1994. 196 с. (Інформація та документація).
2. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний з 01.01.2020]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 84 с. (Інформація та документація)
3. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.[Чинний від 2017-01-01]. Київ, 2016. 31 с. (Інформація та документація).
4. Виробничі будівлі : СНіП 2.09.02–85\*. [Чинний з 01.04.2005]. Київ: Держбуд України, 2005. 17 с. (Інформація та документація)
5. ДСТУ EN 61882:2022 (EN 61882:2016, IDT; ІЕС 618821:2016, IDT) Дослідження небезпеки та працездатності (дослідження HAZOP) - посібник із застосування. [Чинний від 2023-12-31]. Київ, 2023. 62 с. (Інформація та документація).

**УДК 614.835**

#### **АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕКИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОГО ВОДНЮ**

*Ференц Н.О., канд. техн. наук, доцент,  
Павлюк Ю.Е., канд. техн. наук, професор  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Проблема розвитку водневої економіки в Україні, пошук свого місця у новій глобальній водневій економіці є однією з ключових та стратегічних. В нашій країні сучасних водневих технологій ще немає. Але водень має широке використання – в металургії, в хімічній промисловості, при виробництві азотних мінеральних добрив, твердих жирів. Водень використовується і в енергетиці для охолодження турбін.

Найбільша небезпека при виробництві електролітичного водню полягає в утворенні вибухонебезпечної суміші водню з киснем (4,12 – 75,0% об.) чи з повітрям (4,9 – 95% об.) в апаратах і трубопроводах електролізної установки [1].

Вибуховість водневокисневих і водневоповітряних сумішей не є постійною величиною і змінюються залежно від температури, тиску, вологості газової суміші, характеру джерела запалювання, форми і матеріалу апарата та інших чинників.

Вибухи воднево-повітряних сумішей виявляються досить руйнівними – максимальний тиск вибуху стехіометричної воднево-повітряної суміші становить 730 кПа. Небезпека вибухів водню в незамкнених об'ємах є високою при аварійних викидах рідкого водню або раптових одноразових викидах значних мас газоподібного водню. Для виникнення

займання і вибуху газової суміші необхідна не тільки певна концентрація водню в повітрі чи кисні, але і відповідний імпульс.

Основними небезпечними процесами на об'єктах, де знаходяться електролізні установки, є процес електролізу, зберігання та транспортування водню. Відповідно, підвищену небезпеку має електролізна установка, ресивери та трубопроводи з воднем.

Основними причинами виникнення аварії на електролізній установці є:

- порушення роботи схеми регулювання тиску водню і кисню;
- помилкові перемикання вентилів в схемі електролізної установки і відсутність відповідного технологічного захисту;
- неповне продування апаратів і трубопроводів азотом;
- неповне продування ресиверів для водню вуглекислим газом;
- порушення в роботі електролізера і відсутність сигналізації та захисту;
- міжкристалітна корозія металу ресиверів водню.

Для оцінки вибухопожежонебезпеки водню у роботі використовувався метод розрахунку зон, обмежених нижньою концентраційною межею поширення полум'я, при аварійному надходженні водню у відкритий простір при нерухомому повітряному середовищі [2].

Відстані  $X_{НКМПП}$ ,  $Y_{НКМПП}$  і  $Z_{НКМПП}$ , м, для горючих газів, які обмежують область концентрацій, що перевищує НКМПП, розраховували за формулами [2]:

$$X_{НКМПП} = Y_{НКМПП} = 14,6 \cdot \left( \frac{m_{\Gamma}}{\rho_{\Gamma} \cdot C_{НКМПП}} \right)^{0,33},$$

$$Z_{НКМПП} = 0,33 \cdot \left( \frac{m_{\Gamma}}{\rho_{\Gamma} \cdot C_{НКМПП}} \right)^{0,33},$$

де:  $m_{\Gamma}$  – маса горючого газу (водню), який надійшов у відкритий простір при аварійній ситуації, кг;  $\rho_{\Gamma}$  – густина горючого газу (водню) при розрахунковій температурі і атмосферному тиску, кг/м<sup>3</sup>;  $C_{НКМПП}$  – нижня концентраційна межа поширення полум'я горючого газу (водню), % (об.).

У таблиці 1 приведено значення розмірів зон, які обмежені нижньою концентраційною межею поширення полум'я горючого газу (водню) при аварії на електролізній установці.

Таблиця 1

Характеристика розмірів зон, які обмежені нижньою концентраційною межею поширення полум'я горючого газу (водню) при аварії на електролізній установці

Найменування обладнання	Маса водню, який надійшов у відкритий простір при аварії, кг	Відстань, яка обмежує область концентрацій, яка перевищує НКМПП, м		
		$X_{НКМПП}$	$Y_{НКМПП}$	$Z_{НКМПП}$
Ресивер водню	15,05	53,66	53,66	1,21
Трубопровід водню	1,41	24,05	24,05	0,54

Для розрахунку параметрів хвилі тиску при згорянні газоповітряних сумішей у відкритому просторі визначають надлишковий тиск  $\Delta P$  в ударній хвилі за формулою [2]:

$$\Delta P = P_0 \cdot (0,8 \cdot m_{ПР}^{0,33} \cdot r^{-1} + 3 \cdot m_{ПР}^{0,66} \cdot r^{-2} + 5 \cdot m_{ПР} \cdot r^{-3}),$$

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ І ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ**

де:  $\Delta P$  – надлишковий тиск в ударній хвилі, кПа;  $P_0$  – атмосферний тиск, кПа;  $r$  – відстань від геометричного центр газоповітряної хмари, м;  $m_{np}$  – приведена маса газу, кг, яку обчислювали за формулою:

$$m_{np} = \left( \frac{q_{3z}}{q_m} \right) \cdot m_z \cdot z,$$

де:  $q_{3z}$  – питома теплота згоряння горючого газу, Дж/кг;  $z$  – коефіцієнт участі, значення якого приймають таким, що дорівнює 0,1;  $q_m$  – константа, яка дорівнює  $4,52 \cdot 10^6$  Дж/кг;  $m_{zn}$  – маса горючих газів, які надійшли у докільля внаслідок аварії, кг.

Встановлено, що надлишковий тиск  $\Delta P$  в ударній хвилі при аварії електролізної установки перевищує 5 кПа, що дає підстави віднести приміщення електролізних до категорії А – вибухопожежонебезпечна.

Для убезпечення електролізних установок необхідна надійна і ефективна система захисту. Це системи аварійної зупинки, запобіжні пристрої, пристрої утилізації водню, засоби виявлення, системи сигналізації, контрольно-вимірювальні прилади, засоби пожежогасіння.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Ferents, N., & Kucheryava, M. (2018). ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ЕЛЕКТРОЛІЗНИХ УСТАНОВОК. *Пожежна безпека*, 23, 167-170.

2. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [Чинний від 2017-01-01]. Київ, 2016. 31 с. (Інформація та документація).

**УДК 351.77**

### **ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ ПОЖЕЖНО-ТЕХНІЧНИХ ЕКСПЕРТИЗ В ДСНС**

*Гайдук М. О., начальник дослідно-випробувальної лабораторії АРЗ СП ГУ ДСНС України у Хмельницькій області, аспірант Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*

Щороку в Україні виникають десятки тисяч пожеж, що потребують досліджень та встановлення причин їх виникнення. Після початку повномасштабної війни, за результатами 2022 року в Україні було зареєстровано 80652 пожежі. Порівняно з 2021 роком кількість пожеж збільшилася на 1,5 %. У 2023 році кількість пожеж частково знизилась, проте за статистикою щодня в середньому, виникало 186 пожеж, матеріальні втрати від яких склали 226 млн 076 тис. гривень [1].

Державною службою України з надзвичайних ситуацій (далі ДСНС) відповідно до [2] на місці пожежі виконуються дії спрямовані на виявлення і фіксацію доказів, встановлення обставин та причин виникнення пожеж, а також умов, що призвели до їх виникнення і поширення. За результатами роботи на місці пожежі представник ДСНС складає акт про пожежу та висновок ДСНС про причину виникнення пожежі. Акт про пожежу складається виключно уповноваженими особами територіального органу ДСНС, а висновок ДСНС про причину виникнення пожежі може складатись уповноваженими особами або посадовою особою дослідно-випробувальної лабораторії (далі ДВЛ).

Посадова особа ДВЛ залучається до дослідження пожеж (участь в огляді місця події, фіксація обстановки на місці пожежі, проведення пожежно-технічних досліджень (експертизи) та встановлення обставин і причин виникнення пожежі) слідчим та посадовими особами територіальних органів ДСНС через ОКЦ ДСНС, посадову особу територіального підрозділу ГУНП у разі, якщо: внаслідок пожежі загинуло три і більше або постраждало 5 і

більше осіб; сталася пожежа із загибеллю або травмуванням людей на підприємствах, установах, в організаціях, закладах; площа пожежі складає 1000 та більше метрів квадратних; орієнтовні збитки внаслідок пожежі становлять 10 тисяч і більше неоподатковуваних мінімумів доходів громадян; наявна інша необхідність залучення за рішенням слідчого. У разі зазначення слідчим у постанові про призначення пожежно-технічної експертизи або при погодженні слідчим клопотання експерта про необхідність залучення посадова особа ДВЛ бере участь у проведенні зазначеної експертизи. Під час залучення до виконання судової пожежно-технічної експертизи, посадова особа ДВЛ користується правами, визначеними КПК України [3] та Законом України «Про судову експертизу» [4].

Отже [2] визначає, що посадові особи ДВЛ можуть бути експертами, проте впродовж усього часу діяльності ДСНС дана можливість не була реалізована і жоден з представників не мав кваліфікації судового експерта.

З метою ефективного використання наданих повноважень в ДВЛ Хмельницької області було ініційовано процес підготовки судового експерта відповідно до вимог законодавства. В результаті проведеної роботи одним з працівників ДВЛ було успішно отримано кваліфікацію судового експерта за спеціальністю 10.8 «Дослідження обставин виникнення і поширення пожеж та дотримання вимог пожежної безпеки» та розпочато відповідну діяльність, як атестованими судовим експертом, що не працює у державній спеціалізованій експертній установі, згідно до [5]. Наказ [5] передбачає, що у разі здійснення судовим експертом судово-експертної діяльності у складі юридичної особи умови для її здійснення забезпечує керівник цієї юридичної особи, а підсумковий документ надсилається органу (особі), який (яка) призначив(ла) експертизу (залучив(ла) експерта), із супровідним листом цієї юридичної особи, що фактично є підтвердженням можливості роботи таких судових експертів у складі ДВЛ, оскільки остання входить до складу Аварійно-рятувального загону спеціального призначення ГУ ДСНС України Хмельницькій області, що є окремою юридичною особою. Даний факт є початком розвитку судово-експертної діяльності в структурі ДСНС.

Відповідно до [4] ДСНС не входить до переліку державних спеціалізованих установ, проте пожежно-технічна експертиза є різновидом інженерно-технічної експертизи [6], яку можуть виконувати атестовані судові експерти, що не працюють у державних спеціалізованих експертних установах. Оскільки ДСНС не входить до переліку державних спеціалізованих установ та не отримує відповідного фінансування з державного бюджету експертизи проводяться на підставі договору, тобто це є платною послугою, яку надає ДСНС. Окремо варто зауважити, ДСНС при наданні платних послуг керується [7], якою передбачено надання платної послуги такої, як «Проведення експертизи причин виникнення пожежі та стану пожежної безпеки приладів, обладнання та продукції».

В [4] визначено, що підставою проведення судової експертизи є відповідне судові рішення чи рішення органу досудового розслідування, або договір з експертом чи експертною установою - якщо експертиза проводиться на замовлення інших осіб. Експерт ДВЛ не має права самостійно заключати договір, оскільки він працює в складі юридичної особи та є особою начальницького складу служби цивільного захисту. Договір укладається з юридичною особою, що фактично є експертною установою, яка не входить до державних спеціалізованих експертних установ. В [4] відсутнє визначення, що є «експертна установа», проте дане визначення є в [8]. Відповідно при застосуванні аналогії права можна стверджувати, що в даному випадку, експертна установа це - фізична чи юридична особа, діяльність якої полягає у проведенні за плату досліджень (експертиз), яка самостійно або фахівці якої підтвердили свою кваліфікацію у порядку, встановленому законом для судових експертів.

Законодавство в судово-експертній діяльності, як і усе інше в умовах війни потребує суттєвого удосконалення. Чіткого регулювання судово-експертної діяльності в структурі ДСНС немає, що суттєво ускладнює процес її розвитку. Здійснення судово-експертної діяльності в структурі ДСНС, а також її розвиток з залученням науково-практичного потенціалу вищих навчальних закладів у сфері ДСНС є нагальною потребою, оскільки, на

сьогодні, пожежі є досить складними (до прикладу дослідження причин виникнення пожеж сучасних електроавтомобілів [9]), а кількість пожеж по яких нагально потрібні експертні висновки щодо причин виникнення пожеж постійно зростає.

Актуальним залишається і застосування пожежно-технічних експертиз для виявлення порушень правил пожежної безпеки, зокрема не якісного вогнезахисного оброблення дерев'яних конструкцій, що часто стає причиною загибелі людей.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2023. ІДУ НД ЦЗ, Київ, 2024. URL: <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/2/0/1/8/2/6/2/analitychna-dovidka-pro-rojeji-122023.pdf> (дата звернення: 06.05.2024).

2. Про затвердження Порядку спільних дій Національної поліції України, Державної служби України з надзвичайних ситуацій та Експертної служби Міністерства внутрішніх справ України під час проведення огляду місця пожежі, виявлення, припинення, попередження та розслідування кримінальних правопорушень та інших подій, пов'язаних з пожежами: Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 24 липня 2017 року № 621 / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0998-17#Text> (дата звернення: 06.05.2024).

3. Кримінальний процесуальний Кодекс України від 13 квітня 2012 року № 4651-VI [Електронний ресурс] : [Режим посилання] : URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/4651-17> (дата звернення: 06.05.2024).

4. Про судову експертизу: Закон України від 25 лютого 1994 року № 4038 -XI / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4038-12#Text> (дата звернення: 06.05.2024).

5. Про затвердження Інструкції про особливості здійснення судово-експертної діяльності атестованими судовими експертами, що не працюють у державних спеціалізованих експертних установах: Наказ Міністерства юстиції України від 12 грудня 2011 року № 3505/5 / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1431-11#Text> (дата звернення: 06.05.2024).

6. Про затвердження Інструкції про призначення та проведення судових експертиз та експертних досліджень та Науково-методичних рекомендацій з питань підготовки та призначення судових експертиз та експертних досліджень: Наказ Міністерства юстиції України від 08 жовтня 1998 року № 53/5 року / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0705-98#Text> (дата звернення: 06.05.2024).

7. Деякі питання надання підрозділами Державної служби з надзвичайних ситуацій платних послуг: Постанова Кабінету міністрів України від від 20 лютого 2012 року № 110 / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/110-2012-%D0%BF#Text> (дата звернення: 06.05.2024).

8. Про аграрні розписки: Закон України від 6 листопада 2012 року № 5479-VI / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5479-17#Text> (дата звернення: 06.05.2024).

9. Gavryliuk, A., Yakovchuk, R., Chalyu, D., Lemishko, M., & Tur, N. (2023). Determination of fire protection distances during a tesla model s fire in a closed parking lot. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2(10 (122)), 39–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.277999>.

УДК 614.841

## МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ГУСТИНИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКУ НА НАГРІВАННЯ ОРІЄНТОВАНО-СТРУЖКОВИХ ПЛИТ

Терлецький Ю.О., ТОВ «СВІСС КРОНО»,  
 Тацій Р.М., д-р фіз.-мат. наук, професор, Пазен О.Ю., канд. техн. наук,  
 Лин А.С., канд. техн. наук, доцент  
 Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

У даній роботі проведено дослідження щодо визначення часу досягнення температури займання (самозаймання). Проведено математичне моделювання процесу нагрівання OSB плити за умов впливу густини теплового потоку різної інтенсивності (від 500 Вт до 11 кВт). Для проведення цього дослідження було використано математичну модель процесу теплообміну, яка включає в себе диференціальне рівняння теплопровідності [1]

$$c\rho \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial x} \right) \quad (1)$$

при початковій умові

$$t(x, 0) = 20. \quad (2)$$

та з крайовими умовами

$$\begin{cases} \lambda \frac{\partial t(0, \tau)}{\partial \tau} = q_0, \\ \lambda \frac{\partial t(l, \tau)}{\partial \tau} = \alpha_l (t_c - t(l, \tau)), \end{cases} \quad (3)$$

У формулі (3) перша рівність описує інтенсивність густини теплового потоку яка потрапляє на поверхню плити (приймалось 500 Вт, 1 кВт, 2 кВт, 3 кВт, 5 кВт, 8 кВт та 11 кВт) [2]. Друга рівність – це крайова умова третього роду, яка описує процес відведення тепла у навколишнє середовище.

Під час математичного моделювання приймалися наступні параметри OSB плити: питома теплоємність матеріалу  $c = 1700 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$ , густина  $\rho = 600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коефіцієнт теплопровідності  $\lambda = 0,13 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ , температура середовища зі сторони поверхні яка неогріввається  $t_c = 20^\circ\text{C}$ , коефіцієнт теплообміну між OSB плитою та навколишнім середовищем  $\alpha_l = 4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}}$ , початкова температура становила  $20^\circ\text{C}$ .

З розв'язком поставленої задачі (1)-(3) детально можна ознайомитись у [1]. Дослідження проводилось до досягнення поверхнею OSB плити температури  $240\dots 270^\circ\text{C}$  для взірців товщиною від 10 мм до 1000 мм. Всього було проведено 11 дослідження для різної інтенсивності теплового потоку. Результати моделювання наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Час досягнення температури займання OSB плити.

500 Вт											
Товщина плити, мм	10	12	18	22	30	40	50	100	200	500	1000
Час досягнення температури $240^\circ\text{C}$ , сек	макс. $183^\circ\text{C}$	макс. $191^\circ\text{C}$	макс. $214^\circ\text{C}$	макс. $229^\circ\text{C}$	23500	20400	19900	20200	20200	20200	20200
Час досягнення температури $270^\circ\text{C}$ , сек	макс. $183^\circ\text{C}$	макс. $191^\circ\text{C}$	макс. $214^\circ\text{C}$	макс. $229^\circ\text{C}$	макс. $260^\circ\text{C}$	31000	27200	26100	26100	26100	26100



<b>1 кВт</b>											
<b>Товщина плити, мм</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>
<b>Час досягнення температури 240 °С, сек</b>	2935	3245	3945	4270	4695	4945	5025	5045	5045	5045	5045
<b>Час досягнення температури 270 °С, сек</b>	3860	4215	5015	5400	5930	6295	6445	6510	6510	6510	6510
<b>2 кВт</b>											
<b>Товщина плити, мм</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>
<b>Час досягнення температури 240 °С, сек</b>	939	1034	1200	1241	1260	1261	1261	1261	1261	1261	1261
<b>Час досягнення температури 270 °С, сек</b>	1141	1264	1500	1575	1622	1628	1628	1628	1628	1628	1628
<b>3 кВт</b>											
<b>Товщина плити, мм</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>
<b>Час досягнення температури 240 °С, сек</b>	499	530	559	560	561	561	561	561	561	561	561
<b>Час досягнення температури 270 °С, сек</b>	613	660	717	723	724	724	724	724	724	724	724
<b>5 кВт</b>											
<b>Товщина плити, мм</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>
<b>Час досягнення температури 240 °С, сек</b>	499	530	559	560	561	561	561	561	561	561	561
<b>Час досягнення температури 270 °С, сек</b>	613	660	717	723	724	724	724	724	724	724	724
<b>8 кВт</b>											
<b>Товщина плити, мм</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>
<b>Час досягнення температури 240 °С, сек</b>	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
<b>Час досягнення температури 270 °С, сек</b>	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
<b>11 кВт</b>											
<b>Товщина плити, мм</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>
<b>Час досягнення температури 240 °С, сек</b>	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
<b>Час досягнення температури 270 °С, сек</b>	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54

Аналіз таблиці 1 свідчить про те, що час досягнення температури займання або самозаймання OSB плити буде залежати від інтенсивності густини теплового потоку яка потрапляє на поверхню плити. При інтенсивності густини теплового потоку від 1 до 5 кВт ця зміна буде для товщин від 10 до 30 мм. Для товщини 30 мм і більше час досягнення температури займання або самозаймання буде фактично незмінним. Для інтенсивності густини теплового потоку від 8 кВт і більше час досягнення температури займання або самозаймання не буде залежати від товщини плити.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Тацій Р.М., Пазен О.Ю. (2015) Прямий метод розрахунку нестационарного температурного поля за умов пожежі. *Збірник наукових праць Пожежна безпека*, №26, с. 156-166.
2. Терлецький Ю., Пазен О., Петровський В. (2023). Вплив товщини osb/3 плити на показники пожежної небезпеки. *Пожежна безпека*, №43, 153-157. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.43.2023.17>

## ОЦІНКА ШКОДИ АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРЮ ВНАСЛІДОК ВИКОРИСТАННЯ БОЄПРИПАСІВ З ТРОТИЛОМ

*Данченко Ю.М., д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри фундаментальних дисциплін,  
Лозовий І.В., курсант курсу №4 командно-штабного факультету  
Національної академії національної гвардії України*

Ситуація з цивільною безпекою в Україні наразі є майже катастрофічною, перш за все завдяки виснажливим бойовим діям, які тривають вже майже три роки і спричиняють руйнівний вплив як на довкілля, так і на здоров'я та життя людей – військовослужбовців Сил оборони і цивільного населення. Російсько-українська сучасна війна має всі ознаки екоциду, тобто «масового знищення рослинного або тваринного світу, отруєння атмосфери або водних ресурсів, а також вчинення інших дій, що можуть спричинити екологічну катастрофу» [1-3], яка в подальшому зробить не придатними для життя цивільного населення великі території. Станом на грудень 2024 року зафіксовано та задокументовано 6775 фактів заподіяння шкоди довкіллю внаслідок збройної агресії РФ, а орієнтовна сума збитків, нарахованих Державною екологічною інспекцією Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України становить 2,779 трлн. грн., з яких 1,18 трлн. грн. – збитки земельних ресурсів, 784,26 млрд. грн. – збитки внаслідок забруднення атмосферного повітря, 84,65 млрд. грн. – збитки водних ресурсів [4].

Однією за складових руйнівного впливу воєнних дій на довкілля України є багатотоннажні викиди токсичних і небезпечних хімічних речовин внаслідок використання великої кількості військової техніки, боєприпасів, а також забороненої хімічної зброї. Крім того, більшість скоєних РФ воєнних злочинів проти України, таких як руйнування критичної інфраструктури, промислових підприємств, місць зберігання та полігонів токсичних відходів тощо супроводжуються витоком небезпечних хімічних речовин, радіонуклідів, важких металів, які потрапляють у повітря, водні та земельні ресурси, які стають не придатними для використання на довгі роки. Бойові дії спричиняють хімічне забруднення головним чином з трьох джерел: паливно-мастильні матеріали, які використовуються для експлуатації військової техніки, хімічна зброя та вибухові речовини різної хімічної природи, які застосовуються у десятках мільйонів боєприпасів. Вибухові речовини несуть цивільну небезпеку для довкілля і людей не тільки тому, що вибухають, а й тому, що спричиняють викиди небезпечних речовин як у нерозірваному стані, так і під час та після вибухової дії. І найголовніше, це сотні тон небезпечних хімічних речовин вже сьогодні та їхня кількість буде збільшуватись, оскільки війна, на жаль, триває. Отже, хіміко-екологічна оцінка небезпечного впливу вибухових речовин внаслідок тривалих бойових дій є актуальною. Завдання полягає як у з'ясуванні об'ємів небезпечних викидів, так і у пошуку методологічні підходи та прийоми, які можуть бути корисними для удосконалення існуючих методів оцінки небезпечного впливу вибухових речовин на військовослужбовців Сил оборони, цивільне населення та довкілля України. Звісно, таку оцінку можна характеризувати як попередню і достатньо обмежену, оскільки, на жаль, російсько-українська війна триває, кількість і види використовуваних вибухових речовин постійно збільшуються.

В роботі представлені результати розрахунків шкідливого впливу тротилу (як одного з найпоширеніших видів вибухових речовин) на атмосферне повітря внаслідок бойових дій в Україні. Тротил застосовується для підричних робіт і спорядження більшості боєприпасів. Це кристалічна речовина від світло-жовтого до світло-коричневого кольору, гіркувата на смак. Тротил негігроскопічний і практично нерозчинний у воді; у виробництві його отримують у вигляді порошку (порошкоподібний тротил), дрібних лусочок або гранул (гранульований тротил). Тротил плавиться без розкладання при температурі близько 81°C, густина затверділого після розплавлення (литого) тротилу 1,55-1,60 г/см<sup>3</sup>; температура

спалахування близько 310°C, на відкритому повітрі тротил горить жовтим полум'ям, що сильно коптить без вибуху. Горіння тротилу у замкнутому просторі може переходити в детонацію. До удару, тертя і теплового впливу тротил є мало чутливим. Пресований і литий тротил від прострілу звичайною кулею не вибухає і не спалахує, з металами хімічно не взаємодіє. Саме завдяки фізичним властивостям тротил є найпоширенішою вибуховою речовиною. Теплота вибуху – 4240 кДж/кг. Хімічна формула та зовнішній вигляд тротилу представлений на рис. 1.



**Рисунок 1** – Хімічна формула (а) та зовнішній вигляд (б) тротилу

Хімічне рівняння вибухового розкладу тротилу наступне [5]:



Виходячи з рівняння, при вибуху тротилу у довкілля виділяють наступні шкідливі речовини – вуглець (сажа), що забруднює ґрунти і водні ресурси, що є стійкою речовиною і залишається в природному середовищі незмінною та чадний газ, який, окислюючись в атмосфері, перетворюється на вуглекислий газ, який має властивості парникового, тобто сприяє зміні клімату на планеті. Неокиснений чадний газ є токсичною речовиною для людей та тварин. При вдиханні, потрапляючи в кров, перетворює гемоглобін у метгемоглобін – речовину, що нездатна переносити кисень до тканин в живому організмі. Тому, чадний газ має задушливу дію.

Для розрахунків хіміко-екологічної оцінки шкоди довкіллю застосовувалась спеціальна Методика, яка була прийнята на воєнний період та затверджена наказом № 175 Міністерства захисту довкілля України від 13 квітня 2022 року (далі – Методика). Методику використовує Державна екологічна інспекція і результати розрахунків оприлюднює на офіційному порталі «ЕкоЗагроза».

Відповідно до Методики, формула для розрахунку шкоди атмосферному повітрю наступна:

$$P_{ш} = V \cdot C_{п} \cdot K_{неб} \cdot K_{в} \cdot K_{мп} \cdot K_{пш}. \quad (2)$$

В результаті розрахунків отримано, що збитки атмосферному повітрю від розкладу 1 кг тротилу становлять сумарно (за кількістю виділених продуктів -чадного газу та сажі) 33 грн. Знаючи кількість тротилу в різних боеприпасах, можна розрахувати шкоду, яку завдає атмосферному повітрю 1 боеприпас. Виходячи з отриманих результатів розрахунку можна приблизно уявити яку колосальну шкоду атмосферному повітрю завдають бойові дії, адже, тільки постріли артилерійськими снарядами, якими, як відомо, здійснюються десятки тисяч щодоби, завдають в середньому (якщо взяти за середнє значення кількості пострілів 30 000, а середнє значення збитків за один постріл 300 грн) збитків майже 9 мільйонів гривень за добу. Якщо прийняти до уваги, що війна триває 1000 днів, то за цей період ці збитки становлять 9 мільярдів гривень або 225 мільйонів доларів США. Вихідні дані та результати розрахунків наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Вихідні дані та результати розрахунків шкоди атмосферному повітрю від вибухів тротилу

Показник у формулі	Найменування показника	Значення показника для забруднюючої речовини, що виділилась під час вибуху 1 кг тротилу	
		Чадний газ (CO)	Сажа (C)
$V$	Викид забруднюючої речовини в атмосферне повітря у тонах	$432 \cdot 10^{-6}$	$185 \cdot 10^{-6}$
$C_{\text{п}}$	Ставка екологічного податку в грн за 1 тону забруднюючої речовини (відповідно до Податкового кодексу України)	96,99	96,99
$K_{\text{неб}}$	Умовне значення шкідливості (небезпечності) забруднюючої речовини, визначається згідно Методики	2	3
$K_{\text{в}}$	коефіцієнт впливу на довкілля в залежності від тривалості події, визначається відповідно до Методики, значення коливаються від 3 до 6	6 (найбільший)	6 (найбільший)
$K_{\text{мп}}$	коефіцієнт, що залежить від масштабу подій, визначається згідно до Методики. Значення змінюються від 1,2 до 4	4 (найбільший масштаб)	4 (найбільший масштаб)
$K_{\text{пп}}$	коефіцієнт, що залежить від характеру походження події, визначається згідно до Методики. Значення змінюються від 3 до 10.	10 (воєнний стан)	10 (воєнний стан)
$P_{\text{ш}}$	<b>розмір шкоди, грн</b>	<b>20,1</b>	<b>12,9</b>
<b>Загальна сума шкоди, грн</b>		<b>33</b>	

### ЛІТЕРАТУРА

1. Вікіпедія. Вільна енциклопедія. Екоцид. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BA%D0%BE%D1%86%D0%B8%D0%B4>
2. Екоцид в Україні під час російсько-української війни: рекомендаційний бібліографічний список літератури / Київ. нац. ун-т імені Тараса Шевченка, наук. б-ка ім. М. Максимовича, Інформ.-бібліогр. від. ; [упоряд. Н.В. Кошлякова ; за заг. ред. І.І. Тіщенко] Київ, 2023. 28 с.
3. Сокур М.Б., Гурочкіна В.В. Екоцид та урбаніцид в Україні: наслідки російсько-української війни та етапи повоєнного відновлення // Подільський науковий вісник. №3(23)\_4(24). 2022. С. 52-60.
4. ЕкоЗагроза. Офіційний ресурс Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. Наслідки воєнних дій та вплив на довкілля. Режим доступу: <https://ecozagroza.gov.ua/>
5. Реакції розкладу вибухових речовин. Методичні рекомендації для самостійного вивчення теми з дисципліни «Основи хімії енергонасичених речовин» для студентів спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія / О.Ю. Светкіна, Є.Б. Устименко, О.Б. Нетяга, Г.В. Тарасова.– Д.:НТУ «Дніпровська політехніка», 2020. 20 с.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ ВІД ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК ДО СУМІЖНИХ ОБ'ЄКТІВ

*Ярослав Балло, канд. техн. наук, старший дослідник*

*Дмитро Середа, аспірант*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Обмеження поширення пожежі між об'єктами є однією із головних вимог пожежної безпеки. На сьогоднішній день існує ряд методів оцінювання небезпеки поширення пожежі між об'єктами, які застосовуються як для цивільного сектору так і для об'єктів промисловості. Існуючі методики визначення мінімально необхідних протипожежних відстаней не в повній мірі враховують потенційні ризики виникнення та розвитку пожежі, зокрема на вітрових електростанціях. Розроблені підходи визначення протипожежних відстаней не враховують можливість аварійного сценарію, що супроводжується руйнуванням конструкції споруди, зокрема для вітрових електроустановок, який полягає в можливості руйнування їх вежі за сценарієм «руйнування-пожежа» або «пожежа-руйнування». Аналіз найбільш несприятливих сценаріїв аварійних ситуацій, пов'язаних із руйнуванням вежі вітрової електроустановки, та пряме падіння вежі в сторону суміжного об'єкту, при цьому корпус гондоли розламається при падінні на землю, а мастило розтікається та загоряється [1-3].

Таким чином, на основі представленого сценарію, розроблено методику експериментальних вогневих досліджень з оцінювання протипожежної відстані від вітрових установок. Зазначена методика дозволить обґрунтувати значення уточнюючого коефіцієнту відстані, який залежить від висоти вежі та кількості мастила в корпусі гондоли вітрової електроустановки.

Обладнання для проведення експериментальних натурних вогневих досліджень включає макет вітрової електроустановки, допоміжну споруду для оператора та керівника проведення досліджень, випробувальний вогневий майданчик, а також засоби вимірювальної техніки, в тому числі для проведення фото- та відеозйомок. В якості початкового осередку пожежі застосовувалося макетне вогнище пожежі класу В. На рисунку 1 наведено загальний вигляд вогневого майданчику та елементи, що використовуються в програмі експериментальних досліджень.



**Рисунок 1** – Зовнішній вигляд випробувального вогневого майданчику, де:  
1 – вітрова електроустановка; 2 – вежа, яка тримає гондолу; 3 – допоміжна споруда операторів досліджень; 4 – межа вогневого майданчику; 5 – маркерна сітка для фіксації площі розливу мастила

Вогневий майданчик розмірами 20×20 м має піщано-грунтову поверхню, очищену від сухого трав'яного покриву із земляним обвалуванням по периметру висотою 0,1 м. Ухил випробувального вогневого майданчику не перевищує 0,05 м/м. На поверхні землі вогневого майданчику еластичним маркером синього кольору виконана розмітка прямокутними комірками розміром 0,5×0,5 м кожна для забезпечення візуальної ідентифікації зони пожежі.

Макет вітрової електроустановки (далі - установка) складається з вежі, гондоли (механічна частина установки, що генерує електроенергію за рахунок обертання ротора) та лопатей. Вежа установки виготовлена із сталеві труби діаметром 75 мм та довжиною 10 м ( $\pm 0,05$  м). В нижній частині вежі встановлено направляючу скобу, яка є елементом безпеки та контролює напрямок падіння вежі установки, а під час підготовки до вогневих досліджень є одним із елементів її фіксації.

Гондола установки складається з електричного двигуна (електрогенератора) зі шківом та маслонаповненого полімерного корпусу трансмісійного блоку. В якості пожежного навантаження гондоли використовується синтетичне трансмісійне мастило об'ємом 18 л та бензин марки А-95 у кількості 2 л. Верхня частина гондоли також фіксується запірним пристроєм до фасаду допоміжної споруди. На верхній частині корпусу гондоли встановлюється макетне вогнище пожежі класу В, у яке заливають 200 грам бензину марки А-95 для імітації початкового осередку пожежі. Макет вітрової електроустановки має три лопаті довжиною 1,3 м ( $\pm 0,01$  м) та шириною 0,25 м ( $\pm 0,01$  м), які виготовлені із полімерних матеріалів.

Серед засобів вимірювальної техніки застосовуються тепловізор, фото-, відео обладнання та секундомір. Тривалість досліджень характеру пожежі від моменту падіння установки складає 20 хвилин, що відповідає максимальному нормативному часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів за межами міст. Упродовж даного часу за допомогою нанесеної розмітки фіксується 7 точок по периметру зони горіння, де спостерігалось горіння довше 2 хв. В якості критерію границі температурної зони визначено значення температури в 200 °С, що відповідає температурі займання трав'яної підстилки в екосистемах. Дослідження проводять не менше трьох разів, під час яких фіксуються найвіддаленіші точки горіння від центру зони падіння гондоли та обраховується фактична площа пожежі. На рисунку 2 наведено фрагмент вогневих випробувань та падіння установки.



**Рисунок 2** – Кінограма падіння установки на вогневій площадці.

За результатом проведених досліджень спостерігалось одномоментне займання розлитого мастила, яка горіла на протязі визначеної тривалості. При цьому, в результаті розлиття 20 літрів горючої рідини (мастило) початкова площа горіння склала 23,7 м<sup>2</sup>, на 10-й хвилині вона зменшилася до 15,4 м<sup>2</sup> і на 20-й хвилині досліджень становила 7,8 м<sup>2</sup>. Повне вигорання палива фіксувалося на 24-25 хвилині досліджень.

На рисунку 3 наведено зони зафіксованого горіння мастила за допомогою тепловізору внаслідок руйнування установки під час її падіння.

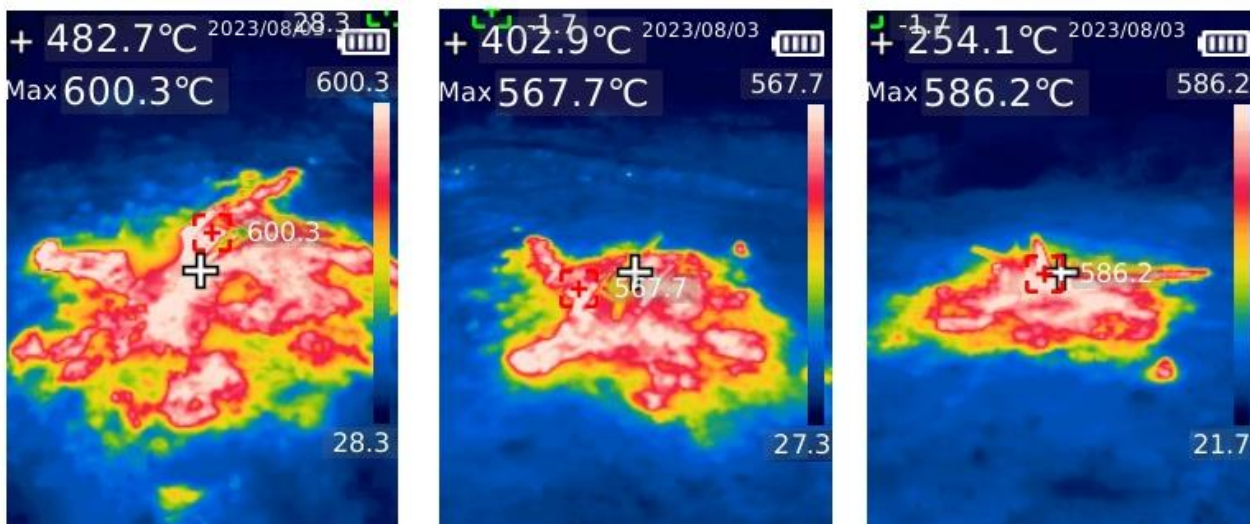


Рисунок 3 – Теплові розподіли пожежі внаслідок горіння пошкодженої установки

Отримані результати натурних вогневих досліджень дозволили отримати дані щодо потенційної зони пожежі в результаті руйнування вітрової електроустановки найменшої промислової потужності (до 2 кВт). Визначено, що для даного типу вітрової електроустановки, під час визначення протипожежних відстаней до суміжних об'єктів за існуючими методами, слід вводити додатковий коефіцієнт безпеки, який враховує додаткову відстань від точки центру падіння гондולי до краю зони горіння, а саме, в даному випадку, вона повинна становити не менше 7 м. Подальші дослідження будуть спрямовані на обґрунтування додаткових коефіцієнтів безпеки для вітрових електроустановок з кількістю мастила в корпусі до 2000 л та висотою вежі до 170 м.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Ballo, Y. V., Mykhailova, A. V., Sereda, D. V., Stylyk, I. G., & Sizikov, O. O. (2022, November). Assessment of the Possible Impact of Wind Generator Fire on the Environment. In *16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment* (Vol. 2022, No. 1, pp. 1-5). European Association of Geoscientists & Engineers.
2. You, F., Shaik, S., Rokonzaman, M., Rahman, K. S., & Tan, W. S. (2023). Fire risk assessments and fire protection measures for wind turbines: A review. *Heliyon*.
3. Zhang, Y., You, F., Sun, W., Li, P., Lin, W., & Shu, C. (2019, October). Fire hazard analyses of typical oils in wind turbine nacelle based on single and composite indices. In *2019 9th International Conference on Fire Science and Fire Protection Engineering (ICFSFPE)* (pp. 1-5). IEEE.

УДК 624.012.4

## РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУРИ СТАЛЕВОЇ БАЛКИ З ВОГНЕЗАХИСТОМ ВІД ЧАСУ ВПЛИВУ ПОЖЕЖІ

Заїка Н.П., ад'юнкт

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

Сталеві будівельні конструкції відіграють ключову роль у сучасному будівництві, забезпечуючи високу міцність, гнучкість та стійкість до різноманітних навантажень. Однак вогнестійкість незахищених сталевих будівельних конструкцій при набутті критичної температури 700 °С майже втрачається, що загрожує здоров'ю та життю людей навіть на початкових стадіях пожежі. Таким чином, проведення досліджень щодо підвищення рівня вогнестійкості відповідальних конструктивних елементів, таких як сталеві балки є актуальним.

Для проведення досліджень було обрано сталеву балку з двотаврового європейського профілю НЕВ 200. Такий профіль було обрано оскільки такий тип конструкцій часто вибирається для балок через їхні універсальні розміри та міцнісні характеристики. Розміри перерізу досліджуваної конструкції наведені у табл. 1.

Таблиця 1.

Розміри сталевій двотавровій балки НЕВ 200

Тип НЕВ	Висота (h), мм	Ширина полиці (b), мм	Товщина стілки (t <sub>w</sub> ), мм	Товщина полиці (t <sub>f</sub> ), мм
200	200	200	9	15

Моделювання впливу стандартного температурного режиму пожежі було виконано за допомогою програмного забезпечення ANSYS WB, оскільки цей програмний комплекс надає змогу точно моделювати властивості матеріалів, у тому числі змінні характеристики вогнезахисних матеріалів, які можуть змінюватися в залежності від температури. Це дозволяє більш точно врахувати вплив вогнезахисту на розподіл температури в сталевій балці. Крім цього цей програмний продукт дозволяє враховувати складні умови теплопередачі конвективного та радіаційного теплообміну, що важливо для адекватного моделювання умов пожежі. Також можна налаштувати точні граничні умови, такі як теплові потоки та теплові втрати [1].

На основі позитивних результатів попередніх досліджень [2, 3], для зменшення розрахункової області та підвищення продуктивності обчислень було вирішено використовувати окремих фрагмент сталевій балки з гіпсокартоном товщиною 5 мм. Це рішення дозволяє розглядати лише частину конструкції. Товщина гіпсокартонних плит прийнята 20 мм.

Теплофізичні властивості сталі прийнято за рекомендаціями [4]. Теплофізичні характеристики гіпсокартону прийняти за рекомендаціями [5]

Густина гіпсокартону прийнята 700 кг/м<sup>3</sup>, сталі 7850 кг/м<sup>3</sup> відповідно.

Прикладання граничних умов впливу стандартного температурного режиму пожежі на сталеву балку з вогнезахистом із гіпсокартону прийнято трьохстороннім за рекомендаціями [4]

Тепловий вплив від стандартного температурного режиму пожежі прийнятий терміном у 60 хв та за рекомендаціями [4], який визначається залежністю:

$$\Theta_s = 345 \lg(8t + 1) + 20, \quad (1)$$

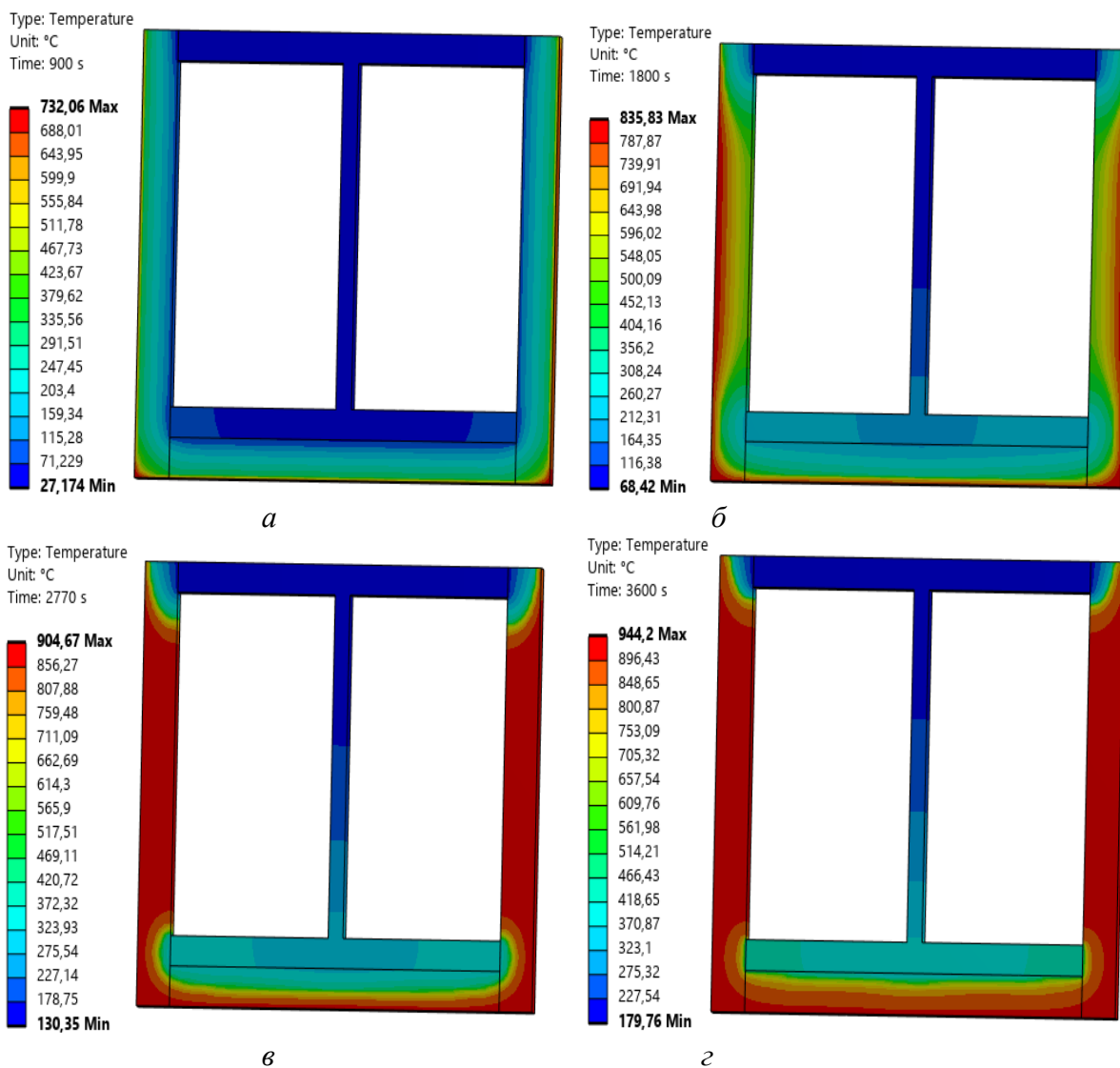


де  $t$  – час, що відраховується від початку випробування, хв;

$\Theta_s$  – температура, яка відповідає часу  $t$ , °C.

Термін впливу стандартного температурного режиму пожежі було прийнято 60 хв, оскільки балки з класом вогнестійкості R60 відповідають найвищому I ступеню вогнестійкості будівлі.

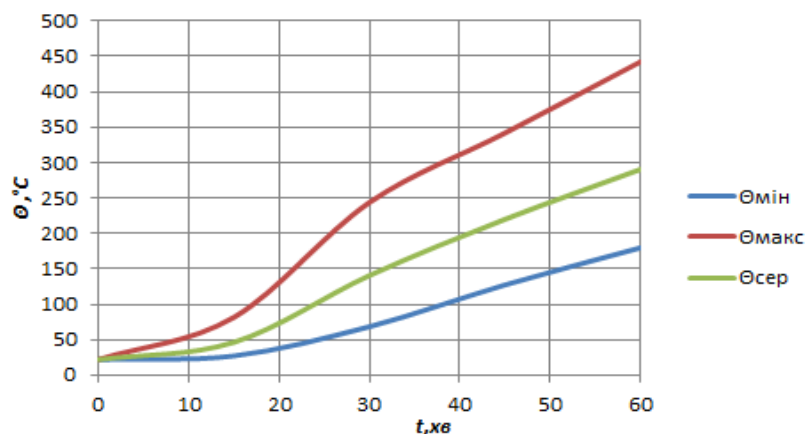
Результати розподілу температури в різні моменти часу впливу стандартного температурного режиму пожежі по фрагменту сталевій балці з профілю НЕВ 200 із вогнезахистом з гіпсокартону представлені на рис. 1.



**Рисунок 1** – Візуалізація результатів розподілу температури по фрагменту сталевій балці з профілю НЕВ 200 із вогнезахистом з гіпсокартону у різні моменти часу впливу стандартного температурного режиму пожежі: а – 15 хв, б – 30 хв, в – 45 хв, г – 60 хв

Максимальна температура безпосередньо в перерізі сталевій балці складає на 15 хв – 81,616 °C, на 30 хв – 243,76 °C, на 45 хв – 339,62 °C та на 60 хв – 442,33 °C.

На рис. 2 відображений графік розподілу мінімальної, середньої та максимальної температури безпосередньо по фрагменту сталевій балці з профілю НЕВ 200 протягом 60 хв.



**Рисунок 2** – Графік розподілу мінімальної, середньої та максимальної температур по безпосередньо фрагменту сталевій балці при впливі стандартного температурного режиму пожежі протягом 60 хв

Аналіз максимальних температур у сталевій балці профілю НЕВ 200 із захисним шаром гіпсокартону показав, що температура в профілі не перевищує 443 °С (рис. 1). Згідно з даними таблиці 4.1 [4], критична температура для сталевих профілів при рівні використання конструкції 80% становить не менше 496 °С. Отримані результати розподілу температури в сталевій балці пояснюються високою теплоємністю гіпсокартону, який містить кристалічно зв'язану воду. Під час нагрівання ця вода випаровується, поглинаючи значну кількість тепла, що уповільнює нагрівання сталевій балці, тим самим підвищуючи її вогнестійкість. Крім того, врахування змінних теплофізичних характеристик матеріалів дозволило здійснити моделювання реальних умов теплового впливу пожежі.

Особливістю запропонованого методу вогнезахисту є використання гіпсокартону як економічно вигідного та ефективного матеріалу. Відмінність отриманих результатів полягає у врахуванні температурної залежності теплоємності, що значно підвищує точність прогнозування температурного розподілу у сталевій балці з вогнезахистом. Це забезпечує можливість використання отриманих даних для оцінки вогнестійкості таких конструкцій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Pallares-Muñoz M. R., Paya-Zaforteza I., Hospitaler A. A new methodology using beam elements for the analysis of steel frames subjected to non-uniform temperatures due to fires: Structures. 2021. Vol. 31. P. 462-483. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.02.008>.
2. Sidnei S., Myroshnyk O., Kovalov A., Veselivskyi R., Hryhorenko K., Shnal T., Matsyk I. Identifying the evolution of through cracks in iron-reinforced hollow slabs under the influence of a standard fire temperature mode. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. Vol. 4, No 7 (130). P. 70-77. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.310520>.
3. Sidnei S.O., Nuianzin O.M., Kostenko T.V., Berezovskyi A.I., Wasik W. A Method of Evaluating the Destruction of a Reinforced Concrete Hollow Core Slab for Ensuring Fire Resistance. Journal of Engineering Sciences (Ukraine). 2023. Vol. 10, No 2. P. D1-D7. DOI: 10.21272/jes.2023.10(2).d1.
4. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1993-1-2:2005, IDT). Міністерство регіонального розвитку та будівництва. 2013. 98 с. (Національний стандарт України).
5. Довбиш Андрій Володимирович. Обґрунтування умов застосування гіпсокартонних плит як вогнезахисних оздоблювальних матеріалів будівельних конструкцій: дис. канд. техн. наук: 21.06.02. Український НДІ пожежної безпеки. К., 2006. 204 арк.

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ЗБЕРІГАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ  
В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

*Діхтяренко Т. В., слухачка магістратури,  
Григоренко О. М., канд. техн. наук, доцент  
Національний університет цивільного захисту України*

Нафта – це складна суміш вуглеводнів різних груп і структури. В її складі присутні сірчисті, азотисті та кисневмісні сполуки, а також граничні, ненасичені й циклічні вуглеводні. Пожежонебезпека нафти та нафтопродуктів визначається їх пожежовибухонебезпечними властивостями. Вони класифікуються як легкозайmistі або горючі рідини з температурою спалаху від  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$  та вище. Максимальна температура самозаймання коливається в межах  $220\text{--}375\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Нижня концентраційна межа поширення полум'я становить  $0,9\text{--}2,4\%$ . Температурні межі поширення полум'я в межах: нижня – від  $-45$  до  $+26\text{ }^{\circ}\text{C}$ , верхня – від  $14$  до  $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$  [1].

Швидкість вигорання нафти –  $5,2 \times 10^{-5} - 7 \times 10^{-5}$  м/с, а швидкість прогрівання шару –  $0,7 \times 10^{-4} - 1,0 \times 10^{-4}$  м/с за температури прогрітого шару  $130\text{--}160\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Сирі нафти здатні нагріватися в глибину, формуючи гомотермічний шар, який постійно розширюється. При горінні температура полум'я нафти досягає  $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Нормальна швидкість поширення полум'я в суміші природного газу з повітрям становить  $0,176$  м/с, а мінімальна енергія запалювання –  $0,028$  мДж.

Пожежна небезпека зберігання нафти і нафтопродуктів визначається пожежовибухонебезпечними властивостями нафти і нафтопродуктів, можливістю утворення горючого середовища усередині резервуарів і зовні, ймовірністю появи джерел запалювання та наявністю шляхів поширення пожежі. Оцінку горючості пароповітряної суміші в газовому просторі резервуарів в залежності від умов їх експлуатації проводять за температурними чи концентраційними межами поширення полум'я легкозайmistих (горючих) рідин, що зберігаються у резервуарі.

Пожежі та вибухи на резервуарах з нафтопродуктами часто трапляються під час їх очищення, підготовки до ремонту або під час проведення ремонтних робіт, а з початку лютого 2024 року – внаслідок ворожих обстрілів складів нафти та нафтопродуктів засобами ураження російської федерації. Велика концентрація легкозайmistих рідин на обмеженій площі та не достатні в умовах воєнного стану протипожежні розриви між окремими резервуарами чи групами резервуарів у випадку застосування засобів ураження може спричинити виникнення пожеж значних масштабів. У разі пожежі на одному із резервуарів, теплове випромінювання полум'я може призвести до загоряння або вибуху сусідніх резервуарів [2]. За статистичними даними [3], серед усіх причин виникнення пожеж за 2 місяці 2024 року близько  $6,5\%$  зумовлено вибухами внаслідок бойових дій. Це зумовлює посилення заходів безпеки в зоні ризику, що включає проведення заходів з мінімізації ризиків вибухів у районах нафтобаз.

Застосування засобів повітряного нападу показує, що вони завдають ударів по критичних елементах енергетичної інфраструктури, впливаючи на них ударною хвилею та уламками. Проте випадки прямого влучення в ці об'єкти також мають місце. Ступінь ураження критичних елементів конструкції резервуару збільшується як від потужності заряду засобу ураження, так і відстанню від епіцентру вибуху до об'єкта. У певній мірі вплив уражальних чинників вибуху, може бути зменшений за рахунок заходів інженерного захисту критичного елемента об'єкта критичної інфраструктури. Внаслідок вогневих уражень підприємств зберігання нафтопродуктів відбувається їх руйнування, виникають масштабні пожежі, територія забруднюється вибухонебезпечними нафтопродуктами, а також зберігається ризик повторних ударів. У разі пошкодження обвалування резервуара або групи

резервуарів, площа пожежі може значно збільшитися через розтікання нафтопродуктів по території резервуарного парку. Це створює загрозу займання сусідніх резервуарів, які вціліли. У деяких випадках нафтопродукти можуть вийти за межі резервуарного парку, що збільшує ризик поширення пожежі на прилеглі об'єкти та населені пункти [4]. Зокрема, під час пожежі, викликані розливом нафтопродуктів з нафтобази ТОВ «ХНБ-Резерв» після влучання ворожих БпЛА Shahed 9 лютого 2024 року в місті Харків горіли всі наземні резервуари. Чотири з них були повністю зруйновані. П'ять резервуарів були пошкоджені уламками, що спричинило витік палива за межі обвалування. Вогнем було знищено 11 та пошкоджено 10 приватних будинків на площі 3 700 м<sup>2</sup> [3].

Через пошкодження та руйнування об'єктів критичної інфраструктури паливно-енергетичного сектору по всій Україні, внаслідок збройної агресії російської федерації та загрози продовження масованих повітряних ударів, РНБО України ухвалила рішення щодо забезпечення оперативного захисту об'єктів критичної інфраструктури [5]. Для забезпечення захисту нафтобаз в умовах воєнного стану насамперед необхідно впроваджувати інженерно-технічні заходи:

- укріплення резервуарів (обладнання захисними екранами або бетонними укриттями, протиударними конструкціями; використання резервуарів із підвищеною стійкістю до займання та вибуху);

- розташування резервуарів (облаштування протипожежних розривів для мінімізації ризику ланцюгового займання; мінімізація зберігання великих обсягів нафтопродуктів в одному місці (розосередження));

- обвалування (укріплення обвалування резервуарів, а також створення додаткових обвалувань або водних бар'єрів навколо резервуарів для обмеження розтікання нафтопродуктів);

- підземне зберігання (переміщення частини резервуарів під землю для зниження їхньої вразливості до впливу вибухової хвилі).

Деякі методи захисту від атак дронами [6] включають використання датчиків для виявлення ракет чи дронів на ранніх етапах їх наближення, а також застосування антиракетних та антидронових систем для нейтралізації загроз (наприклад, протикумулятивні решітки та антидронові сітки).

Комплексне впровадження цих заходів дозволить зменшити ризики виникнення пожеж на об'єктах зберігання нафтопродуктів і мінімізувати їхні наслідки в умовах воєнного стану.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Афанасенко К. А., Кальченко Я. Ю., Липовий В. О., Олійник В. В. Пожежна безпека технологічних процесів : навч. посіб. Харків : НУЦЗУ, 2023. 177 с.

2. Гуліда Е. М., Козак Я. Я. Забезпечення пожежної безпеки в резервуарних парках зберігання нафти та нафтопродуктів. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2020. №6. С. 69-75.

3. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 2 місяці 2024 року. 2024. URL: <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/2/0/6/1/9/6/1/analitichna-dovidka-pro-pojeji022024.pdf> (дата звернення: 08.12.2024)

4. Особливості цивільного захисту в умовах воєнного стану : колективна монографія / за ред. В. А. Андронов, М. В. Кустов, Р. Мугаверо. Харків – Рим, 2023. 238 с.

5. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 17 жовтня 2023 року «Про організацію захисту та забезпечення безпеки функціонування об'єктів критичної інфраструктури та енергетики України в умовах ведення воєнних ді»: Указ Президента України віз 17.10.2023 № 695/2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/695/2023#Text> (дата звернення: 09.12.2024)

6. Постнов О.В. Підвищення надійності електроенергетичної системи в умовах бойових дій. Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України». Запоріжжя : ЗНУ, 2023. С. 41-42.

ОПИС ЕТАПІВ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПОШИРЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ НА ТЕРИТОРІЯХ,  
ЩО ЗАЗНАЛИ ВПЛИВУ БОЙОВИХ ДІЙ

Рашикевич Н.В., PhD

Національний університет цивільного захисту України

Бойові дії супроводжуються значними техногенними ризиками, які впливають на безпеку населення, екосистем та критичної інфраструктури. Руйнування промислових підприємств, енергетичних об'єктів, водопровідних і каналізаційних систем призводить до масштабного забруднення довкілля, виникнення пожеж, вибухів, хімічних та радіаційних загроз. Це обумовлює необхідність розробки відповідних методів попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру з врахуванням наслідки ведення бойових дій.

Внаслідок бойових дій значно ускладнюють забезпечення техногенної безпеки через: руйнування об'єктів критичної інфраструктури [1, 2]; масштабні забруднення води та ґрунтів небезпечними речовинами [3, 4]; ускладнення організації та проведення аварійно-рятувальних робіт [5].

У таких умовах особливу роль відіграють системи моніторингу та оцінки ризиків, які дозволяють своєчасно визначати загрози, прогнозувати їх наслідки та забезпечувати ефективне управління заходами реагування. Сучасні системи включають: автоматизовані системи збору та аналізу даних [6]; використання мобільних лабораторій для моніторингу забруднень у важкодоступних зонах [7]; застосування безпілотних літальних апаратів для дистанційного збору даних [8, 9].

Серед етапів попередження поширення небезпеки на територіях, що зазнали впливу бойових дій, можна виділити: ідентифікація ризиків і загроз, моніторинг небезпечних факторів, оцінка ризиків та їхньої ймовірності.

На етапі ідентифікації ризиків і загроз визначаються джерела небезпеки, такі як забруднення ґрунтів, водних ресурсів, руйнування об'єктів інфраструктури, що створюють потенційні загрози. Для кожного ризику встановлюються пріоритети на основі його масштабу та наслідків.

Ризик  $R$  визначається як функція ймовірності події  $P(E)$  та потенційного збитку  $C(E)$ :

$$R = P(E) \cdot C(E), \quad (1)$$

де:  $P(E)$  – ймовірність виникнення небезпечної події;  $C(E)$  – економічні, екологічні чи соціальні втрати.

Для зони бойових дій ймовірність  $P(E)$  можна моделювати залежно від інтенсивності обстрілів  $I(t)$  та частоти руйнувань інфраструктури  $\lambda$ :

$$P(E) = 1 - e^{-\lambda I(t)}, \quad (2)$$

**Моніторинг небезпечних факторів** передбачає використання сучасних інструментів, таких як автоматизовані системи збору даних, мобільні лабораторії та безпілотні літальні апарати, для оперативного збору й аналізу інформації. Ці технології дозволяють виявляти динаміку змін небезпечних факторів у реальному часі навіть у важкодоступних або небезпечних зонах.

Моніторинг ґрунтується на зборі даних:

$$M(t) = \int_{t_0}^t S(x, y, z, t) dx dy dz, \quad (3)$$

де:  $S(x, y, z, t)$  – інтенсивність забруднення або небезпечного фактору у просторі та часі;

$M(t)$  – сукупна концентрація небезпечних речовин у визначеній зоні.

На етапі **оцінки ризиків та їхньої ймовірності** використовуються математичні моделі, які враховують вагові коефіцієнти для кожного фактора ризику та його функцію впливу. Це забезпечує обґрунтоване прийняття рішень щодо пріоритетності заходів попередження.

Модель оцінки ризиків може базуватися на багатофакторній залежності:

$$R_i = \sum_{j=1}^n \omega_j \cdot f_j(x_j), \quad (4)$$

де:  $R_i$  – ризик для конкретного об'єкта  $i$ ;  $\omega_j$  – ваговий коефіцієнт для фактору  $j$ ;  $f_j(x_j)$  – функція впливу фактору  $x_j$ .

Для інтегрального ризику на території бойових дій:

$$R_{total} = \int_A R(x, y) dx dy, \quad (5)$$

де  $A$  – територія, що аналізується.

Підхід, що охоплює ідентифікацію, моніторинг і оцінку ризиків, сприяє підвищенню ефективності заходів зі зменшення наслідків бойових дій. Ключову роль у цьому відіграє використання сучасних технологій та інструментів, які забезпечують швидке виявлення й аналіз небезпечних факторів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бєліков А. С., Пилипенко О. В., Шаломов В. А. та ін. (2024). Аналіз руйнувань енергетичних об'єктів ядерно-паливного циклу України внаслідок бойових дій рф. *Український журнал будівництва та архітектури*. № 3 (021). 2014. С. 48–57.
2. Ніжник В. В., Климаць Р. В., Одинець А. В. Гасіння пожеж на складах нафти та нафтопродуктів в умовах ведення бойових дій. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій», 2022. С. 30.
3. Рашкевич Н. В. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій на територіях України, які зазнали ракетно-артилерійських уражень. *Комунальне господарство міст*. Том 4, випуск 178. 2023. С. 232–251.
4. Рашкевич Н. В., Мирошник О. М., Шевченко Р. І. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій пов'язаних з небезпекою ґрунтових вод. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. Том 7, № 2. 2023. С. 193–216.
5. Лоїк В. Б., Бабаджанова О. Ф., Синельников О. Д. Удосконалення та підвищення ефективності організації та проведення аварійно-рятувальних робіт в сучасних умовах. *International scientific journal «Grail of Science»*. № 39. 2024. С. 262–268.
6. Васенко О. Г., Карлюк А. А., Черба О. В. Сучасний стан системи моніторингу довкілля в Україні. *Екологічні науки*. № 6(51). С. 73–77.
7. Дроздова Т. В., Олійник М. М. Особливості екологічних вимірювань в умовах військових дій. Матеріали IV Міжнарод. наук.-техн. конфер., «Автоматизація, електроніка, інформаційно-вимірювальні технології: освіта, наука, практика», 01- 02 грудня 2022 р. С. 107–108.
8. Данилюк С. Л. (2015). Підвищення продуктивності мобільних радіомереж на основі БПЛА для завдань екологічного моніторингу в зоні ведення бойових дій. *Системи озброєння і військова техніка*. № 3. 2015. С. 76–80.
9. Морщ Є. В. Інформаційно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру з використанням аероплатформ на базі БПЛА. Наукові праці третьої Міжнар. наук.-практ. конф. «Напрямки застосування сучасних науково-технічних розробок для моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру», 1–2 жовтня 2020 р. К. : ТІЕМС, 2020. С. 22–29.

## АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПРИКРІПЛЕНИХ ДО ФАСАДУ БУДІВЛІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ (ВАРВ)

*Назар СОЛЯНИК, Печерське РУГУ ДСНС України у м. Києві  
Володимир ДІДИЧ, Яворівське РУГУ ДСНС України у Львівській області  
Олег НАЗАРОВЕЦЬ, канд. техн. наук, доцент, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Враховуючи дані Міжнародного енергетичного агентства, можна побачити, що запит на використання фотоелектричних систем (далі – ФЕС) у Світі зростатиме до 2028 року (рис. 1). Це обумовлено багатьма факторами, зокрема економічним та екологічним. В Україні це ґрунтується, насамперед, на можливості бути енергонезалежним в період нестачі електроенергії в країні. Разом із підвищенням попиту на ФЕС – ризики, пов'язані з пошкодженнями та неякісним обладнанням, що в результаті призведуть до пожежі – будуть збільшуватися, оскільки проектування та будівництво ФЕС, як правило, зосереджено на ефективності та надійності, щоб збільшити кількість сонячної енергії, яку можна перетворити на електричну. Таким чином, ризик пожежі не враховується технічними проектувальниками.

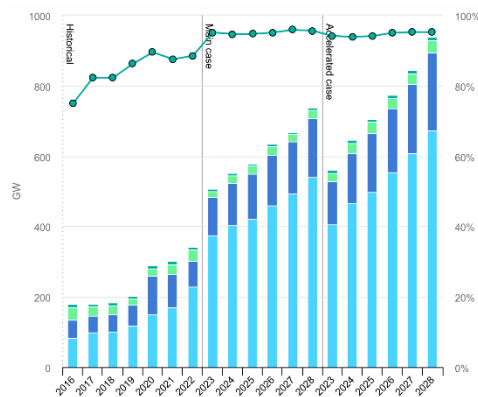
На даний час, існує дві основні категорії ФЕС: приєднані до будівлі (ВАРВ) та інтегровані в будівлю (ВІРВ). Системи ВАРВ монтуються на поверхню готових дахів або стін, не відіграючи жодної конструктивної ролі в будівлі. Системи ВІРВ, навпаки, встановлюються як покрівельні панелі, фасадні облицювання та скляні навісні стіни, тому вони безпосередньо впливають на частину конструкції, замінюючи звичайні будівельні компоненти, такі як дах або фасад. Системи ВАРВ і ВІРВ підвищують пожежну небезпеку будівель. Незважаючи на те, що пожежі можуть виникнути через несправність ФЕС, ризик пожежі може бути більший через поширення вогню на фотоелектричні панелі [2].

Методи розміщення ФЕС у приватному секторі, а також в багатоквартирних житлових будинках – замінюють сучасні архітектурні рішення. Все частіше використовуються фотоелектричні дахи та фасади, а також скління.

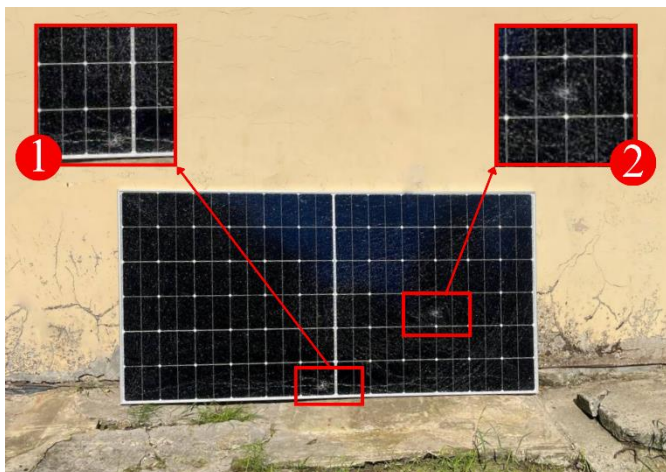
З точки зору пожежної безпеки – способи розміщення на фасадах та дахах складають неабиякі ризики, оскільки значним чином залежать від оздоблення зовнішніх стін будинків та споруд [3], що у випадку пожежі, разом з компонентами ФЕС збільшать пожежну навантагу та складатимуть додаткові складнощі під час гасіння [4].

Значну пожежну небезпеку складає також перенавантаження та короткі замикання, що в більшості випадків залежить від вибору кабельно-провідникової продукції, підключення мережі, а також затінення системи [5].

Під час експлуатації ФЕС необхідно періодично здійснювати огляд фотоелектричного модуля (далі – ФЕМ), оскільки від цього залежить продуктивність та пожежна безпека ФЕС. Можливість утворення гарячих точок, а також тріщин може спричинити ризик зниження вихідної потужності ФЕС та значно вплинути на пожежну безпеку [6]. Пошкодження ФЕМ можливе від механічних та природних чинників. Зокрема ймовірність механічного пошкодження – доволі частіше зустрічається під час транспортування та неправильного монтування ФЕМ, природне – зустрічається в період непогоди та атмосферних опадів.



**Рисунок 1** – Збільшення потужностей відновлюваної електроенергії за технологіями та сегментами, 2016-2028



**Рисунок 2** – Тестування пошкодженого ФЕМ на продуктивність ( 1 та 2 – основні зони пошкодження)

Запобігання пожежам на ФЕС що прикріпленні до фасаду будівлі чи споруди не можливе без методу систематичного огляду всіх компонентів, оскільки проведене нами тестування показало, що навіть пошкоджений ФЕМ може генерувати потужності, які вказані виробником в технічному паспорті. Дане тестування дало змогу оцінити роботу пошкодженого компонента на предмет пожежної безпеки та електробезпеки (рис.2).

У тестуванні використали зразок закордонного виробництва, що широко використовується в Україні. Заміри зібраного електричного кола здійснювали за допомогою мультиметра.

Отже, мікро тріщини та тріщини можуть спочатку не впливати на вихідну потужність або мати незначний вплив; однак з часом зростає ризик того, що ці тріщини збільшаться під час роботи на відкритому повітрі, а також з утворенням тріщин зростає небезпека ураження струмом, як для власників, так і для пожежних-рятувальників.

У результаті аналізу можемо визначити основні ризики та місця підвищеної небезпеки ФЕС (ВАРВ). Запобігання пожеж на даних системах – це комплекс заходів, дотримання яких, зможе забезпечити безпечну експлуатацію ФЕС з мінімальним ризиком для життя людей а також мінімізувати пожежну небезпеку для будівлі чи споруди.

## ЛІТЕРАТУРА

1. МЕА (2024), Додавання потужностей відновлюваної електроенергії за технологіями та сегментами, 2016-2028, МЕА, Париж <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/renewable-electricity-capacity-additions-by-technology-and-segment-2016-2028>, Ліцензія: CC BY 4.0
2. Aram, M., Zhang, X., Qi, D., & Ko, Y. (2021). A state-of-the-art review of fire safety of photovoltaic systems in buildings. *Journal of Cleaner Production*, 308, 127239.
3. Kahitin, O., & Veselivskyi, R. (2023). ОБІРУНТУВАННЯ ПРОЦЕДУРИ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ЗБІРНИХ СИСТЕМ ФАСАДНОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ НА ПОШИРЕННЯ ВОГНЮ. *Пожежна безпека*, 43, 63-75.
4. Tommasini, R., Pons, E., Palamara, F., Turturici, C., & Colella, P. (2014). Risk of electrocution during fire suppression activities involving photovoltaic systems. *Fire safety journal*, 67, 35-41.
5. Solyanyk, N., Nazarovets, O., & Rudyk, Y. (2023). ВИПРОБУВАННЯ З'ЄДНУВАЧІВ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ЗА ТЕРМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ. *Пожежна безпека*, 43, 144-152.
6. Salmerón-Manzano, E., Muñoz-Rodríguez, D., Perea-Moreno, A. J., Hernandez-Escobedo, Q., & Manzano-Agugliaro, F. (2024). Worldwide scientific landscape on fires in photovoltaic. *Journal of Cleaner Production*, 461, 142614.



**ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ САКРАЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ ВІЙНИ**

*Пелешко М.З., канд. техн. наук, доцент,  
Башинський О.І., канд. техн. наук, доцент  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Культові споруди, незалежно від свого релігійного призначення, володіють непередбачуваною красою та духовною сутністю, привертаючи вірян та відвідувачів. Однак, разом із величчю та релігійним значенням, ці будівлі також несуть у собі певні ризики, зокрема, пожежну небезпеку. Пожежонебезпечні матеріали, використання свічок та лампад та інші релігійні символи можуть стати причинами пожежі, призводячи до серйозних наслідків для безпеки людей та самої будівлі [1].

**Мета роботи** - аналіз впливу основних чинників на ризик виникнення пожежі в культових спорудах та заходів безпеки, які можуть бути впроваджені для мінімізації цього ризику.

Культові споруди можуть варіювати за розміром від невеликих каплиць до грандіозних храмів, які привертають велику кількість відвідувачів та віруючих. Вони служать не лише для проведення обрядів, але і для проведення культурних та освітніх заходів. Багато культових споруд мають довгу історію та є частинами культурної спадщини. Основне приміщення яких (молитовний зал) може розташовуватися в підвальних, підземних поверхах та підземних печерах, що ускладнює евакуацію людей. Поряд з проведенням релігійних обрядів, богослужінь, релігійно-культурних заходів та благочестивих дій, деякі будівлі такого типу також використовуються як музеї чи туристичні об'єкти.

Найпоширенішими недоліками в протипожежному захисті культових споруд, які стосуються їх технічного оснащення є відсутність або несправність автоматичної пожежної сигналізації; невідповідність електромережі вимогам влаштування; неналежне забезпечення об'єктів первинними засобами пожежогасіння; відсутність на сакральних спорудах блискавкозахисту, а також запасів води для цілей пожежогасіння.

З урахуванням статистичних даних щодо пожеж та їх наслідків у культових спорудах встановлено [2], що найвища кількість пожеж (близько 75%) мають людський фактор і виникають внаслідок необережного поводження з вогнем, порушення правил пожежної безпеки. Також встановлено, що пожежі в культових спорудах найчастіше виникають у молитовних кімнатах, церковних сховищах та в підкупольному просторі.

Проблема збереження об'єктів культурної спадщини в умовах воєнних конфліктів є однією з найскладніших з усього спектру завдань світової пам'яткоохоронної галузі. Під час збройних протистоянь світова культурна спадщина завжди опиняється в умовах потенційних ризиків і загроз. Російська війна 2014 р. та її повномасштабна агресія 2022 р. зробили цю тему актуальною і для українського суспільства [3].

Російська армія, яка прийшла з війною на Україну регулярно завдає ракетних ударів по цивільних об'єктах, зокрема культурних пам'яток спадщини, частина з яких вважаються історичним надбанням країни. Так, за даними Міністерства культури, окупанти зруйнували 1062 об'єкти культурної спадщини. З них пам'яток національного значення - 123, місцевого значення - 864 та об'єктів культурної спадщини – 75 [4].

Пожежна небезпека в культових спорудах як в мирний час так і в умовах війни виникає з ряду факторів, пов'язаних з природою релігійних обрядів, внутрішньою інфраструктурою та використанням релігійних символів. Використання свічок та лампад під час релігійних обрядів створює ризик загоряння, а пожежонебезпечні матеріали (кадильне вугілля), матеріали, які можуть використовуватися для оздоблення інтер'єру або обрядовий одяг,

також долучаються до цього ризику. Деякі релігійні об'єкти, такі як вогнища чи священні вогні, можуть призвести до непередбачених пожеж, а комбінація горючих релігійних символів із електрообладнанням створює можливість пожежі. Недоліки у системах опалення (підне опалення та експлуатація електричних нагрівальних приладів) також можуть призвести до пожежі. Лише близько 10% культових споруд мають центральне опалення.

Фанатизм вірян та масштабні масові заходи можуть ускладнити евакуацію та рятувальні операції у разі виникнення пожежі. Також є сакральні будівлі, які мають лише один евакуаційний вихід із молитовної зали. Забезпечення безпеки в разі пожежі в культових спорудах є комплексним завданням, що включає в себе не лише запобігання та гасіння пожежі, але й ретельне планування та реалізацію ефективної системи евакуації для забезпечення безпечного виведення вірян та персоналу. Планування евакуаційних шляхів передбачає визначення коротких, легко доступних шляхів, які ведуть до безпечних зон поза будівлею. Вказівники на шляхах евакуації повинні гарантувати їх видимість та зрозумілість для вірян, включаючи світлові табло, стрілки та знаки виходу, а також евакуаційне освітлення.

Конфігурація сходів на шляхах евакуації повинна враховувати кількість осіб, які будуть ними евакуюватися (з хорів допускається влаштовувати криволінійні в плані сходи для евакуації не більше 5 осіб). Двері евакуаційних виходів повинні бути легко доступними та не блокуватися, і їх функціональність повинна регулярно перевірятися. Регулярне оновлення, вивчення планів евакуації та проведення навчань дозволяють досягти максимальної безпеки в умовах надзвичайних ситуацій в культових будівлях в умовах сьогодення.

Сакральні будівлі повинні забезпечуватись підйомними платформами для осіб з обмеженими можливостями, для них також повинні розроблятися спеціальні шляхи евакуації згідно ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення».

Важливим аспектом забезпечення пожежної безпеки культових будівель є взаємодія та співпраця між керівництвом церкви та місцевими пожежно-рятувальними службами. У першу чергу це обмін інформацією та даними щодо конструкцій будівлі, забезпеченням водою тощо. Ще одним компонентом такої взаємодії є планування та проведення спільних тренувань та навчань, що дозволить сторонам реалістично відтворити сценарій пожежі та вивчати ефективні методи виходу з небезпечної ситуації. Такі тренування роблять акцент на ефективній комунікації, швидкій мобілізації ресурсів та синхронізованому вирішенні завдань.

Забезпечення пожежної безпеки культових споруд відіграє важливу роль у збереженні життя вірян та культурної спадщини. Система протипожежного захисту сакральних будівель повинна включати всі необхідні компоненти, а саме пожежну сигналізацію, системи пожежогасіння та евакуаційні заходи, щоб мінімізувати ризик пожеж та інших надзвичайних ситуацій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Правил пожежної безпеки для культових споруд: наказ МВС України від 18.05.2009 № 339.
2. Башинський О.І., Пелешко М.З., Кузиляк В.Й. Культові споруди – проблеми сьогодення: пожежна небезпека та сучасний стан протипожежного захисту. Збірник наукових праць ЛДУБЖД «Пожежна безпека». 2013. № 22. С. 12–16.
3. Рішняк О. Культурна спадщина у воєнному конфлікті: міжнародний досвід другої половини ХХ – початку ХХІ ст. та українська дійсність. Український історичний журнал. 2022. №4 С. 159-173.
4. Старовинні будівлі, храми та садиби: скільки пам'яток архітектури в Україні стали жертвами війни. URL: <https://visitukraine.today/uk/blog/3928/ancient-buildings-churches-and-manors-how-many-architectural-monuments-in-ukraine-fell-victim-to-the-war> (дата звернення: 19.05.2024).

## **ПОЖЕЖНІ РИЗИКИ ГОТЕЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ**

*Пелешко М.З., канд. техн. наук, доцент,  
Башинський О.І., канд. техн. наук, доцент  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Останнім часом проблема безпеки людей стала актуальною, особливо в сфері готельного бізнесу. Незалежно від того, чи це невеликий гостьовий будинок чи великий багатоповерховий готельний комплекс, ключовим фактором успіху є не лише першокласне обслуговування, але й першокласна безпека. Готель є місцем відпочинку і, як наслідок, підвищеного скупчення людей. При цьому гості готелю також сильно відрізняються за фізичним станом, віком і розумовою обізнаністю. Адміністрація готелю відповідає не тільки за комфортні умови проживання та якісний відпочинок, але й забезпечує безпеку гостей, охороняє їх життя, здоров'я та майно. Отож, готелі зі своєю інфраструктурою, специфікою проживання (короткочасне проживання), великим потоком людей, вантажів і матеріальних цінностей вимагають особливих заходів щодо забезпечення пожежної безпеки [1-2].

**Мета роботи** полягає в аналізі пожежної небезпеки готельних будівель, недоліків протипожежного захисту, що збільшують ризик виникнення пожеж, а також заходів безпеки, які можуть бути впроваджені для мінімізації ризику виникнення пожежі.

Готелі, як і будь-які інші будівлі, стикаються з ризиком пожежі, але є певні чинники, які ускладнюють забезпечення пожежної безпеки. По-перше, через велику кількість номерів і гостей, які можуть перебувати в готелі щодня, їхня завантаженість є значно високою. До того ж, на відміну від офісних приміщень або житлових комплексів, гості не завжди знайомі з плануванням будівлі та шляхами евакуації. Багато готелів мають ресторани, що створює додатковий ризик пожежі через використання відкритого полум'я, легкозаймистих жируоловлювачів та зберігання займистих матеріалів.

Готельні комплекси будують висотними частіше, ніж житлові будинки. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та ЖКГ затвердило в 2019 році нові будівельні норми, піднявши обмеження по висоті громадських будівель до 150 метрів. У переважній більшості випадків висотна будівля готелю багатофункціональна, тобто включає в себе автостоянки, кінотеатри, офіси, житлові приміщення [2].

Готелі також можуть розміщуватись і в старих будівлях (вторинний ринок), шляхом реконструкції часто непристосованих, досить старих та зношених будівель, які не завжди в ідеалі мають безпечні шляхи евакуації пристосовані для великої кількості людей. Згідно з нормативними даними [3], готелі можуть розміщуватися на перших трьох поверхах громадських будівель або житлових будинків I-III ступеня вогнестійкості за умови розділення на окремі протипожежні зони та наявності самостійних шляхів евакуації.

Загроза пожежі в готелях є серйозним питанням безпеки, яке вимагає постійної уваги та відповідної підготовки. Оцінюючи пожежну небезпеку готельних будівель необхідно враховувати особливості пожежного навантаження [4] таких будівель. Багато з існуючих готелів, що побудовані раніше мають горюче внутрішнє оздоблення включаючи важке килимове покриття та меблі, часто доповнені дерев'яними панелями, настінними шпалерами та картинами тощо. В результаті ці будівлі мають високе пожежне навантаження в порівнянні із сучасними готелями. Також необхідно враховувати, що ремонт (нові килими, штори, постільна білизна тощо, які відрізняються за тканиною) може кардинально змінити пожежне навантаження в готелі, як і тимчасові виставки, семінари та інші заходи. При цьому особа, що відповідає за пожежну безпеку готелю повинна постійно стежити за змінами пожежного навантаження та ініціювати відповідні заходи щодо максимального зниження пожежної небезпеки. Детальний аналіз пожежних ризиків у готелях повинен враховувати

більше аспектів, ніж просто наявність доступних шляхів евакуації. Головне завдання – забезпечити швидко і безпечно евакуацію гостей, особливо тих, хто спить.

Евакуація з готелю може бути складною через велике скупчення людей, які можуть перебувати в різних зонах: конференц-залах, ресторанах, барах, кафе, зонах відпочинку та спальних кімнатах. У періоди підвищеної заповнюваності готелю потрібно збільшувати кількість персоналу та забезпечити їх інструктаж щодо дій під час евакуації.

Гостей готелю можна попередити про небезпеку, що насувається, різними способами залежно від того, де вони знаходяться. Візуальні сигнали тривоги можуть підвищити ефективність звукових повідомлень і мають особливе значення для людей із вадами слуху або які перебувають в шумному середовищі. Дослідження чітко показали, що багато людей не швидко реагують на звичайну акустичну пожежну сигналізацію. Успіх мають системи голосового оповіщення (записаний текст) в залежності від його здатності дуже швидко переконати людей у серйозності події.

Ні акустичних, ні візуальних сигналів тривоги може бути недостатньо, щоб розбудити людину від сну якщо вона має серйозні проблеми зі слухом або глуха. Досвід європейських готелів показує важливість даної проблеми. При заселенні адміністратор готелю повинен намагатися ідентифікувати гостей зі значними вадами слуху. У таких випадках використовуються різні вібраційні пристрої. Наприклад «зумери», які активуються або системою пожежної сигналізації, або персоналом. Однак вони мають обмеження: наприклад, пейджер може сповістити людину, лише якщо вона його носить і зумер під подушку, віброюча подушка або матрац коли людина лежить на них. Це означає, що немає єдиного вирішення проблеми оповіщення людей із вадами слуху та поєднання різних альтернативних рішень повинно розглядатись.

Ще один цікавий спосіб інформування гостей – це використання телевізорів. При активації пожежної сигналізації, всі телевізори в гостьових кімнатах автоматично вмикаються або перемикаються на готельний канал. Це дозволяє чітко і детально передати інформацію про поточну ситуацію, знизивши ризик паніки, що є дуже важливо. На екранах телевізорів відображається текст кількома мовами, а також план евакуації для кожного поверху. Водночас критично важливу інформацію можна також передавати через гучномовці в номерах [4]. Також є важливо, аби усі гості, що прибувають до готелю, були ознайомлені з основними вимогами пожежної безпеки під розпис адміністрацією.

Отже готелі належать до будівель із масовим перебуванням людей, тому питання їх пожежної безпеки повинні стояти на першому місці. Захист готелю від пожежі пов'язаний з численними труднощами. Складність при виникненні надзвичайних ситуацій посилюється відносно великою кількістю людей всередині будівлі, більшість з яких не знайомі з плануванням будівлі, процедурами евакуації і навіть сигналами тривоги.

Для максимального захисту необхідна комплексна система пожежної безпеки, що забезпечує особисту безпеку і зниження збитку в разі пожежі. Наріжним каменем такої системи є пожежна сигналізація, яка гарантує надійне виявлення пожежі на ранній стадії і активує систему оповіщення та керування евакуацією.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні: наказ МВС України від 30.12.2014. № 1417.
2. Пожежна безпека. Організація заходів для забезпечення пожежної безпеки в готелях. URL: [https://pidru4niki.com/1965032360412/turizm/pozhezhna\\_bezpeka](https://pidru4niki.com/1965032360412/turizm/pozhezhna_bezpeka) (дата звернення: 19.05.2024).
3. ДБН В.2.2-20:2008. Будинки і споруди. Готелі. [Чинний від 2009-04-01]. Вид. офіц. Київ, 2009. 37 с. (Інформація та документація).
4. Hotel concept fire safety URL: <https://sid.siemens.com/v/u/A6V10435660> (дата звернення: 19.11.2024).

## **ДОСТУПНІСТЬ ТА ІНКЛЮЗИВНІСТЬ ПРОСТОРУ БУДІВЕЛЬ ЗАКЛАДІВ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я**

*Пелешко М.З., канд. техн. наук, доцент,  
Башинський О.І., канд. техн. наук, доцент  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Останні дослідження показали [1, 2], що доступність означає щось більше, ніж безпосередній доступ до будівлі або приміщення за допомогою допоміжних чи спеціальних засобів. Це процес створення просторів, максимально зручних, а значить і безпечних для всіх людей, незалежно від їхнього віку та фізичних чи когнітивних можливостей, без необхідності використання допоміжних (адаптивних) засобів або вузькоспрямованих спеціалізованих рішень.

Отже, врахування основних принципів універсального дизайну в об'ємно-планувальних рішеннях будівель як державних, так і приватних медичних закладів України в цілому і в плануванні евакуаційних шляхів та виходів, дасть можливість створити умови для своєчасної та безпечної евакуації людей з обмеженими можливостями [2].

**Мета роботи** полягає в аналізі державних будівельних норм щодо організаційно-планувальних рішень будівель для забезпечення безперешкодної евакуації МГН.

Забезпечення пожежної безпеки - це відсутність неприпустимого ризику виникнення та розвитку пожежі та пов'язаною з нею можливістю завдання шкоди живим істотам, матеріальним цінностям та довкіллю [6], що досягається впровадження таких заходів, як встановлення пожежної сигналізації, аварійного освітлення, спринклерних систем, вогнестійких матеріалів і проведення перевірок та регулярних протипожежних тренувань для навчання евакуації.

Згідно з ДСТУ 8828:2019 безпечна евакуація людей полягає у таких об'ємно-планувальних і конструктивних рішеннях, при яких евакуація з об'єкта завершується до настання гранично допустимих для людини значень небезпечних чинників пожежі.

При організації шляхів евакуації маломобільних груп населення (МГН) з будівель та споруд необхідно враховувати ряд факторів, а саме їх низьку швидкість пересування, використання для пересування візків, палиць, милиць, що в свою чергу забезпечує низьку маневреність, труднощі під час долаття перешкод на шляхах евакуації. Крім того, проблеми із слухом та зором можуть спричиняти труднощі при зчитуванні знаків безпеки та сигналів оповіщення [2].

Доступність приміщень лікарень для людей з інвалідністю є важливою складовою забезпечення рівних прав на медичну допомогу для всіх громадян. Для того, щоб лікарня стала доступною для людей з інвалідністю, необхідно врахувати ряд факторів як під час проектування нових закладів, так і під час реконструкції старих будівель.

Архітектурна доступність повинна включати пандуси з відповідним нахилом для користувачів інвалідних візків, ліфти для зручного переміщення між поверхами, нормовану ширину евакуаційних виходів, шляхи евакуації без перешкод [7] (відсутність порогів), а також у санітарних кімнатах повинні бути передбачені умови для комфортного користування особами з обмеженими можливостями. Медичні кабінети та палати повинні бути обладнані так, щоб люди з інвалідністю могли користуватися ними без труднощів. Це може включати зручні ліжка, спеціалізовані стільці, а також доступ до медичних пристроїв.

Переносні апарелі, пандуси, підйомні пристрої є розумним пристосуванням у випадку неможливості реконструкції будівлі під потреби маломобільних відвідувачів. При цьому використання підйомних пристроїв має ряд недоліків: такий механізм займає значний простір сходової клітки та ширину сходів, не може забезпечити безперервне переміщення МГН. Також слід зауважити, що використання евакуаційного стільця та евакуаційних нош

для евакуації у будівлях з масовим перебуванням людей до яких відносяться заклади охорони здоров'я вимагає їх достатньої кількості, а також персоналу, що будуть задіюватись до евакуації МГН [4].

Конструкція пандусів має забезпечувати безперешкодний в'їзд інвалідних крісел усіх типів, тому кут його нахилу не повинен перевищувати 8%, а ширина має бути не менше 1,2 м. При цьому їх облаштування нерідко виконується формально, не завжди відповідає вимогам норм, а саме ухил, наявність поручнів (майже 90% пандусів не відповідають цим вимогам). Також згідно з чинними вимогами [5, 6] «кнопка дзвінка виклику» співробітника закладу охорони здоров'я повинна бути елементом доступності для потреб МГН, виходячи з поняття «розумне пристосування».

Для забезпечення мобільності в орієнтуванні у закладах охорони здоров'я має бути чітка система візуального та тактильного маркування для осіб з порушенням зору, а також звукові сигнали для осіб з порушеннями слуху. Для зручності орієнтування потрібно використовувати спеціальні тактильні стрічки на підлозі або інші допоміжні засоби, які сприятимуть пересуванню людей з обмеженими можливостями. Заклади охорони здоров'я мають надавати інформацію у доступних формах: візуально, на жестовій мові, а також у вигляді аудіоформатів для осіб з порушеннями слуху чи зору.

Навчання персоналу є ключовим елементом успішної реалізації плану евакуації. Персонал повинен бути навчений розпізнавати сигнали пожежної тривоги, виконувати процедури евакуації, включаючи допомогу особам з обмеженими можливостями, та надавати першу допомогу в разі потреби. Навчання повинно проводитися регулярно, включати практичні тренування та сценарії випадкових ситуацій, а також враховувати індивідуальні потреби персоналу з різних відділень та рівнів навичок.

Отже евакуація МГН на сьогодні в багатьох випадках ускладнена, а подекуди неможлива, особливо в умовах пожежі. Доступність будівель та споруд для МГН повинна забезпечувати в першу чергу безпеку шляхів руху, а особливо евакуаційних в місцях проживання, обслуговування та праці.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Данова К.В., Хворост М.В., Малишева В.В. Врахування обмежень життєдіяльності осіб з інвалідністю при розрахунку часу евакуації. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2020. №1(31). С. 55-67.
2. Інвалідність та суспільство: навчально-методичний посібник. За заг. редакцією Байди Л.Ю., Красюкової – Еннс О.В. / кол. авторів: Байда Л.Ю., Красюкова – Еннс О.В., Буров С.Ю., Азін В.О., Грибальський Я.В., Найда Ю.М. – К., 2012. - 216 с
3. Пелешко М.З., Башинський О.І., Бережанський Т.Г. Проблеми інклюзивності будівель та споруд в контексті безпечної евакуації. Збірник наукових праць ЛДУБЖД «Пожежна безпека». 2022. № 40. С. 71–78.
4. Ганусевич Д.Л., Ренкас А.А. Проблеми евакуації маломобільних груп населення з громадських будівель у разі виникнення пожежі. Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: зб. тез доп. XV міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів, м. Львів, 25-26 берез. 2020 р. Львів, 2020. С. 22–23.
5. ДБН В.2.2-40:2018. Будинки і споруди. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. [Чинний від 2019-04-01]. Вид. офіц. Київ, 2018. 64 с. (Інформація та документація).
6. ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення. [Чинний від 2019-06-01]. Вид. офіц. Київ, 2019. 43 с. (Інформація та документація).
7. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні: наказ МВС України від 30.12.2014. № 1417.

## **МОДЕЛЮВАННЯ НАГРІВАННЯ АРТЕЛЕРІЙСЬКИХ СНАРЯДІВ ЗА УМОВ ПОЖЕЖІ**

*Пазен О.Ю., канд. техн. наук, Лазаренко О.В., канд. техн. наук, доцент,  
Бойчук Б.Я., Ph.D., Степаняк Ю.Б.  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Артилерійські снаряди — це вид боєприпасів, які використовують для стрільби з артилерійських систем, таких як гармати, гаубиці, міномети або ракетні установки. Їх призначено у враженні цілей на більшій відстані: живої сили, техніки, укріплень, а також інших об'єктів.

Пожежі на складах боєприпасів є надзвичайно небезпечними, оскільки вони можуть привести до масштабних вибухів, ураженню людей, руйнуванню об'єктів і значних екологічних наслідків. Основні причини пожежі на складах боєприпасів це порушення правил зберігання, людський фактор, технічні причини, диверсія, природні фактори.

Вибухові речовини, що використовуються в артилерійських снарядах, повинні забезпечувати ефективне ураження цілей при детонації. Залежно від призначення снаряда, вибухові речовини можуть бути різними. Одними з них можуть бути тротил, гексоген, тетрил, пентрит, аммоніт, піроксилін (нітроцелюлоза), хімічні вибухові речовини, комбінація вибухових речовин, тощо.

Товщина корпусу артилерійського снаряда залежить від типу снаряда та його призначення. Зазвичай корпус снаряда виготовляється з металу (сталевого або іншого сплаву) і має достатню товщину, щоб витримувати високий тиск і температури, що виникають при пострілі, а також для захисту вибухової речовини від зовнішніх пошкоджень.

Осколково-фугасні снаряди: товщина корпусу таких снарядів зазвичай варіюється від 5 до 15 мм, залежно від калібру снаряда. Тонкий корпус необхідний для того, щоб забезпечити вибух у момент досягнення цілі та максимальний осколковий ефект.

Кумулятивні снаряди: для кумулятивних снарядів товщина корпусу може бути меншою, оскільки основна частина енергії вибуху спрямована через кумулятивний ефект. Тут товщина корпусу може бути від 3 до 8 мм, зважаючи на конструкцію.

Бетонобійні снаряди: такі снаряди мають більш товстий корпус, що дозволяє їм пробивати бетонні укріплення. Товщина корпусу може варіюватися від 10 до 25 мм в залежності від розміру снаряда.

Запалювальні та освітлювальні снаряди: для запалювальних снарядів корпус може бути менш товстим, оскільки основна мета — це створення вогню або диму, а не руйнування. Товщина може становити 3–10 мм.

Загалом, товщина корпусу залежить від калібру снаряда (чим більший калібр, тим товстий корпус) і конкретного призначення боєприпасу. Тонші корпуси забезпечують більшу кількість осколків при вибуху, в той час як товстіші корпуси сприяють кращій пробивній здатності або витривалості в бою.

Розглянемо процес нагрівання деякого снаряду з товщиною корпусу 10 мм, вибуховою речовиною якого буде тротил за умов впливу стандартного температурного режиму пожежі. Температура спалаху тротилу становить приблизно 280–300°C. Це температура, при якій тротил починає самостійно горіти без зовнішнього джерела вогню, але не обов'язково детонує.

Для проведення цього дослідження необхідно використано математичну модель процесу теплообміну, яка включає в себе диференціальне рівняння теплопровідності [1,2]

$$c\rho \frac{\partial t(r, \tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r\lambda \frac{\partial t(r, \tau)}{\partial r} \right), \quad r \in [0, r_n], \quad \tau > 0, \quad (1)$$

при початковій умові

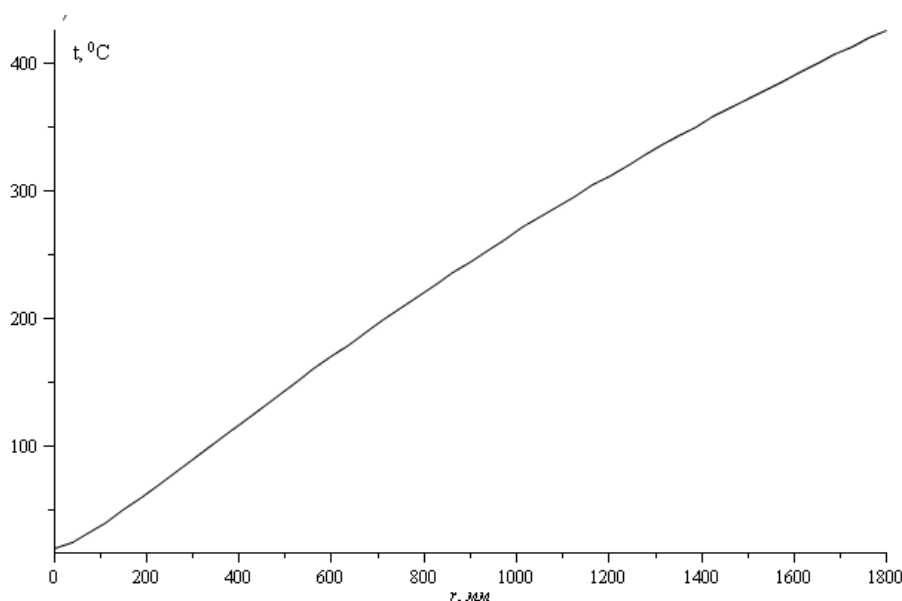
$$t(r, 0) = 20. \quad (2)$$

та з крайовими умовами

$$\begin{cases} -\lambda \frac{\partial t}{\partial r}(r_n, \tau) = \alpha (t(r_n, \tau) - \psi(\tau)), \\ \frac{\partial t}{\partial r}(0, \tau) = 0, \end{cases} \quad (3)$$

Під час математичного моделювання приймемо наступні параметри: оболонка корпусу товщиною 10 мм виконана зі сталі, середина заповнена тротилом. Загальний діаметр снаряду 122 мм, температура змінюється за стандартним температурним режимом пожежі.

Результати моделювання наведено на рис. 1.



**Рисунок 1** – Нагрівання 122 мм снаряду за умов впливу стандартного температурного режиму пожежі

Аналіз рис. 1 свідчить про те, що за даних умов корпус снаряду прогріється до температури спалаху у 280-300 °C за 1050-1150 секунд.

Дана робота є однією пробних, щодо моделювання процесів нагрівання снарядів до небезпечних температур та потребує детальшого подальшого вивчення

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Tatsii, R.M.; Pazen, O.Y. Direct (Classical) Method of Calculation of the Temperature Field in a Hollow Multilayer Cylinder. *J. Eng. Phys. Thermophys.* **2018**, *91*, 1373–1384.
2. Тацій Р.М., Пазен О.Ю., Шипот Л.С. (2020). Дослідження температурного поля в системі багат шарових циліндричних твердих тіл за умов пожежі. *Пожежна безпека*, №37, 64-71. <https://doi.org/10.32447/20786662.37.2020.10>



**ОСНОВНІ АСПЕКТИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ВЗЯТТЯ НА ОБЛІК  
ОБ'ЄКТІВ СУБ'ЄКТІВ ГОСПОДАРЮВАННЯ ОРГАНАМИ ДСНС**

*Дмитро Сніжко, Олег Назаровець, канд. техн. наук, доцент,  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Діяльність із забезпечення пожежної безпеки та запобігання пожежам є складовою діяльності посадових осіб та працівників суб'єктів господарювання [1]. Одним із ключових завдань для забезпечення ефективного та якісного державного нагляду є створення системи всебічного та достовірного обліку об'єктів суб'єктів господарювання. Такий облік дозволяє органам державного нагляду отримувати повну інформацію про об'єкти, їхній ступінь ризику, специфіку діяльності та потенційні загрози. Це є основою для планування заходів державного нагляду.

За статистичними даними, протягом 9 місяців 2024 року в Україні сталося 90 033 пожежі. З них 2 258 пожеж зафіксовано на об'єктах де здійснюється державний нагляд, що становить 2,5 % від загальної кількості пожеж [2], унаслідок яких загинуло 57 людей та 112 людей отримали травми. Зменшення кількості пожеж на об'єктах суб'єктів господарювання є спільним та головним завданням посадових осіб ДСНС та суб'єктів господарювання.

Державний нагляд - діяльність уповноважених законом центральних органів виконавчої влади, їх територіальних органів, державних колегіальних органів, органів виконавчої влади Автономної Республіки Крим, місцевих державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування в межах повноважень, передбачених законом, щодо виявлення та запобігання порушенням вимог законодавства суб'єктами господарювання та забезпечення інтересів суспільства, зокрема належної якості продукції, робіт та послуг, допустимого рівня небезпеки для населення, навколишнього природного середовища [3]. При виявленні порушень за результатом планового або позапланового заходу державного нагляду, суб'єкту господарювання вручається припис про усунення порушень вимог законодавства у сфері техногенної та пожежної безпеки (далі – припис). Припис – це обов'язкова для виконання у визначені строки письмова вимога посадової особи державного нагляду до суб'єкта господарювання щодо усунення порушень вимог законодавства [3]. Тобто приписом є документ, що зобов'язує суб'єкта господарювання дотримуватись чинних норм законодавства у сфері техногенної та пожежної безпеки, та мінімізувати ризики виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті [4]. Забезпечення всебічного обліку всіх об'єктів суб'єктів господарювання є ключовим фактором для забезпечення об'єктивності та ефективності проведення державного нагляду. Для якісного складання Річного плану здійснення заходів державного нагляду Державною службою України з надзвичайних ситуацій необхідно зібрати низку даних про суб'єкт господарювання, зокрема: назву суб'єкта господарювання або прізвище, ім'я, по батькові фізичної особи-підприємця; код ЄДРПОУ або РНОКПП; точну адресу об'єкта, де здійснюється діяльність суб'єкта господарювання [4].

Органи державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки можуть отримувати інформацію про суб'єктів господарювання для якісного планування перевірок із таких основних джерел:

- **Декларація відповідності матеріально – технічної бази суб'єкта господарювання вимогам законодавства з питань пожежної безпеки (далі – декларація).** Подається керівником суб'єкта господарювання та дає право на початок роботи новостворених підприємств, початок використання суб'єктом господарювання об'єктів нерухомості (будівель, споруд, приміщень або їх частин) [5]. Більшість суб'єктів господарювання здійснює господарську діяльність без декларації для приховування інформації про діяльність об'єкту або просто не володіючи інформацією про необхідність подання такої декларації. Згідно нормативних вимог початок роботи новостворених підприємств або початок

використання суб'єктом господарювання об'єктів нерухомості (будівель, споруд, приміщень або їх частин) без зареєстрованої декларації, для яких подання такої декларації є обов'язковим – тягне за собою накладення штрафу на громадян – суб'єктів підприємницької діяльності і посадових осіб – від ста п'ятдесяти до двохсот неоподатковуваних мінімумів доходів громадян [6]. Внаслідок недостатньої ефективності заходів адміністративного впливу суб'єкти господарювання не вмотивовані подавати декларації, і здійснює господарську діяльність без неї, адже вважають це не є обов'язковим, адже можна заплатити штраф (від 2550 грн до 3400 грн), і приховати інформацію про свою діяльність [4].

- **Державний електронний реєстр об'єктів підвищеної небезпеки (далі – реєстр).** Згідно нормативних вимог, реєстр – це інформаційно-комунікаційна система, держателем якої є ДСНС, та яка забезпечує збирання, накопичення, захист, облік, відображення, оброблення реєстрових даних та надання реєстрової інформації, а також електронну взаємодію між фізичними та юридичними особами, державними органами, органами місцевого самоврядування з метою отримання визначеної законодавством інформації у сфері діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної небезпеки. Враховуючи вищезазначене, реєстр – це офіційна база даних, що містить інформацію про суб'єкти господарювання, діяльність яких пов'язана із використанням, зберіганням або транспортуванням небезпечних речовин. Об'єкти включаються до реєстру на підставі критеріїв, встановлених законодавством, зокрема кількості та класу небезпечних речовин. Облік об'єктів суб'єктів господарювання, які належать до категорії об'єктів підвищеної небезпеки, є важливою складовою забезпечення техногенної та екологічної безпеки держави. Цей процес спрямований на систематизацію даних про об'єкти, які потенційно становлять загрозу для життя, здоров'я людей та довкілля.

- **Портал Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва.** В межах своєї професійної діяльності ДСНС надано доступ до порталу Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва. Через електронний кабінет посадової особи ДСНС здійснюється: внесення висновків щодо повноти виконання вимог пожежної та техногенної безпеки під час прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми (СС2) та значними (СС3) наслідками - у разі залучення ДСНС органом державного архітектурно-будівельного контролю; доступ до проектної документації на будівництво об'єктів; надання згідно з компетенцією обґрунтованих пропозицій (висновків) щодо можливості (неможливості) погодження відхилень або рекомендацій стосовно компенсаційних заходів до матеріалів звернень із питань обґрунтованих відхилень від будівельних норм, що забезпечують дотримання встановлених вимог безпеки до будівель і споруд у спосіб, не передбачений будівельними нормами; листування з користувачами електронної системи; отримання статистичних даних.

- **Дані державних реєстрів та кадастрів.** Державний земельний кадастр містить інформацію про земельні ділянки, на яких розташовані об'єкти, а реєстр нерухомості – дані про власників та цільове призначення об'єктів.

- **Дані із засобів масової інформації та відкритих джерел.** Наприклад, повідомлення про аварії, пожежі або інші надзвичайні ситуації на об'єктах. Аналіз таких даних дозволяє оперативно реагувати на порушення та включати об'єкти до плану перевірок.

Враховуючи вищезазначені аспекти, можна виділити основні проблеми, які ускладнюють процес взяття на облік об'єктів суб'єктів господарювання у сфері техногенної та пожежної безпеки:

1. Недостатня ефективність заходів адміністративного впливу. Необхідним є перегляд розміру штрафних санкцій і введення механізмів, які б підвищили відповідальність порушників, зокрема шляхом їх диференціації залежно від ступеня ризику та наслідків порушень.
2. Низький рівень обізнаності суб'єктів господарювання та органів місцевого самоврядування щодо вимог законодавства. Недотримання органами місцевого самоврядування та суб'єктами господарювання вимог щодо подання декларацій.

3. Недостатня взаємодія між органами влади та суб'єктами господарювання. Відсутність належної координації між органами місцевого самоврядування, ДСНС та суб'єктами господарювання призводить до не якісного обліку об'єктів суб'єктів господарювання.
4. Дані про об'єкти зберігаються в різних реєстрах, що значно ускладнює їх обробку.
5. Недостатній контроль із боку органів місцевого самоврядування щодо нових суб'єктів господарювання. Варто зауважити, що навіть органи місцевого самоврядування під час створення в себе нових комунальних підприємств не повідомляють органи державного (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки та дозвільні органи і не подають декларації.
6. Відсутність належної інформаційно-роз'яснювальної роботи. Суб'єкти господарювання не завжди знають про необхідність подання декларацій чи повідомлення про свої об'єкти.

Ефективний облік об'єктів суб'єктів господарювання є ключовим інструментом для забезпечення безпеки на регіональному та національному рівнях. Він дозволяє не лише мінімізувати ризики, але й забезпечити оперативну взаємодію між суб'єктами господарювання та органами державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки.

Діяльність органів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки щодо взяття на облік об'єктів суб'єктів господарювання потребує посилення шляхом активізації інформаційно-роз'яснювальної роботи. Це може бути досягнуто через систематичне висвітлення відповідних питань у засобах масової інформації та соціальних мережах, а також удосконалення цифрових інструментів, таких як чат-бот «Інтерактивний інспектор», який надаватиме підтримку та рекомендації щодо виконання вимог законодавства керівникам суб'єктів господарювання. Моніторинг новостворених або перепрофільованих об'єктів варто організувати через тісну співпрацю з органами місцевого самоврядування. Це дозволить оперативно виявляти нові об'єкти, які потребують взяття на облік. Загалом, такі заходи сприятимуть посиленню контролю за об'єктами суб'єктів господарювання, підвищенню рівня їхньої відповідальності та забезпеченню належного рівня пожежної і техногенної безпеки.

Отже, вдосконалення системи взяття на облік всіх існуючих об'єктів суб'єктів господарювання є одним із головних та дуже важливих кроків для забезпечення пожежної безпеки, захищеності здоров'я і життя громадян України.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 року № 5403 – VI. Дата оновлення 21.09.2024 року [Електронний ресурс]. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/5403-17> (дата звернення 05.11.2024 року)
2. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 9 місяців 2024 року/ Україні / Державна служба України з надзвичайних ситуацій [Електронний ресурс]. – URL: <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/2/2/3/2/7/9/3/analitichna-dovidka-pro-pojeji-092024.pdf> (дата звернення 05.11.2024)
3. Закон України № 877-V від 05.04.2007 року «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності». Дата оновлення 30.06.2024 року [Електронний ресурс]. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/877-16#Text> (дата звернення 05.11.2024 року)
4. Д. Сніжко, О. Назаровець Проблематика взяття на облік об'єктів суб'єктів господарювання: Збірник наукових праць XIX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів. м. Львів: ЛДУБЖД, 2024. С. 258-261.
5. Постанова Кабінету Міністрів України № 440 від 05.06.2013 року «Про затвердження Порядку подання і реєстрації декларації відповідності матеріально-технічної бази суб'єкта господарювання вимогам законодавства з питань пожежної безпеки». Дата оновлення. Дата оновлення 27.11.2023 року [Електронний ресурс]. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/440-2013-%D0%BF#Text> (дата звернення 05.11.2024 року).

УДК 614.842

## АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ РІЗНИХ ТИПІВ КОНТАКТНИХ З'ЄДНАНЬ ЕЛЕКТРОПРОВОДІВ

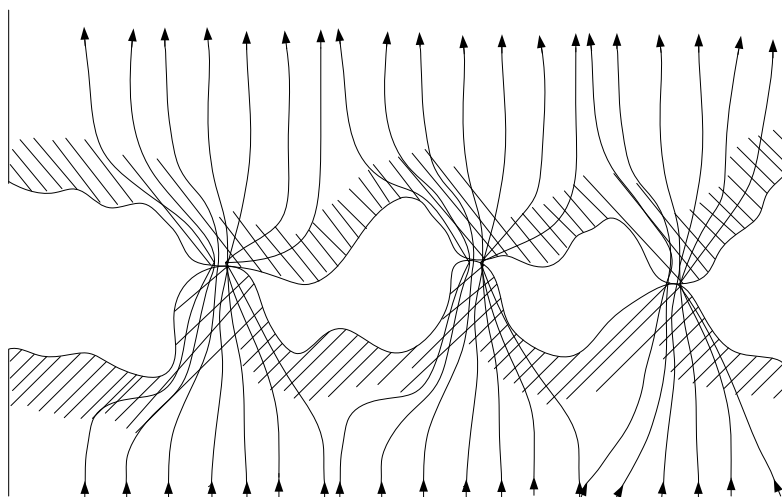
*Перерва Р.О., Назаровець О.Б., канд. техн. наук, доцент  
Рудик Ю.І., д-р техн. наук, доцент  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Як показує статистика, в Україні є досить стійка тенденція збереження кількості пожеж від порушення правил улаштування та експлуатація електроустановок. Якщо взяти статистику пожеж за останні 5 років (2019-2023), то чітко видно, що пожежі від електротехнічних джерел тепла не зменшуються, а лише зростають у відсотковому значенні від загальної кількості пожеж і займають впевнену другу позицію серед всіх джерел займання [5]. Велика кількість пожеж стається саме через великі перехідні опори, які проявляються в з'єднаннях або розгалуженнях провідників, в контактах пристроїв та на клеммах, тому дослідження пожежної небезпеки цих процесів є актуальними проблемами сьогодення.

Загалом, великі перехідні опори виникають з таких причин:

- погіршення електропровідності через утворення оксидних плівок, забруднення контактів;
- недбале виконання монтажу з'єднання провідників;
- порушення щільності з'єднань провідників;
- підвищення напруги в матеріалі контактів;
- механічні пошкодження;

Крім цього на величину перехідних опорів впливає метал з якого виготовлені провідники, фізичні властивості цих металів, вплив навколишнього середовища, вибір способу з'єднання дротів між собою [1]. Взагалі виникнення перехідних опорів пов'язане з явищем стягування струму: електричний струм переходить з одного дроту в інший тільки в ділянках їх дійсного торкання одне з одним, а оскільки діаметр цих ділянок є меншим за діаметр струмопровідних жил, а сила струму при цьому не зменшується, то виникає збільшення опору. Опір в точці доторку дротів і є перехідним опором контакту. Так, з'єднання мідного дроту з алюмінієвим є дуже небезпечним, оскільки коефіцієнт температурного розширення алюмінію значно більший за мідь і при будь-якому способі з'єднання таких провідників між собою їх контакт буде погіршуватись, кількість точок доторку дротів зменшуватись, що буде викликати великі перехідні опори [3,4].



**Рисунок 1** – Проходження електричного струму в контакті (явище стягування струму)

В загальному існує декілька з'єднань провідників між собою: скрутка, опресування, зварювання, пайка, клемний затискач, болтове з'єднання, самозатискачі. Проблема в тому, що при будь-якому способі з'єднання дротів виявити великий перехідний опір важко, так як при цьому сила струму не міняється, що унеможливорює захист від цього явища за допомогою апаратів захисту чи іншим централізованим способом. Відтак, виявити проблему можливо тільки оглянувши електромережу [6]. Провівши дослідження пожежної небезпеки шляхом експериментального вимірювання перехідного опору в місцях контакту всіх методів з'єднання з провідниками як з однаковим матеріалом жил, так і з різними матеріалами жил було встановлено, що при правильному монтажі всі види з'єднань показали наближено однакові результати опору.

Отже, запобігти великим перехідним опорам можливо тільки завдяки огляду проводки на наявність погіршення контакту між провідниками. Час роботи стаціонарних електроустановок після їх монтажу становить, в основному, більше 10 років. За ці роки виникають не передбачувані відмови, можливі випадки аварійної роботи. При цьому і стаються пожежі, причиною яких можуть бути великі перехідні опори. У житловому секторі періодичність контролю електромереж взагалі не встановлено, оскільки, більшість пожеж електротехнічного характеру виникають у житловому секторі, то ця проблема наразі є доволі серйозною. Для визначення і встановлення необхідної періодичності контролю за станом електромереж до 380 В, необхідно й надалі проводити дані дослідження над контактними з'єднаннями і застосовувати їх результати у математичних моделях у вигляді систем лінійних диференціальних рівнянь задля встановлення ймовірності виникнення у мережі значних перехідних опорів, а в подальшому встановити необхідну для запобігання виникненню таких опорів частоту контролю побутових електромереж [2].

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Назаровець О. Б., Перерва Р.О., Рудик Ю.І. Кириченко О.В., Янків В.В. Експериментальне дослідження параметрів пожежної небезпеки контактних з'єднань в електропроводках. *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*, 2024. Vol. 14, No. 2. С. 161–178.
2. Рудик Ю.І. Вимірювання експлуатаційних параметрів безпеки електроінсталяцій. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ" Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях*. Харків: НТУ "ХПІ", 2010. №46 С. 166-170.
3. Електричні апарати: конспект лекцій для студентів 3 курсу денної форми навчання спеціальності 6.090600 "Світлотехніка і джерела світла". Авт.: Н.О. Ільїна, О.М. Ляшенко.– Харків: ХНАМГ, 2004 – 70с.
4. Зобенко О. Модель протипожежного захисту електричних мереж у місцях контактних з'єднань. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2023. Т. 1, № (15).
5. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2019-2023 року / Україні / Державна служба України з надзвичайних ситуацій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://idundcz.dsns.gov.ua/statistika-pozhezh/analitichni-materiali>
6. Волкова О. Г. Метод зменшення перехідного опору розривних контактів комутаційних пристроїв. *Вісник Криворізького національного університету*. 2015. Вип. 39. С. 78-81.

УДК 614.841:[004.91:002](043)

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ДОКУМЕНТІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПРОВЕДЕННЯ ЗАХОДУ ДЕРЖАВНОГО НАГЛЯДУ (КОНТРОЛЮ) У СФЕРІ ПОЖЕЖНОЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ***Кастранець А.М.**Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

З 2017 року відповідно до Закону України “Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності” та Постанови Кабінету Міністрів України від 24 травня 2017 р. № 387 “Про Порядок функціонування інтегрованої автоматизованої системи державного нагляду (контролю), внесення відомостей до неї та строки розміщення цих відомостей”, в Україні запроваджена “Інтегрована автоматизована система державного нагляду (контролю)” (далі - ІАС ДНК).

Дана система призначена для узагальнення та оприлюднення інформації про “заходи державного нагляду (контролю)” (далі - захід ДНК), координації роботи органів державного нагляду (контролю) щодо здійснення комплексних заходів ДНК, моніторингу ефективності та законності здійснення заходів ДНК.

Проте, функціонал системи в порядку внесення відомостей про захід ДНК вимагає значної витрати робочого часу, що в більшій мірі зумовлено дублюванням дій, які здійснюють посадові особи органу державного нагляду (контролю), а саме внесення відомостей: про суб'єкт господарювання; об'єкт на якому проводився захід ДНК; загальна інформація; строк проведення заходу ДНК; дані про останній проведений захід ДНК; особи, які беруть участь у проведенні заходу ДНК; перелік питань щодо проведення заходу ДНК (разом із додатками); опис виявлених порушень вимог законодавства.

Провівши аналіз інформації із ІАС ДНК про кількість проведених планових та позапланових заходів державного нагляду (контролю) щодо дотримання суб'єктом господарювання вимог законодавства у сфері техногенної та пожежної безпеки у Тернопільській області в 2021 році, можна дізнатись, що в середньому одна посадова особа органу державного нагляду (контролю) із орієнтовно 220 робочих днів на рік витрачає понад 187 робочих днів для проведення перевірок, за результатами яких складає Акт та при наявності порушень вимог законодавства - припис. Поряд з цим відомості за результатами заходу ДНК вносяться до ІАС ДНК суб'єктами наповнення не пізніше наступного робочого дня з дня прийняття рішення (відповідно до абзацу другого частини 25 Постанови Кабінету Міністрів України від 24 травня 2017 р. № 387 “Про Порядок функціонування інтегрованої автоматизованої системи державного нагляду (контролю), внесення відомостей до неї та строки розміщення цих відомостей”. Отже, додатково витрачається робочий час ще й після проведення перевірки.

Оскільки ручний набір тексту і формування Акту та розпорядчого документа є трудомістким, схильним до помилок процесом, який вимагає значних витрат часу та ресурсів.

Це призводить до:

- внесення неповної інформації;
- порушення форми відповідного документа;
- порушення термінів внесення інформації в систему;
- ускладнення аналізу даних;
- малоефективного використання робочого часу.

Очевидним процесом удосконалення ІАС ДНК стає доповнення функціоналу системи можливістю, з допомогою електронного планшета, в ході проведення заходу ДНК, автоматизувати заповнення документів встановленої форми, на основі внесених та

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ І ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ**

перевіраних на правильність і повноту, системою даних, в тому числі згідно державних реєстрів (до прикладу ЄДРПОУ) та підписування електронним цифровим підписом.

Впровадження системи електронного документообігу та автоматизації процесів складання розпорядчих документів дозволить:

- Збільшити ефективність роботи: автоматизація рутинних операцій дозволить посадовим особам зосередитися на аналізі даних та проведенні профілактичних заходів.

- Зменшити кількість помилок: автоматичне заповнення шаблонів документів та проведення автоматичних перевірок даних дозволить уникнути типових помилок.

- Прискорити процес складання документів: автоматизація дозволить згенерувати необхідні документи за лічені хвилини.

- Покращити якість прийнятих рішень: швидкий доступ до повних і точних даних про проведені перевірки дозволить приймати більш обґрунтовані рішення.

- Спростити звітність: автоматизована система дозволить легко формувати різноманітні звіти за результатами перевірок.

- Забезпечити цілісність даних: зберігання даних в єдиній системі дозволить забезпечити їх доступність та системність.

- Збільшити прозорість роботи: автоматизована система забезпечить прозорість процесу проведення перевірок та ефективність прийнятих рішень. Зокрема при визначенні в майбутньому чітких критеріїв порушень, які в сукупності створюють загрозу життю та здоров'ю людей, що буде підставою для звернення в адміністративний суд.

Основні функціональні можливості системи автоматизації:

- Створення електронних актів перевірок: автоматичне заповнення шаблонів актів на основі даних, введених інспектором.

- Формування приписів: автоматичне формування приписів щодо усунення виявлених порушень.

- Створення звітів: генерація різноманітних звітів за результатами перевірок (за об'єктами, видами порушень тощо).

- Інтеграція з іншими системами: інтеграція з базами даних про суб'єкти господарювання, геоінформаційними системами тощо.

- Контроль виконання приписів: відстеження виконання приписів та формування відповідних звітів.

- Електронний документообіг: обмін документами між інспекторами, керівниками суб'єкта господарювання та іншими зацікавленими сторонами.

Як висновок автоматизації процесів складання документів за результатами проведення державного нагляду (контролю) є необхідним кроком для підвищення ефективності роботи, зменшить кількість помилок, полегшить збір і узагальнення даних для аналізу. Впровадження такої системи дозволить зменшити бюрократичні бар'єри, покращити якість прийнятих рішень та підвищити рівень довіри громадськості до органів державної влади.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності: Закону України № 877-V від 05.04.2007. Дата оновлення: 15.11.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/877-16#Text> (дата звернення: 05.12.2024).

2. Про Порядок функціонування інтегрованої автоматизованої системи державного нагляду (контролю), внесення відомостей до неї та строки розміщення цих відомостей: Постанови Кабінету Міністрів України № 387 від 24 травня 2017 р. Дата оновлення: 02.11.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/387-2017-%D0%BF#Text> (дата звернення: 05.12.2024).

3. Інструкція щодо користування Інспекційним порталом для посадових осіб органу контролю. URL: <https://docs.google.com/document/d/1rKSvJEOb9bsHygN2dy74ZUg0AMdTIFOL2X1dEQ1-Nao/edit?pli=1&tab=t.0#heading=h.6k2e7fm7msir>.

## СЕКЦІЯ 2 СИСТЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ

УДК 614.841

### МОНІТОРИНГ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

*Фаїк Н.В., Штангрет Н.О., канд. техн. наук  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Лісові пожежі становлять серйозну загрозу для екосистем, людського життя та власності. Вони не лише спричиняють значні економічні збитки, але й мають довготривалі негативні наслідки для довкілля. Пожежі впливають на біорізноманіття, знищують великі площі лісів, які відіграють ключову роль у підтримці кліматичного балансу на планеті. Крім того, знищення лісів збільшує кількість вуглекислого газу в атмосфері, що сприяє глобальному потеплінню. Сучасні кліматичні зміни, зокрема підвищення температури та зменшення кількості опадів, створюють умови для частіших та масштабніших лісових пожеж.

Своєчасне виявлення пожежі на ранніх стадіях і моніторинг її поширення є надзвичайно важливими для зменшення її наслідків. В останні роки безпілотні літальні апарати (БПЛА) стали надійним інструментом у цій сфері завдяки своїй здатності оперативно передавати дані в реальному часі, високій маневрованості та можливості охоплення значних площ, включаючи важкодоступні райони. БПЛА дозволяють більш ефективно використовувати ресурси та знижують ризики для пожежних підрозділів, оскільки не потребують безпосередньої присутності людей в зоні ризику.

Традиційні методи моніторингу включають наземні пости спостереження, спостережні вежі, пілотовану авіацію та супутниковий моніторинг. Наземні пости спостереження мають низький радіус охоплення і не можуть надати оперативні дані з віддалених територій. Спостережні вежі дозволяють побачити осередки пожежі лише в певному радіусі навколо вежі, що робить їх недостатньо ефективними для моніторингу великих лісових масивів.

Пілотовані літаки і вертольоти використовуються для детального огляду з повітря, але цей метод є дорогим і не завжди безпечним для пілотів у зоні дії пожежі. Супутниковий моніторинг дозволяє отримувати дані про великі території, але супутники не забезпечують дані з достатньою частотою і точністю, особливо під час поганої погоди або при значній кількості диму, який заважає отриманню чітких зображень.

Такі методи моніторингу не завжди дозволяють виявити пожежу на ранніх стадіях, що збільшує ймовірність її поширення на великі площі. Порівняно з цими методами, БПЛА є більш доступними, економічними та надають більш оперативні дані, що дозволяє швидше реагувати на загрози.

Безпілотні літальні апарати зарекомендували себе як інноваційний та високоефективний інструмент для моніторингу лісових пожеж. Основною перевагою БПЛА є їх висока маневровість, що дозволяє оперативно переміщатися до осередків займання, проводити детальну зйомку з різних кутів та швидко передавати зібрану інформацію на командний пункт. Завдяки своїм невеликим розмірам та здатності літати на низькій висоті, БПЛА можуть працювати в складних умовах та в місцях, недоступних для пілотованих літаків.

Існує кілька типів БПЛА, які можуть використовуватися для моніторингу пожеж, включаючи мультикоптери, літаки і навіть гібридні моделі. Мультикоптери мають високу маневровість, здатні зависати на місці та здійснювати вертикальні злети і посадки, що є



ідеальним для огляду конкретних ділянок пожежі. Літаки на основі дронів можуть покривати більші території, що корисно для моніторингу великих лісових масивів.

БПЛА оснащуються різноманітними сенсорами та камерами, які забезпечують повноцінний огляд місцевості та оперативне виявлення пожеж. Тепловізійні камери є особливо корисними для виявлення прихованих вогнищ пожежі, адже вони дозволяють фіксувати температурні аномалії, які свідчать про наявність вогню навіть у густому диму або при низькій видимості.

Крім тепловізорів, БПЛА також можуть оснащуватися камерами високої роздільної здатності та датчиками для визначення рівня диму. Це дозволяє не лише виявляти пожежі, але й аналізувати їх розповсюдження та інтенсивність. Важливим є також те, що дані з БПЛА можуть передаватися в режимі реального часу, завдяки чому рятувальники мають можливість оперативно реагувати та координувати свої дії.

Зокрема, у країнах з високим ризиком виникнення лісових пожеж, таких як США, Австралія та Канада, БПЛА активно застосовуються для моніторингу ситуацій в режимі реального часу. Це дозволяє оцінювати потенційну небезпеку для населення та природи, а також своєчасно приймати рішення про евакуацію та залучення додаткових ресурсів. Окрім цього, дані з БПЛА можуть бути використані для аналізу збитків після пожежі та розробки стратегій відновлення лісів.

Основними перевагами БПЛА є їх точність, мобільність, низька вартість у порівнянні з іншими засобами, а також відсутність ризику для операторів, які залишаються поза межами небезпечної зони. Однак існують і певні виклики. Час польоту БПЛА обмежений ємністю акумуляторів, що вимагає частих змін батарей або використання додаткових апаратів для покриття великих площ. Також погодні умови можуть негативно впливати на якість зображення та маневровість дрона.

Використання безпілотних літальних апаратів для моніторингу лісових пожеж є перспективним і необхідним напрямком, який відповідає викликам сучасності. Завдяки БПЛА здійснюється оперативний збір і аналіз даних, що дозволяє виявляти пожежі на ранніх стадіях, точно визначати осередки займання і контролювати поширення вогню. Це допомагає зменшити збитки для навколишнього середовища, знизити економічні витрати на ліквідацію наслідків пожеж і, що найважливіше, зберегти людські життя.

Подальше впровадження БПЛА у боротьбі з лісовими пожежами також сприятиме формуванню системи раннього попередження та екологічного моніторингу на міжнародному рівні, що є особливо актуальним у зв'язку з глобальними змінами клімату. Крім того, успішний досвід застосування дронів у цій сфері може слугувати прикладом для розвитку нових рішень у збереженні природних ресурсів та підвищенні стійкості екосистем до антропогенних та природних загроз.

Отже, безпілотні літальні апарати є потужним інструментом у забезпеченні екологічної безпеки. Їх застосування у сфері моніторингу лісових пожеж дозволяє більш ефективно управляти природними катастрофами, знижувати ризики для людства та сприяти захисту природного середовища. Інвестиції в розвиток технологій БПЛА, удосконалення їх функціональних можливостей і правове врегулювання забезпечать надійний фундамент для успішної реалізації екологічних стратегій як на національному, так і на міжнародному рівні.

Таким чином, використання БПЛА у боротьбі з лісовими пожежами є не лише перспективним, але й важливим кроком для досягнення стійкого розвитку, збереження біорізноманіття і захисту клімату планети.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Застосування безпілотних авіаційних систем у сфері цивільного захисту: монографія / Д.В. Бондар, А.В. Гурник, А.О. Литовченко, В.В. Хижняк, В.Л. Шевченко, Д.М. Ядченко. Київ, 2022, 312 с.

2. Лісові пожежі – гасіння, наслідки та причини виникнення Nrv UA Блог про природу. 2021. URL: [https://nrv.org.ua/lisovi-pozhezhi-hasinnya-naslidkyta-prychyny-vynyknennya/#article\\_content](https://nrv.org.ua/lisovi-pozhezhi-hasinnya-naslidkyta-prychyny-vynyknennya/#article_content).
3. Вимоги безпеки під час гасіння лісової пожежі. StudFiles. 2016. URL: <https://studfile.net/preview/5797639/page:26/>.
4. Климчик О.М., Ковальчук С.В. Можливості застосування безпілотних літальних апаратів для забезпечення екологічної безпеки регіону. Наука. Освіта. Практика: матеріали наук.-практ. конф. (12 жовт. 2017, м. Житомир). Житомир: ЖНАЕУ, 2017. С. 192–196.
5. Лаврівський, М. З., & Гаврись, А. П. (2017). Розвиток безпілотних літальних апаратів в Україні та світі для виконання завдань цивільного захисту. Науковий вісник НЛТУ України, 27(1), 151-153.
6. Василенко, О. П., та Павлов, І. В. Порівняльний аналіз методів моніторингу лісових пожеж. Журнал природничих наук, 22(4), 89-96. 2018.

УДК 614.841.45:004.9

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВАЛІДАЦІЇ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПОКАЗНИКІВ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИВІВ НА КОНСТРУКЦІЯХ БУДІВЕЛЬ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Новак М.С., Харкянен О.В., канд. техн. наук, доцент  
Національний університет харчових технологій*

Для забезпечення під час пожежі несучої здатності конструкцій будівель різного призначення, в тому числі й об'єктів харчової промисловості, на їхню поверхню наносять вогнезахисні покриття, виконані з плит, матів або штукатурки, які мають певні товщини (теплові показники). Для визначення цих показників для несучих будівельних конструкцій, виготовлених зі сталі, бетону і деревини, застосовують методи, які наведено в різних частинах серії стандартів EN 13381, що мають загальну назву «Методи випробування для визначення впливу на вогнестійкість елементів конструкцій». Однак для цих методів існує невизначеність даних щодо ступеню відповідності отримуваних за ними результатів реальним (дійсним) значенням теплових показників, а існуючий підхід до їхньої валідації не дозволяє ці дані визначати [1].

Проведеним дослідженням визначено автоматизовану процедуру валідації, яка забезпечує автоматизацію процесів ідентифікації теплового стану експериментальних зразків конструкцій, встановлених в печах, в умовах впливу стандартного температурного режиму згідно з EN 1363-1 [2], визначання відхилення розрахункових від дійсних значень теплових показників покриття на конструкціях будівель, мінімізації цього відхилення для підвищення ступеню відповідності отримуваних за досліджуванним методом даних щодо теплових показників покриття їх дійсним значенням. Зазначена процедура має такі етапи:

- ідентифікація теплового стану експериментальних зразків конструкцій з покриттям в умовах впливу стандартного температурного режиму згідно з EN 1363-1 [2];
- ідентифікація за отриманими даними щодо теплового стану експериментальних зразків дійсних значень теплових показників покриття шляхом застосування чисельного метода, який було раніше валідовано;
- із використанням отриманих даних щодо теплового стану експериментальних зразків, за методом, наведеним у відповідній частині EN 13381, визначення розрахункових значень теплових показників покриття;
- визначення діапазону і середньо квадратичного відхилення розрахункових значень теплових показників покриття від їх дійсних величин;
- мінімізація середньо квадратичного відхилення розрахункових значень теплових

показників покриття від їх дійсних величин шляхом коригування певного параметра моделі (її калібрування), застосованої у відповідній частині EN 13381, і визначення діапазону відхилю коригованих розрахункових значень теплових показників покриття від їх дійсних величин.

Особливістю цієї процедури валідації є те, що вона дозволяє не тільки визначити діапазон відхилю розрахункових значень теплових показників покриття від їх дійсних величин, а й здійснювати коригування у методі, які мінімізують цей відхил і, тим самим, наближують отримувані результати до дійсних теплових показників покриття. Запровадження в цій процедурі автоматизації процесу валідації, як альтернативи “сліпої” та “відкритої” валідації, наведеної в міжнародному стандарті ISO 16730–1 [3], направлене на підвищення достовірності (об’єктивності) отримуваних результатів валідації.

Для програмної реалізації цієї процедури валідації щодо методів визначення теплових показників покриттів на сталевих конструкціях, які подано в EN 13381-4 [4], розроблено блок-схему алгоритму і програмне забезпечення з використанням мови програмування Python 3.7 з інтегрованим середовищем розробки JetBrains PyCharm [5], а також застосовано прикладну програму FRIEND-2 [6], яка призначена для розв’язання прямих і обернених задач теплопровідності. Реалізовано автоматизацію процесу вводу і збереженості вхідних і вихідних даних, які використовують в цих комп’ютерних програмах, що дозволяє уникнути багаторазового втручання оператора. Слід зазначити, що в цих методах тепловими показниками покриття є набір даних щодо його мінімальної товщини, за якої протягом певного нормованого проміжку часу впливу стандартного температурного режиму згідно з EN 1363-1 [2] температура металевої поверхні сталеві конструкції, яка має певний коефіцієнт поперечного перерізу, не перевищує проєктну (критичну) температуру. Дані щодо цієї товщини покриття визначають для нормованих діапазонів параметрів сталевих конструкцій (коефіцієнта поперечного перерізу, проєктної температури і проміжку часу збереженості вогнестійкості), поданих в EN 13381-4 [4], і їхня кількість може досягати кількох сотень. Зокрема, діапазон проєктної температури зазвичай становить від 350 °C до 700 °C (з кроком 50 °C).

Визначено завдання, які необхідно розв’язати для практичної реалізації запропонованої процедури валідації, що пов’язані з розробленням інтелектуальної автоматизованої системи керування температурним режимом в тепловій печі й створенням алгоритмічного і програмного забезпечення автоматизованого процесу валідації методів визначення теплових показників покриттів на конструкціях будівель різного призначення..

## ЛІТЕРАТУРА

1. Новак М., Харкянен О. Валідація методів визначення теплових показників систем вогнезахисту сталевих конструкцій. *Науковий вісник : Цивільний захист та пожежна безпека*. 2023. № 2 (16). С. 113–123.
2. EN 1363-1:2020 Fire resistance tests – Part 1: General Requirements. European committee for standardization. CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brussels. 2020 CEN. 54 p.
3. ISO 16730-1:2015 Fire safety engineering – Procedures and requirements for verification and validation of calculation methods – Part 1: General. CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland. ISO 2015. 42 p.
4. EN 13381-4:2013. Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 4: Applied passive protection to steel members. European committee for standardization. Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2013 CEN. 83 p.
5. Новак С., Новак М. Розроблення автоматизованої процедури валідації методів розрахунку характеристики вогнезахисної здатності покриттів для сталевих конструкцій. *Науковий вісник : Цивільний захист та пожежна безпека*. 2021. № 1 (11). С. 3–10.
6. Круковский П., Новак С., Поклонский В., Еременко С., Фролов Г. *Оценка огнестойкости металлических строительных конструкций и огнезащитной способности покрытий (расчетно-экспериментальный подход)*: коллективная монография. Киев: ТОВ “Франко Пак”, 2021. 148 с.

УДК 614.8.084

## ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСІВ ПОШИРЕННЯ ЗОВНІШНЬОЇ ПОЖЕЖІ ТА ПРИНЦИПИ ЇЇ ОБМЕЖЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНИМИ КАРНИЗАМИ

*Ярослав БАЛЛО, канд. техн. наук, старший дослідник, Богдан КОВАЛИШИН, аспірант  
Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

В основі математичного моделювання виникнення зовнішньої пожежі в будівлях та спорудах закладається підхід, що в більшості випадків її осередок виникає в середині об'єму приміщення, з подальшим поширенням полум'я крізь світловий проріз, заповнення якого руйнується в результаті дії високої температури. Слід розуміти, що випадки виникнення пожежі на зовнішній поверхні фасаду також мають місце, проте вони є не такими поширеними та здебільшого стосуються використання неякісних матеріалів облицювання фасаду або виникають через виникнення пожежі у зовнішніх інженерних установках, зокрема кондиціонерних блоках. Для можливості визначення найбільш небезпечних чинників, які впливають на поширення зовнішньої пожежі, розглянемо теоретичні моделі, що описують характер траєкторії полум'я, що виходить з віконного отвору та поширюється на верхні поверхи будівлі.

В дослідженнях [1-2] представлено математичний опис процесів поширення зовнішньої пожежі, що описує залежність поширення полум'я в залежності від параметрів вікна та дозволяє прогнозувати його траєкторію і має назву «ефект стіни над полум'ям». Згідно з даними дослідженнями, представлено описано наступні траєкторії поширення полум'я:

- полум'я поширюється вертикально уздовж фасаду (паралельно фасаду);
- полум'я на початковому етапі поширення має відрив від стіни, з подальшим повторним приєднанням полум'я до фасаду;
- полум'я має відрив від стіни із збереженням певного відриву у продовж всього процесу розвитку пожежі.

В основі ідеї застосування фасадних протипожежних перешкод (протипожежних карнизів) лежить мета забезпечити третій з перелічених типів траєкторії поширення полум'я та не допустити повторного його приєднання до фасаду.

Одна із математичних моделей, яка описує залежність поширення полум'я крізь отвір та дозволяє прогнозувати його траєкторію в залежності від параметрів вікна є модель запропонована в [3], що виглядає:

$$\frac{z}{H - Z_N} = \frac{1}{9\beta T_\infty} \left\{ \left( \frac{x + x_0}{H - Z_N} \right)^{3/2} - \left( \frac{x_0}{H - Z_N} \right)^{3/2} \right\}^2 / \left( \frac{x_0}{H - Z_N} \right) \quad (1)$$

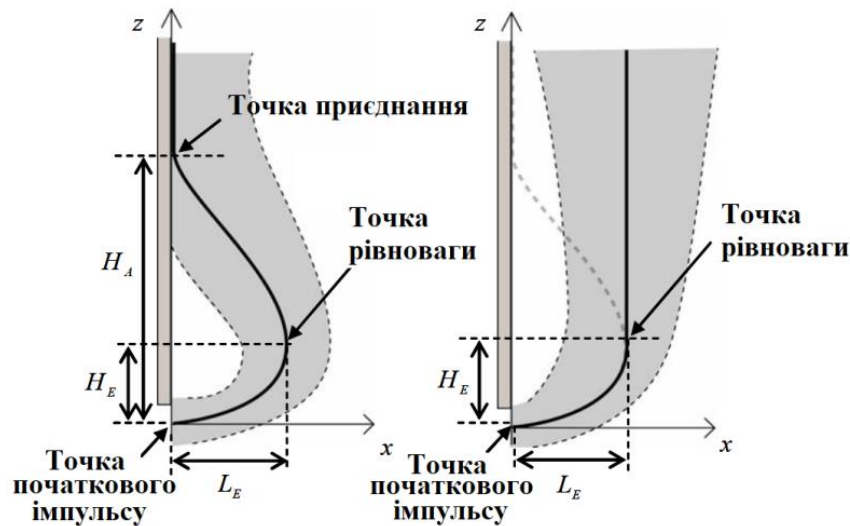
де  $x$  – відстань від стіни,  $z$  – висота полум'я осередку пожежі,  $x_0$  – товщина стіни вікна з якого виходить полум'я;  $H$  – висота отвору вікна,  $Z_N$  – висота площини стіни,  $T$  – температура в зоні осередку пожежі;  $\beta$  – коефіцієнт теплового розширення.

Представлена залежність описує конфігурацію траєкторії за допомогою кубічної функції, в якій потік на першому етапі викидається в горизонтальному напрямку, а потім набирає вертикальний імпульс через силу виділення теплового потоку. При цьому, що стосується траєкторії поширення полум'я із віконного отвору, то в даному випадку в роботі [3] відзначено доцільність використовувати підхід, який полягає в апроксимації кривої полум'я за допомогою чотирьох ламаних ліній (відрізків), які змінюються за рахунок зміни тиску ( $\Delta p$ ):

$$\Delta p \sim \frac{1}{2} \rho_{\infty} (\alpha u_m)^2 \cdot \left[ \frac{1}{1 + (2x/B)^2} \right] \quad (2)$$

де  $B$  – горизонтальна ширина отвору (m);  $u_m$  – швидкість потоку уздовж траєкторії;  $\rho_{\infty}$  – щільність газу навколишнього середовища.

За результатом аналізу рівняння, що описує криву пожежі, важливим є втрата точки рівноваги, а саме зони положення при якому початкова швидкість ( $u$ ) теплового потоку наближається до «0», а точка приєднання полум'я до фасаду є результатом досягнення значення тиску ( $\Delta p$ ) значення «0». В разі виконання умови, коли ліва частина рівняння (2) не дорівнює значенню «0», то траєкторія полум'я є паралельною стіні, а ефект повторного приєднання полум'я до стіни не відбувається. Візуалізація описаних математичних залежностей щодо характеру траєкторії полум'я наведена на рисунку 1.



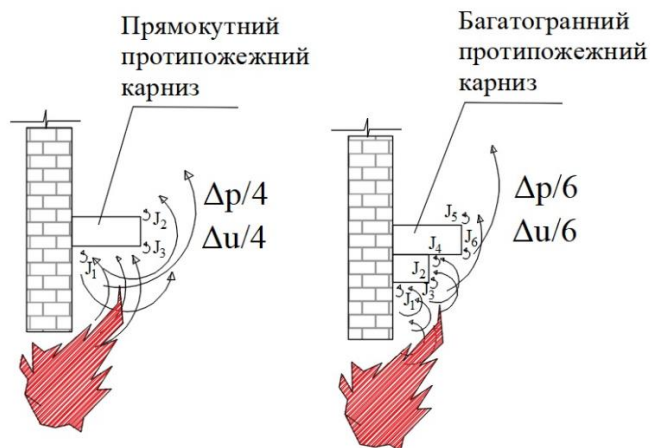
**Рисунок 1** – Візуалізація залежностей, що описують траєкторію поширення полум'я, де а - траєкторії поширення полум'я при  $\Delta p \rightarrow 0$  ; б - траєкторії поширення полум'я при  $\Delta p > 0$

Таким чином, однією із умов підвищення ефективності запобігання поширення пожежі ззовні будівель протипожежними карнизами є створення такої траєкторії полум'я, при якій значення тиску ( $p$ ) та швидкості ( $u$ ) не буде досягати нульового значення у пожежонебезпечній зоні фасаду. Забезпечення таких умов та відведення полум'я у зовнішній простір зменшить температурний вплив на зовнішній фасадні конструкції та матеріали їх облицювання, що є однією із головних передумов збереження їх цілісності. Також можливо створити умови, при яких значення тиску ( $p$ ) та швидкості ( $u$ ) буде досягати нульового значення в зоні фасадної протипожежної перешкоди, яка буде виконувати функцію полум'ягасника, та за рахунок форми своєї конструкції обмежувати подальше поширення пожежі. Можливо зробити припущення, що в разі застосування у якості фасадних протипожежних перешкод (протипожежних карнизів) прямокутних виступів або багатогранних виступів загального прямокутного профілю, можливо створити зону найменшої швидкості від початкового імпульсу та максимального тиску поза зоною фасадної площини та уникнути утворення точки повторного приєднання полум'я в зоні самого фасаду. Функція завихрення складного багатоступеневого потоку рівна сумі функцій простого паралельно-висхідного потоку, що виражається залежністю:

$$\Psi = U_0 Y + \left(\frac{L}{2\pi}\right)(\alpha_1 - \alpha_2) + \left(\frac{L}{2\pi}\right)(\alpha_3 - \alpha_4) + \left(\frac{L_0}{2\pi}\right)(\alpha_5 - \alpha_6) \quad (3)$$

При цьому, для даної залежності перший член правої частини залежності являє собою функцію простого паралельно-висхідного потоку зі швидкістю  $U_0$ , другий та третій члени характеризують функції утворення вихрових імпульсів  $J_1$ ;  $J_3$  та функції спаду  $J_2$ ;  $J_4$  з витратою  $L$ .

На рисунку 2 наведено візуалізацію функції завихрення складного багатоступеневого потоку на прикладі прямого протипожежного карнизу та багатогранного протипожежного карнизу загальної прямокутної форми



**Рисунок 2** - візуалізацію функції завихрення складного багатоступеневого потоку для різних карнизів з різною кількістю виступів

Таким чином, з вище наведеного можливо відмітити, що чим більше в конструкції фасадної протипожежної перешкоди буде утворено вихрових джерел  $J_n$  тим більше буде відповідно відбуватися функції спаду, та як наслідок, енергія висхідного теплового потоку буде зменшуватися та втрачати свій потенціал не досягаючи пожежонебезпечних зон фасаду.

Разом із цим, варто відмітити, що згідно представленої теорії процесів поширення зовнішньої пожежі та запропонованих принципів її обмеження, застосування протипожежних карнизів із гладкою формою зовнішньої поверхні, може спричинити явище підвищеного тиску та швидкості висхідного потоку, що в свою чергу спричинити втрати «зони рівноваги» безпосередньо біля світлового прорізу вище розташованого поверху, та як наслідок, спричинити руйнування його заповнення.

Представлені дослідження демонструють, що форма та конструктивні параметри протипожежних карнизів можуть значно впливати на ефективність обмеження поширення пожежі, а для окремих випадків можуть бути навпаки – причиною стрімкого поширення вогню на вище розташовані поверхи будівлі. Таким чином, в подальших дослідженнях доцільно систематизувати типові конструктивні види протипожежних карнизів для визначення показників їх ефективності, що дозволить їх більш ефективно застосовувати для різних випадків обмеження пожежі між різними функціональними зонами будівель та різними вертикальними протипожежними відсіками.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Himoto, K., Tsuchihashi, T., Tanaka, Y., & Tanaka, T. (2009). Modeling thermal behaviors of window flame ejected from a fire compartment. *Fire safety journal*, 44(2), 230-240.
2. Ohmiya, Y., & Hori, Y. (2001). Properties of external flame taking into consideration excess fuel gas ejected from fire compartment. *Journal of Architecture, Planning & Environmental Engineering*, (545), 1-8.
3. Himoto, K., Tsuchihashi, T., Tanaka, Y., & Tanaka, T. (2009). Modeling thermal behaviors of window flame ejected from a fire compartment. *Fire safety journal*, 44(2), 230-240.

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ АВАРІЙНИХ ТА СТАБІЛІЗАЦІЙНИХ ВІДКЛЮЧЕНЬ

*Шаповалов О. В., канд. техн. наук  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Після початку військових дій росії проти України і масованих ракетних ударів по енергетичній системі у секторі "передача електроенергії" країна втратила 22,2%, крім того зруйновано, пошкоджено чи окуповано більше 70% всієї української генерації. Такі дії агресора призвели до значного дефіциту електроенергії і як наслідок аварійних та стабілізаційних відключень.

Можливість безпечного перебування людей укриттях, робота об'єктів які забезпечують нормальне життя людей та критичної інфраструктури залежить від належного функціонування технологічних систем цих об'єктів.

Найбільш розповсюджені альтернативні джерела електроенергії, такі як бензинові або дизельні генератори також мають обмеження у використанні, пов'язані з наявністю та запасом палива, температурою навколишнього середовища, місця розташування, тощо. В більшості випадків включення в роботу таких генераторів відбувається в ручному режимі і займає час від 3 хв. до 10 хв. Забезпечити безінерційне автоматичне функціонування систем життєзабезпечення об'єктів критичної інфраструктури використання альтернативних джерел електроенергії у вигляді акумуляторних батарей з інверторами напруги.

При вирішенні проблеми забезпечення життєдіяльності об'єктів критичної інфраструктури за допомогою генераторів з двигунами внутрішнього згорання виникає інша проблема пов'язана з необхідністю виведення його до робочих параметрів (як любий інший двигун внутрішнього згорання). Це здійснюється з метою його правильної експлуатації та зменшує зношувальність деталей. Час від запуску дизельного двигуна до настання його робочої температури може сягати 10 хв. За цей час поки прогріється двигун виконавчі механізми критичної інфраструктури, які приводяться в дію електричною енергією, не здатні виконувати свою функцію. Забезпечення безперебійного живлення електричних споживачів об'єктів критичної інфраструктури можна вирішити застосовуючи автономне резервне живлення у вигляді акумуляторних батарей (АБ). Все це буде мати наступний вигляд. В разі обриву електропостачання від мережі міста автоматично в роботу запускається дизельний генератор. Поки дизельний генератор прогрівається до робочої температури акумуляторні батареї весь цей час (до 10 хв.) забезпечують життєдіяльність вказаних об'єктів. Після досягнення дизельним генератором робочої температури, під час якої дозволяється давати навантаження, автоматично переключиться електрозабезпечення від акумуляторних батарей на дизельний генератор, а акумуляторні батареї в цей час переключуються в режим заряджання від дизельного генератора. Надалі, в разі якоїсь несправності чи поломки дизельного генератора, акумуляторні батареї будуть забезпечувати електропостачання та забезпечать необхідний час для ремонту дизельного генератора.

З метою узгодження параметрів асинхронного двигуна та автономного джерела разом з акумуляторними батареями використовуємо автономні інвертори напруги (АІН). А також з метою зменшення кількості акумуляторних батарей і досягнення необхідної величини напруги включити у схему підвищуючий трансформатор.

Обираючи схему формування напруги та керуючись такими критеріями як економічність та ефективність, у роботі запропоновано для електроприводу в якості резервного електроживлення використання автономного джерела з АБ та АІН, спосіб перетворення напруг в якому і формування кривої напруги живлення АД з компенсацією

вищих гармонік. У схемі джерела використано 2 трифазні мостові АІН та відповідно їм трифазні трансформатори. Блок-схема такого джерела показана на рис. 1.

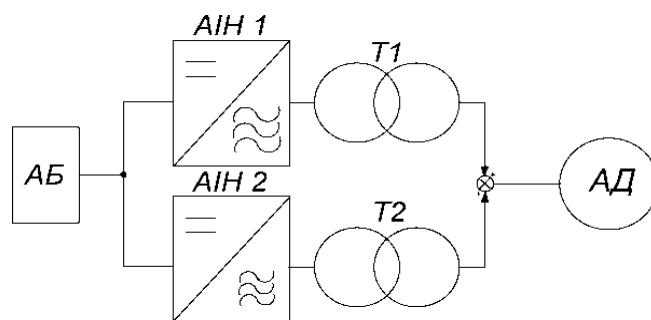


Рисунок 1 – Блок-схема автономного джерела

З метою зменшення залежності від енергоносіїв, постачання яких залежить багатьох обставин і забезпечення поповнення заряду акумуляторних батарей, в будову автономного джерела доцільно ввести сонячні панелі з гібридним зарядним пристроєм, який здатен визначати пріоритети джерел заряджання акумуляторних батарей при працездатності кількох.

На рис.2 показана блок-схема забезпечення безперебійним живленням споживачів систем протипожежного захисту та систем життєзабезпечення об'єктів критичної інфраструктури

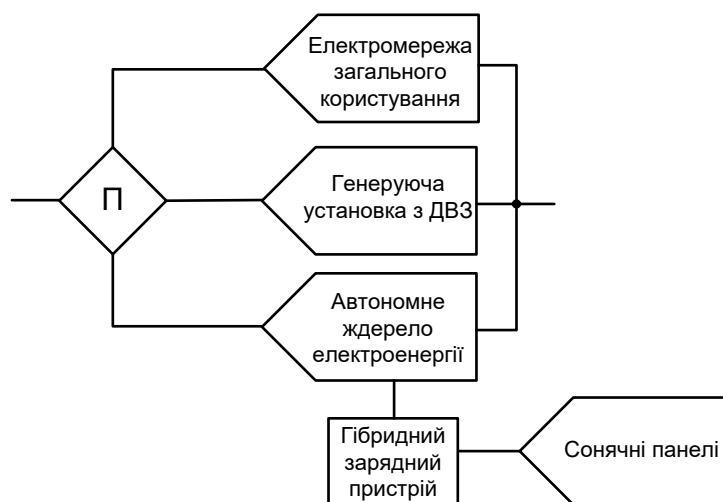


Рисунок 2 – Блок-схема побудови джерела безперебійного живлення

**Висновок:** Одним з основних пропонованих методів забезпечення живучості об'єктів критичної інфраструктури під час війни є методи вибору елементів, вузлів або блоків, створення сприятливих режимів роботи споживачів енергії. Запропоновані рішення дають змогу забезпечити функціонування об'єктів критичної інфраструктури у будь-який момент часу і підвищити ймовірність їх безвідмовної роботи.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Боднар Г.Й., О.В. Шаповалов Выбор вида и обоснование параметров источника питания системы противопожарной защиты объектов туристической отрасли. - Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza. Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej Vol. 33 Issue 1, 2014.

2. Електропривід насоса підвишувача тиску води Пат. 105287 Україна, МПК (2014.01) А62С 37/00, А62С 37/46 (2006.01), F04D 25/06 (2006.01), H02P 25/00– а201211659; заявл. 09.10.2012; опубл. 25.04.2014, Бюл. № 8.



## ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ЛІНІЙНИХ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВИСОКИХ ПРИМІЩЕНЬ

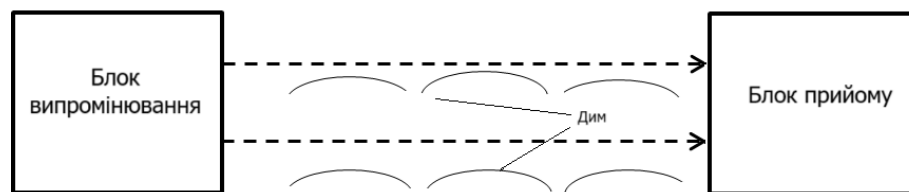
*Шатохін А.В., магістр*

*Антошкін О.А., канд. техн. наук, доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Одним з ключових елементів системи пожежної сигналізації (СПС) [1] вважається пожежний сповіщувач, який виконує функції чутливого елементу системи. Відповідно до вимог [2, 3] формування схеми розміщення пожежних сповіщувачів (ПС) здійснюється виходячи з визначених нормативними документами максимальними відстанями між сповіщувачами та від сповіщувача до стіни. Найбільш розповсюдженими ПС є точкові. Саме для них в табл. 7.1, 7.2 [2] вказані необхідні параметри для розміщення. Відповідно до їх значень формується або регулярна [2, 3, 4], або нерегулярна [5] схема розміщення пожежних сповіщувачів. Але слід зазначити, що у вказаних таблицях для точкових ПС є обмеження на висоту їх встановлення. Для димових – до 11 метрів, для теплових – до 8 метрів. За більших висот встановлення вказаних видів ПС припускається лише в окремих (обґрунтованих) випадках. Хоча можна навести достатньо прикладів приміщень з висотою більше 11 метрів – виробничі, культурно-видовищні, спортивні тощо.

Для випадків, коли встановлення точкових ПС заборонено або не рекомендовано, альтернативою є використання лінійних ПС. Свою назву вони отримали завдяки конфігурації зони, яку вони контролюють (рис. 1).



**Рисунок 1** – Схема роботи лінійного димового пожежного сповіщувача

Лінійні ПС, так само як і точкові, можуть бути як димовими, так і тепловими за видом ознаки, що контролюється. Хоча на теперішній час більше розповсюдження отримали димові лінійні.

Принцип дії димових лінійних ПС базується на оптико-електронному методі аналізу густини повітря з використанням інфрачервоного променю – ступені ослаблення світлового потоку при проходженні скрізь об'єм що контролюється

$$P_1 = P_0 \exp(-\beta x),$$

де  $P_1$  – інтенсивність потоку після проходження через середовище, що аналізується;

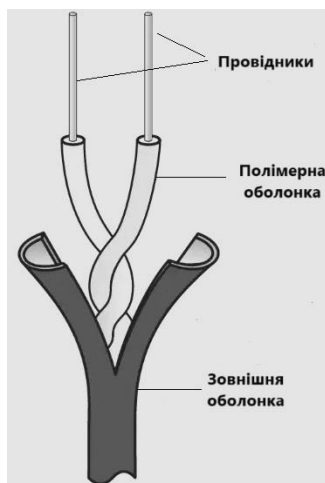
$P_0$  – інтенсивність потоку на вході в середовище, що аналізується;

$\beta$  – коефіцієнт розсіювання;

$x$  – товщина шару, що розсіює.

При проходженні інфрачервоного променю від випромінювача до приймача в разі появи диму спостерігається його ослаблення. При певному рівні ослаблення ситуація ідентифікується як пожежа.

Теплові лінійні ПС, як правило, складаються з двох провідників, які ізольовані один від одного полімерним шаром (рис.2).



**Рисунок 2** – Будова теплового лінійного сповіщувача

Принцип дії такого приладу наступний. При підвищенні температури до порогового значення відбувається оболонка кабелю розплавляється і два дроти замикаються.

Окрім того, що використання лінійних пожежних сповіщувачів для високих приміщень дозволяється нормативними документами, такий варіант технічної реалізації протипожежного захисту об'єктів має ще низку переваг.

В першу чергу кількість лінійних ПС для великих за площею приміщень в рази менше ніж точкових. І навіть при більш високій вартості одного лінійного ПС загальна вартість обладнання для СПС буде суттєво менша. Менша кількість сповіщувачів дозволяє зменшити й протяжність дротів в шлейфах і витрати на монтаж.

Також зменшення кількості ПС у складі СПС підвищує її надійність, зменшує ймовірність хибного спрацювання. Чим підвищує рівень протипожежного захисту об'єкту в цілому.

Таким чином, застосування лінійних пожежних сповіщувачів є обґрунтованою альтернативою точковим ПС у складі систем пожежної сигналізації, яка дозволить виявити пожежу на ранній стадії та зменшити витрати для обладнання СПС великих за площею та висотою приміщень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Дерев'янюк О.А., Антошкін О.А., Бондаренко С.М., Дурєєв В.О., Литвяк О.М., Мурін М.М. Сучасні засоби автоматичного пожежогасіння: Навч. посібник. – Х.: УЦЗУ, 2008. – 181 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/8497>.
2. Системи протипожежного захисту : ДБН В.2.5–56–2014 [Чинний від 2015-07-01]. К. : ДП «Укрархбудінформ». 2014. 127 с.
3. Системи пожежної сигналізації та оповіщення. Ч. 14. Настанови щодо побудови, проектування, монтування, введення в експлуатацію, експлуатування і технічного обслуговування (CEN/TS 54-14:2004, IDT) : ДСТУ-Н CEN/TS 54-14:2009. [Чинний від 2010-01-01]. К. : Держспоживстандарт України, 2009. 68 с.
4. Панкратов А.В. Метод регулярного покриття прямокутної області кругами заданого радіуса/ А.В.Панкратов, В.Н.Пацук, Т.Е.Романова, А.А. Антошкін // Радиоэлектроника и информатика. – 2002. – № 1. – С. 50 – 52
5. Антошкін О.А. Узагальнена математична модель задачі покриття області ідентичними колами та її основні реалізації / О.А. Антошкін, О.В. Панкратов // Системи обробки інформації. 2019. № 1(156). С. 44-49. DOI: 10.30748/soi.2019.156.06

## **НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ВІДЕОСИСТЕМ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ**

*Кушнір А.П., канд. техн. наук, доцент,  
Альфавіцька Г.В.*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Відеосистеми пожежної сигналізації (ВСПС) відрізняється від традиційних систем пожежної сигналізації (СПС) з точковими та лінійними пожежними сповіщувачами (ПС) тим, що вони виявляють саме загорання, а не її ознаки. Виявлення пожежі базується на математичних алгоритмах, які аналізують відеозображення. Відеосистема використовує програмне забезпечення для автоматичного аналізу зображень у реальному часі з відеокамер, або будується на пожежних відеосповіщувачах (ПВС), які вже мають програмне забезпечення для виявлення загорань. Аналізується зображення на наявність змін у таких параметрах, як колір, яскравість, контрастність, вміст країв, втрата деталей, рух тощо. Ці системи більш ефективні, мають значну швидкодію, не вимагають закритих приміщень, можуть контролювати великі території, приміщення з високими стелями і дають змогу мінімізувати кількість помилкових спрацьовувань. Крім цього є можливість переглядати зображення з камер для підтвердження факту загорання.

СПС з ПС є добре відомі. Майже для кожного елемента системи є свій міжнародний та/або європейський стандарт EN 54 і він має йому відповідати. На сьогодні використання ВСПС для виявлення загорань не отримали широкого використання. До появи міжнародного стандарту ISO 7240-29:2017 [1] не існувало єдиних вимог до ПВС, що ускладнювало їхнє широке застосування. Розробка і випуск ISO 7240-29 дозволило впровадити нові технології для підвищення пожежної безпеки об'єктів і значно розширити їхнє використання, особливо на великих промислових об'єктах, де вони часто є єдиним ефективним рішенням для забезпечення пожежної безпеки. Стандарт уніфікував вимоги до ПВС, що сприяло їхньому визнанню власниками об'єктів, страховими компаніями та сприяло розвитку ринку. Він встановив чіткі вимоги до ПВС та забезпечив їхню сумісність на міжнародному рівні. Для виробників це дозволило створювати нові продукти і розвиватися в цій галузі. Наявність даного стандарту стимулювало попит на використання ПВС, оскільки дозволило проєктувальникам та користувачам впевнено інтегрувати їх у системи протипожежного захисту.

Методика випробувань ПВС, описана в ISO 7240-29:2017 [1], призначена для оцінки ефективності ПВС не лише у випадку пожежі, а в умовах, які можуть зустрітися на практиці, включаючи корозію, вібрацію, прямий удар, непрямий удар та електромагнітні перешкоди. Підкомітет по розробці ISO визнав, що міжнародний стандарт не дає відповіді на усі запитання, а дозволяє даній галузі розвиватися і впроваджувати уже давно розроблені науковцями алгоритми розпізнавання пожеж, в тому числі на основі штучного інтелекту. На низку запитань ще потрібно знайти відповіді і цього найкраще можна досягти шляхом отримання практичного досвіду в даній галузі за допомогою цього стандарту.

У 2022 році в Україні був прийнятий національний стандарт ДСТУ ISO/TS 7240-29:2022 [2], який розроблений на основі міжнародного стандарту ISO 7240-29:2017 [1]. Стандарт вступив в дію у лютому 2023 році. Національний стандарт був прийнятий методом перекладу міжнародного стандарту ISO/TS 7240-29:2017. До стандарту внесено редакційні зміни згідно з вимогами національної стандартизації України.

ДСТУ ISO/TS 7240-29:2022 [2] визначає вимоги, методи випробування та критерії ефективності ПВС, які працюють у видимому спектрі, для використання в СПС, встановлених у будівлях та зовні. Для випробування інших типів ПВС, що працюють на інших принципах, цей документ можна використовувати лише як рекомендаційним. ДСТУ

ISO/TS 7240-29:2022 не поширюється на ПБС, які розроблені для захисту від конкретних ризиків із спеціальними характеристиками, включаючи додаткові функції.

ПБС повинен:

- відповідати вимогам розділу 4 даного стандарту, що має бути перевірено візуальним оглядом або технічною оцінкою;
- пройти випробування, як зазначено в розділі 5 даного стандарту та відповідати вимогам цих випробувань;
- мати маркування відповідно до розділу 6;
- супроводжуватися документацією, зазначеною в розділі 7 даного стандарту;
- бути захищеним від явищ, які можуть викликати помилкові спрацювання.

ПБС може використовувати змінні лінзи або лінзи зі змінною фокусною відстанню. Зміна фокусу об'єктива камери, яка перешкоджає ПБС виявити пожежу, повинна викликати сигнал несправності. Виробник повинен задекларувати діапазони, на яких ПБС має виявляти пожежу.

На сьогодні ДСТУ ISO/TS 7240-29:2022 [2] це єдиний нормативний документ, який діє в Україні і дає можливість використовувати ПБС. Однак в цьому стандарті нічого не сказано про проектування, монтування, введення в експлуатацію та вимоги до обслуговування ВСПС.

Нормативний документ ISO/TS 7240-30:2020 [3] вже визначає вимоги до проектування, монтування, введення в експлуатацію та вимоги до обслуговування ВСПС, які в першу чергу призначені для забезпечення раннього виявлення пожежі в одній або кількох визначених зонах з метою захисту життя людей, матеріальних цінностей та довкілля. Однак, в Україні поки що даний стандарт не впроваджено. ВСПС може використовуватися як незалежна система або у поєднанні з традиційною СПС та оповіщення.

ISO/TS 7240-30 був підготовлений підкомісією ISO/TC 21/SC 3. Під час підготовки цього документа було переглянуто ряд існуючих національних кодексів та стандартів. Оскільки технологія виявлення пожежі на основі аналізу відеозображення суттєво відрізняється від традиційної технології виявлення пожежі, необхідно врахувати інші вимоги. Тому було розроблено документ, що регламентує встановлення ВСПС. Цей документ визначає мінімальні вимоги до встановлення ВСПС з використанням обладнання, що відповідає стандарту ISO/TS 7240-29:2017.

В ISO/TS 7240-30:2020 зазначено:

- обладнання, яке використовується як частина ВСПС, повинне бути розроблене та виготовлене відповідно до визнаної системи якості;
- виробник обладнання повинен надати проектанту ВСПС інформацію про якість обладнання;
- обладнання, що використовується у ВСПС, має відповідати відповідній частині серії ISO 7240 або іншим міжнародним стандартам. Тестування, що підтверджує таку відповідність, повинно проводитись у випробувальній лабораторії, яка відповідає вимогам ISO/IEC 17025;
- кожен елемент обладнання повинен монтуватися у середовищі, для якого він був сертифікований;
- додаткові вимоги до обладнання можуть застосовуватися в особливих випадках, наприклад:
  - потенційно вибухонебезпечні середовища;
  - спеціальні вимоги до електромагнітної сумісності (ЕМС);
- робота ВСПС не повинна залежати від додаткового обладнання;
- відмова будь-якого додаткового обладнання не повинна впливати на правильну роботу ВСПС.
- монтажні матеріал (наприклад, кабельні затискачі, кабель контактної мережі та кабельні лотки) мають відповідати номіналу, розміру та міцності, щоб відповідати вимогам до проектного навантаження.

## СИСТЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ

- з'єднувачі та розподільні коробки мають відповідати розміру кабелів, що використовуються у ВСПС;
- ВСПС повинна бути випробувана на продуктивність кваліфікованою особою для перевірки функціональності в практичних умовах, як зазначено виробником.

Згідно ISO/TS 7240-30:2020 [3] проєктант повинен:

- переконатися, що поширення диму від замаскованих зон до немаскованих зон забезпечується та виявляється ВСПС. Зони, які маскуються для усунення помилкових сигналів тривоги, повинні захищатися іншими ПС;
- переконатися, що обладнання, яке відповідає ISO/TS 7240-29 і яке використовується у ВСПС, сумісне з панеллю керування (ППКП) відповідно до ISO 7240-13;
- переконатися, що електромеханічні та електротехнічні пристрої, які можуть спричинити вібрації або електромагнітні випромінювання, не знаходяться в безпосередній близькості до ВСПС;
- підготувати список усіх компонентів, що використовуються у ВСПС, і визначити, які компоненти є сумісними (сертифікація сумісності обладнання, що використовується в ВСПС, повинна бути включена до проєктної документації для ВСПС);
- підготувати відповідний план тестування для забезпечення надійної взаємодії ВСПС з іншими системами (наприклад, системою пожежної сигналізації), включаючи тестування режимів відмови та несправності;
- мати доступ до документації, необхідної для проєктування ВСПС, відповідно до вимог.

Національний кодекс пожежної сигналізації (США) NFPA 72 [4] дає можливість використання СПВС полум'я та диму. Розділ 17.7.8 NFPA 72 від 2022 року встановлює вимоги до димових ПВС, а розділ 17.8.5 – ПВС полум'я. Технології ПВС полум'я та диму визнані національною асоціацією протипожежного захисту разом із іншими типами сповіщувачів. Через варіативність можливостей СПВС і відмінності в технологіях алгоритмів сигналізації, NFPA 72 вимагає, щоб системи перевірялися, тестувалися та обслуговувалися відповідно до опублікованих інструкцій виробника. Видання NFPA 72 від 2022 року загалом визначають, що СВПС повинні:

- виготовлятися з компонентів (апаратного та програмного забезпечення), які призначені для виявлення диму або полум'я;
- забезпечувати належне покриття об'єктів на основі інженерних досліджень і відповідно до опублікованих інструкцій виробника;
- відеосигнали, створені камерами, які є компонентами відеосистеми виявлення диму/полум'я, мають передаватися в інші системи для іншої мети, лише через вихідні з'єднання, надані спеціально для цієї мети виробником відеосистеми;
- відеосистеми виявлення диму/полум'я повинні відповідати всім вимогам розділів 1, 10, 14, 17 і 23 NFPA 72;
- усі засоби керування компонентами та програмне забезпечення повинні бути захищеним від несанкціонованого доступу та подавати сигнал про несправність, коли вони не працюють належним чином.

Що стосується ВСПС та ПВС також є стандарти:

- FM 3232 [5] – який містить вимоги до роботи ПВС та ВСПС для забезпечення захисту людей, простору будівлі, конструкції, зони чи об'єкта та призначені для виявлення продуктів горіння в конкретному місці.
- UL 268 [6] – містить вимоги до димових ПС та аксесуарів відповідно до NFPA 72, тоді як UL 268B [7] використовує UL 268 і додаткові вимоги для оцінки димових ПВС;
- CNPP LPMES DEC 18 005 [8] – це французька технічна специфікація, яка визначає мінімальні технічні вимоги до ВСПС диму та/або полум'я.

Стандарти UL, і FM Approvals визначають комплексні методи оцінки, але дають змогу виробнику вирішувати конфігурацію оцінки, а також вимог. Тому важливо розуміти обмеження конфігурації під час виконання тестів.

В Україні необхідно провести значну роботу щодо розроблення власних стандартів, які стосуються виробництва і використання ПВС та узгодження їх з міжнародними.

### ЛІТЕРАТУРА

1. ISO/TS 7240-29:2017. Fire detection and alarm systems — Part 29: Video fire detectors.
2. ДСТУ ISO/TS 7240-29:2022 Системи пожежної сигналізації та оповіщення. Частина 29. Пожежні відеосповіщувачі (ISO/TS 7240-29:2017, IDT).
3. ISO/TS 7240-30:2022. Fire detection and alarm systems – Part 30: Design, installation, commissioning and service of video fire detector systems.
4. NFPA 72-2022. National Fire Alarm and Signaling Code, 2022.
5. FM Approvals Standard 3232. Video Image Fire Detectors for Automatic Fire Alarm Signaling
6. UL Standard 268. Smoke Detectors for Fire Alarm Systems
7. UL Standard 268B. Outline of Investigation for Video Image Smoke Detectors
8. CNPP LPMES DEC 18 005. Référentiel pour l'évaluation des systèmes de détection de fumées et/ou de flammes par analyse d'image

УДК 614.842.47

## ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ВІДЕОСИСТЕМ ПОЖЕЖЕОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

*Кушнір А.П., канд. техн. наук, доцент*

*Вовк С.Я., канд. техн. наук, доцент*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Інтеграція передових технологій виявлення подій та об'єктів в системи пожежної сигналізації (СПС) дозволило створювати системи, які здатні реагувати швидше та ефективніше на загорання з мінімальною кількістю помилкових спрацювань. Однією із таких технологій є комп'ютерний зір (відеоаналітика) побудований на основі штучного інтелекту (ШІ). Використання цієї технології для виявлення та ідентифікації загорання є перспективним напрямком для побудови високоефективних систем раннього виявлення пожеж, що дозволяє суттєво зменшити час реагування та підвищити пожежну безпеку. Завдяки здатності ШІ аналізувати великі обсяги даних у реальному часі та виконувати розпізнавання образів із високою точністю, технології на основі ШІ стають критично важливими в попередженні пожеж та швидкому реагуванні на них. Такі системи можна встановлювати як у приміщенні, так і на відкритому просторі, широко використовуються в різних сферах – від промислових підприємств та лісових господарств до житлових будівель. Вони особливо ефективні на великих об'єктах, таких як заводи, склади, автостоянки, лісові території тощо, де важко забезпечити повноцінний контроль.

Комп'ютерний зір дозволяє системі “бачити” в режимі реального часу і автоматично виявляти ознаки диму або полум'я [1] на фото чи відео з камер спостереження. Для цього використовують алгоритми, які базуються на глибокому навчанні, особливо на нейронних мережах, які натреновані на великих обсягах даних, що містять зображення диму та полум'я.

Алгоритм роботи системи виявлення загорання наступний:

1. *Збір фото або відео* – система отримує потік даних від камер, які спостерігають за об'єктом або територією.
2. *Обробка зображень* – дані попередньо обробляються (усуваються шуми, покращується якість тощо).
3. *Аналіз і класифікація* – кадри аналізуються за допомогою моделей ШІ, що виявляють візуальні ознаки диму та полум'я, якщо в кадрі є дим або полум'я, система класифікує його тип і може визначити ймовірність пожежі.

4. *Оповіщення та реагування* – коли система ідентифікує дим або полум'я, вона може автоматично надіслати повідомлення відповідним службам та/або дати команду на пуск систем протипожежного захисту, наприклад, активувати систему пожежогасіння.

Основними компоненти відеосистеми пожежної сигналізації можуть бути камери спостереження та моделі ШІ, які розміщені на серверах або пожежні відеосповіщувачі (ПВС). ПВС, оснащені технологією комп'ютерного зору, працюють в режимі реального часу, що дозволяє швидко ідентифікувати дим або полум'я та негайно надсилати сигнал про пожежу.

Система розпізнавання диму та полум'я на основі ШІ часто інтегрується із системами відеоспостереження в режимі реального часу та СПС. У випадку виявлення пожежі вона автоматично надсилає повідомлення про пожежу. Така інтеграція дозволяє створити комплексну систему, яка може автоматично активувати процес гасіння та евакуації на основі сигналу ШІ.

Основні етапи створення таких систем:

1. Вибір моделі для розпізнавання диму та полум'я. Моделі аналізу руху та кольору – полум'я і дим мають унікальні характеристики кольору (відтінки червоного, жовтого, сірого), а також руху, що допомагає відрізнити їх від інших об'єктів.

Для ефективного виявлення загорання використовуються різні типи моделей, наприклад, побудованих на нейронних мережах.

- **Convolutional Neural Networks (CNN)** – є основою більшості систем комп'ютерного зору для розпізнавання диму і полум'я. CNN здатні навчатися на великих обсягах зображень, що містять приклади диму і вогню, та автоматично виділяти ключові ознаки. Це дає змогу системам ШІ розпізнавати дим та полум'я з різними характеристиками, навіть у складних умовах, наприклад, при поганій видимості або за наявності інших візуальних перешкод.
- **Region-based Convolutional Neural Networks (R-CNN, Faster R-CNN)** – використовуються для точного визначення областей диму та полум'я на зображеннях.
- **YOLO (You Only Look Once) та SSD (Single Shot MultiBox Detector)** – моделі для швидкого розпізнавання, які часто застосовуються для виявлення загорання у реальному часі.

2. Навчання моделей на спеціалізованих наборах даних.

Ефективність алгоритму на основі ШІ залежить від якості та обсягу даних, на яких він тренується. Для цього збираються та маркуються зображення, які містять дим і полум'я. Набори даних повинні охоплювати різні типи сценаріїв, освітлення, кольорів та текстур диму і полум'я. Модель повинна регулярно оновлюватися та вдосконалюватися на нових наборах даних, щоб забезпечити її точність у різних умовах. Машинне навчання дає можливість адаптуватися до змін навколишнього середовища та ознак пожежі.

3. Попередня обробка даних.

Для точного розпізнавання диму та полум'я важлива висока якість кадрів, а низька видимість або погане освітлення можуть створити перешкоди. Перед тим, як подавати дані до моделі, вони проходять обробку, наприклад:

- **нормалізація зображення** – щоб зробити його придатним для використання нейронною мережею;
- **видалення шуму та артефактів** – щоб забезпечити чистіший та якісніший сигнал для розпізнавання;
- **аугментація даних** – зміна яскравості, контрасту, поворотів зображення, що допомагає зробити модель стійкою до різних варіантів диму та полум'я.

Однією з головних переваг ШІ у виявленні диму та полум'я є можливість адаптувати алгоритми під різні середовища. Наприклад, системи можуть бути налаштовані на роботу в лісах, де дим відрізняється за кольором і структурою, або в промислових зонах, де додаткові фактори, такі як хімічні випари, можуть ускладнювати розпізнавання.

Основні переваги систем виявлення загорань побудованих на основі ШІ: висока швидкодія; робота в реальному часі; висока точність розпізнавання загорання; мала кількість

помилкових спрацювань (система стійка до різного роду завад як-от сонце, хмари, нічне освітлення тощо); можливість використання на відкритих просторах; моделі адаптуються до різних середовищ та мають можливість самонавчання і вдосконалюватися; інтеграція з іншими системами протипожежного захисту; гнучкість налаштування та масштабованість тощо.

До недоліків системи можна віднести: точність розпізнавання диму та полум'я залежить від якості кадрів (низька видимість або погане освітлення можуть створити перешкоди); не дивлячись на не значний відсоток помилкових спрацювань іноді дим або полум'я можуть нагадувати інші об'єкти чи умови, наприклад, туман або відблиски; вартість обладнання.

Загалом, відеосистема пожежної сигналізації побудована на основі комп'ютерного зору зі ШІ має точність виявлення загорання до 98,5% [2], ефективно усуває переважну кількість помилкових спрацювань. Використання даних систем для виявлення диму та полум'я є надійним і швидким способом запобігти пожежі та вчасно відреагувати на небезпеку, забезпечуючи тим самим безпеку людей і захист об'єктів. Комплексні системи на основі ШІ здатні забезпечити високий рівень точності, оперативність, адаптивність до середовища та інтеграцію з іншими системами безпеки, що робить їх важливими елементами у сучасних стратегіях попередження та реагування на пожежі.

### ЛІТЕРАТУРА

1. ISO/TS 7240-29:2017. Fire detection and alarm systems — Part 29: Video fire detectors.
2. <https://www.scylla.ai/smoke-fire-detection/>

УДК 621.313.3

## РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ АВТОНОМНОГО АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА З ФАЗНИМ РОТОРОМ В РЕЖИМІ САМОЗБУДЖЕННЯ

*Копчак Б.Л., д-р техн. наук, професор, професор кафедри ЕКС  
Мандюк А.І., аспірант  
Національний університет «Львівська політехніка»*

Одним із сучасних напрямків дослідження електромеханічних систем є застосування в автономних системах живлення асинхронних генераторів з фазним ротором. Такі системи можна використовувати як альтернативне джерело живлення для систем протипожежного захисту. В роботі розроблена та досліджена нова модель автономного асинхронного генератора з фазним ротором та регулюванням напруги та частоти за рахунок застосування інвертора у колі фазного ротора в середовищі MATLAB Simulink. В процесі моделювання підібрано оптимальний режим самозбудження асинхронного генератора шляхом підбору відповідної частоти та напруги живлення обмоток ротора.

**Ключові слова:** автономний асинхронний генератор, фазний ротор, самозбудження.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Асинхронні генератори з фазним ротором (АГФР) знайшли широке застосування у вітрових установках завдяки їхній простоті, надійності та здатності ефективно працювати за змінних умов навантаження та швидкості вітру. Також їх можна використовувати для резервного живлення систем протипожежного захисту під час вимкнення основного джерела живлення. Вони забезпечують високу гнучкість роботи системи та дозволяють ефективно перетворювати енергію вітру чи двигуна внутрішнього згорання в електричну.

АГФР відрізняються від генераторів із короткозамкненим ротором наявністю обмоток на роторі, підключених через контактні кільця до зовнішніх резисторів або перетворювачів енергії. Це дозволяє: керувати струмом ротора – регулювання зовнішнього опору чи використання інверторів забезпечує оптимізацію вироблення енергії навіть при низькій швидкості вітру; поліпшити пускові характеристики – генератор легко запускається з



низьких швидкостей, що є важливим для низькошвидкісних вітрових турбін; забезпечити стабільність напруги – завдяки регулюванню потоків енергії через фазний ротор генератор здатен підтримувати стабільну напругу та частоту навіть за змінних навантажень. Також це дозволяє забезпечити гнучкість у роботі з змінною швидкістю – АГФР добре пристосовані для роботи у вітрових турбінах із змінною швидкістю. Вони дозволяють працювати в широкому діапазоні швидкостей, зберігаючи високу ефективність генерації. Також забезпечується мінімізація втрат енергії – зовнішній регулятор енергії ротора дозволяє зменшити механічні та електричні втрати в системі, збільшуючи загальну ефективність. Таке рішення забезпечує надійність та низькі витрати на обслуговування – завдяки простій конструкції і відсутності складних компонентів, АГФР відрізняються високою довговічністю і не вимагають значних ресурсів для обслуговування.

АГФР часто використовуються у вітрових турбінах середнього розміру. Їхня здатність працювати при змінній швидкості робить їх популярними в умовах нестабільних вітрових потоків. У поєднанні з перетворювачами енергії вони дозволяють ефективно інтегрувати вітрову установку в електромережу, забезпечивши стабільність роботи навіть при швидких змінах вітру або споживання енергії.

В [1] проаналізовано інтеграцію вітрових турбін з АГФР у енергомережу, включаючи питання стабільності напруги. В [2] здійснено комплексний огляд моделей і методів управління АГФР для генерації вітрової енергії. В [3] розглядаються моделювання та управління АМПЖ, які використовуються в вітрових установках. У [4] аналізується динамічна поведінка АГФР під час трифазних просідань напруги в мережі. У статті [5] представлено огляд силової електроніки, яка використовується з АМПЖ у вітрових турбінах. Проте ці дослідження є більш теоретичними і не базувалися на застосуванні точних моделей, зокрема в MATLAB Simulink.

Метою даної роботи є розробити та дослідити модель автономного АГФР та інвертором у колі фазного ротора в середовищі MATLAB Simulink та провести її дослідження в режимі самозбудження.

### **МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

АГФР зазвичай живиться як від статора, так і від ротора, тому в літературі його часто називають генератором з подвійним живленням (АППЖ). Хоча АГФР більше відноситься до самої машини, тоді як АППЖ охоплює всю систему, обидва терміни використовуватимуться як синоніми. Наступні рівняння описують трифазний симетричний індукційний генератор з подвійним живленням. Співвідношення напруги на стороні ротора і статора виведені на основі за законів Кірхгофа і Фарадея. Основні рівняння, пов'язані з АГФР, такі:

$$\bar{v}_s = R_s \bar{i}_s + \frac{d}{dt} \bar{\psi}_s, \quad (1)$$

$$\bar{v}_r = R_r \bar{i}_r + \frac{d}{dt} \bar{\psi}_r, \quad (2)$$

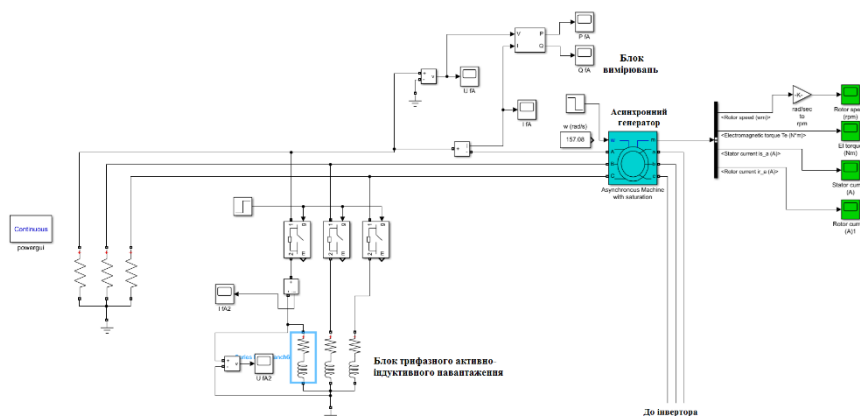
$$\bar{\psi}_s = L_s \bar{i}_s + L_m \bar{i}_r, \quad (3)$$

$$\bar{\psi}_r = L_r \bar{i}_r + L_m \bar{i}_s, \quad (4)$$

де:  $v$  та  $i$  позначають напруги та струми, а  $\psi$  позначає потокозчеплення.

Опір обмотки статора –  $R_s$  і ротора –  $R_r$ , вони вважаються однаковими для всіх фазних обмоток. Потокозчеплення пов'язані зі струмами через матриці індуктивностей:  $L_s$ ,  $L_r$ ,  $L_m$ .

На рис. 1 представлена частина моделі автономного асинхронного генератора з фазним ротором та з самозбудженням за рахунок інвертора в колі ротора, розроблена у середовищі MATLAB, яка об'єднує всі необхідні компоненти для забезпечення надійної генерації електроенергії та регулювання параметрів напруги та частоти для живлення споживачів.



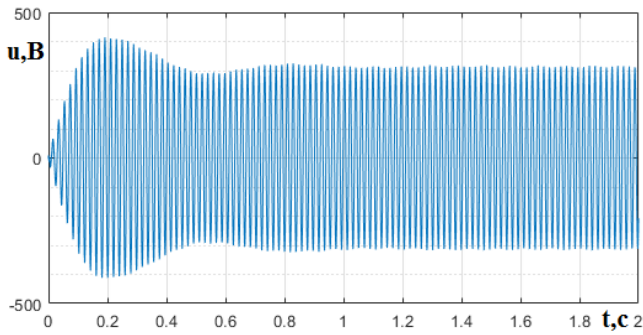
**Рисунок 1** – Силова частина автономного асинхронного генератора без ПЧ

На рис. 1 представлена частина цієї моделі (за винятком блоку інвертора), яка складається з наступних основних компонентів: асинхронний генератор – головний вузол системи, що відповідає за генерацію електроенергії. Він забезпечує перетворення механічної енергії у змінний електричний струм; блок трифазного активно-індуктивного навантаження – цей компонент дозволяє імітувати різні режими навантаження, які можуть виникати на виході генератора. Навантаження містить як активні, так і індуктивні елементи, що дозволяє досліджувати поведінку системи при змінних умовах. Підключення навантаження може здійснюватися в будь-який момент часу за допомогою електронних ключів, що виконують функцію ідеальних транзисторів.

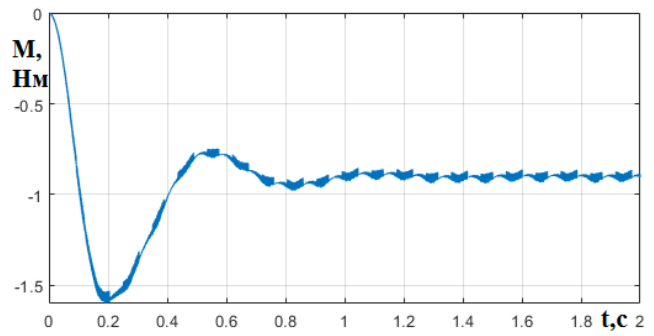
Інвертор із живленням від джерела постійної напруги – тут він виступає як ключова частина для перетворення постійної напруги, що надходить від батареї або випрямляча, у змінну трифазну напругу. Це забезпечує можливість ефективного керування вихідною напругою та частотою на затискачах автономного генератора та підтримання стабільності в умовах змінного навантаження. Інвертор виконує роль адаптивного перетворювача для підтримки оптимальних параметрів напруги, навіть якщо змінюється частота обертання або навантаження на генератор.

Таким чином, створена модель автономного асинхронного генератора дає можливість моделювати і досліджувати його поведінку в умовах різного навантаження, а також забезпечує точне та ефективне управління напругою і частотою на виході, що є критично важливим при змінній швидкості обертання ротора генератора або при коливаннях навантаження. Кожен з компонентів виконує свою критично важливу функцію для забезпечення стабільності та гнучкості всієї системи. Це дозволяє ефективно оптимізувати роботу генератора в реальному часі та підтримувати високу ефективність системи.

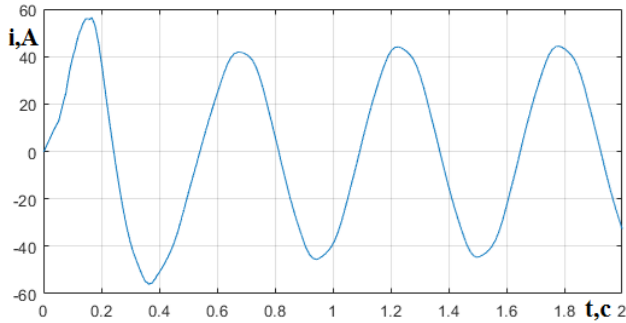
На моделі були проведені дослідження режиму самозбудження та вибраний оптимальний. У цьому режимі асинхронний генератор забезпечує самозбудження за рахунок використання інвертора, підключеного до кола ротора. Частота напруги в колі ротора 1,8 Гц. Напруга інвертора 20 В. Приводний вал обертається з постійною швидкістю, що дорівнює 157 рад/с, і під час прикладання навантаження цей показник залишається стабільним. На рис. 2 показано перехідний процес фазної напруги в фазі А в миттєвих значеннях, а на рис. 3 перехідний процес електромагнітного моменту АГ. На рис. 4 показано перехідний процес струму ротора в фазі а, а на рис. 5 перехідний процес фазної напруги на виході інвертора у фазі А.



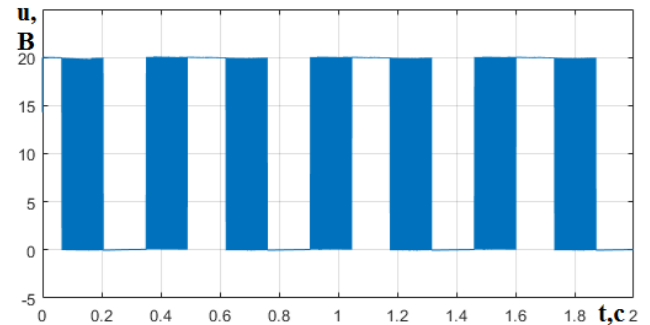
**Рисунок 2** – Перехідний процес фазної напруги



**Рисунок 3** – Перехідний процес електромагнітного моменту АГ



**Рисунок 4** – Перехідний процес струму ротора



**Рисунок 5** – Фазна напруга на виході інвертора

**ВИСНОВКИ.** Розглянуті теоретичні основи а також розроблена та досліджена нова модель автономного асинхронного генератора з фазним ротором та регулюванням напруги та частоти за рахунок застосування інвертора у колі фазного ротора в середовищі MATLAB Simulink. В процесі моделювання підбрано та досліджено оптимальний режим самозбудження асинхронного генератора шляхом підбору відповідної частоти 1,8 Гц та напруги живлення обмоток ротора 20В.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. S. Heier, **Grid Integration of Wind Energy: Onshore and Offshore Conversion Systems**. John Wiley & Sons, 2014.
2. G. Abad, J. Lopez, M. A. Rodriguez, L. Marroyo, and G. Iwanski: **Doubly Fed Induction Machine: Modeling and Control for Wind Energy Generation**. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, 2011.
3. A. Tapia, G. Tapia, J. X. Ostolaza and J. R. Saenz, "Modeling and control of a wind turbine driven doubly fed induction generator," **The IEEE Transactions on Energy Conversion**, vol. 18, no. 2, pp. 194-204, 2003.
4. J. Lopez, P. Sanchis, X. Roboam and L. Marroyo, "Dynamic Behavior of the Doubly Fed Induction Generator During Three-Phase Voltage Dips," **The IEEE Transactions on Energy Conversion**, vol. 22, no. 3, pp. 709-717, 2007.
5. Z. Chen, J. M. Guerrero and F. Blaabjerg, "A Review of the State of the Art of Power Electronics for Wind Turbines," **The IEEE Transactions on Power Electronics**, vol. 24, no. 8, pp. 1859-1875, 2009.

## ПРОГРАМНО–АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС БЕЗПРОВІДНОГО МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ У ЦИФРОВІЙ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ ДСНС УКРАЇНИ

*Рудаков С.В., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри пожежної профілактики в населених пунктах*

*Щолоков Е.Е. викладач кафедри пожежної профілактики в населених пунктах  
Національний університет цивільного захисту України*

Об'єкти енергетичного комплексу – фундамент енергетичного сектора держави, їх сукупність утворює багаторівневу взаємопов'язану структуру, завдання якої виробляти енергію та забезпечувати її трансфер до користувачів. Виникнення аварії навіть на одному об'єкті енергетичного комплексу може поставити під загрозу нормальне функціонування всього сектора в загалом.

Незважаючи на те, що частка пожеж на об'єктах енергетичного комплексу від загальної кількості пожеж мінімальна, наслідки від них для територій та громадян часто носять глобальний характер. Прийняття превентивних заходів, спрямованих на недопущення пожеж і своєчасна ліквідація пожеж на об'єктах енергетики – головне завдання, яке вирішується в рамках реалізації концепції національної безпеки держави. Своєчасне виявлення, передача сигналу про пожежі і виконання робіт щодо його гасіння – основа заходів щодо зменшення тяжкості заподіяного пожежею матеріальних збитків і кількості постраждалих людей, тому відмовостійкість каналів зв'язку і забезпечення гарантованою передачею інформації у системі управління частинами ДСНС України грають величезну роль.

Метою створення комплексної системи пожежного моніторингу на об'єктах енергетичного комплексу (КСПМ) є:

- постійний контроль за роботою систем пожежної сигналізації (СПС) об'єктів енергетичного комплексу;
- оперативна передача інформації щодо роботи СПС і виникненні позаштатних ситуацій (у тому числі пожеж) на об'єктах захисту чергової зміни, для проведення своєчасних заходів по їх усуненню;
- підвищення надійності і якості роботи систем автоматичного моніторингу пожежної безпеки об'єктів енергетики за рахунок реалізації проактивного моніторингу.

Призначенням КСПМ є:

- моніторинг і управління СПС об'єктів енергетичного комплексу;
- збір даних про стані СПС;
- оповіщення про події, які відбулися;
- підтримка прийняття рішень при усуненні позаштатних ситуацій, зафіксованих у комплексної системи пожежного моніторингу;
- контроль виконання і ефективності прийнятих рішень;
- надання оперативно-чергової зміни центру управління оперативно-диспетчерської служби оперативно-координаційного центру (ОДС ОКЦ) ДСНС України узагальненою інформацією щодо стану СПС на об'єктах енергетичного комплексу;
- формування та надання ОДС ОКЦ ДСНС України звітності про роботу СПС об'єктів енергетичного комплексу.

Організація експлуатації обладнання КСПМ включає комплекс організаційно-технічних заходів по управлінню процесами технічної експлуатації і технічного забезпечення з метою забезпечення безперервний працездатності і максимально ефективного використання технічних можливостей комплексу. Для забезпечення функціонування КСПМ налагоджено організаційне забезпечення процесів експлуатації та описаний механізм реагування на виникнення позаштатних ситуацій.

## **СИСТЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ**

Повноваження, завдання і коло відповідальності керівництва і оперативно-чергової зміни визначаються положеннями, посадовими інструкціями та іншими регламентуючими та експлуатаційними документами відповідно з завданнями, покладеними на відповідні підрозділи та посадових осіб.

Побудова програмно-апаратного комплексу безпроводного моніторингу пожежної безпеки об'єктів енергетики засновано на наступних принципах:

- забезпечення централізованого управління СПС;
- забезпечення повноти, актуальності і своєчасності інформації щодо стану СПС на об'єктах енергетичного комплексу;
- забезпечення надійного зберігання інформації, яка надходить і оброблюється;
- забезпечення доступу до інформації, яка зберігається в ОДС ОКЦ і у керівництва ДСНС України;
- можливість обробки і аналізу масиву реєстрованих подій для визначення причин збоїв і виникаючих проблем;
- максимальне використання існуючою інформаційної інфраструктури.

До основних функцій КСПМ відносяться наступні:

1. Автоматичне визначення мережевого обладнання і топології мережі.
2. Автоматичне визначення виду, моделі та марки СПС на об'єктах енергетичного комплексу, об'єднаних єдиною системою, а також наочне відображення їх поточного стану.
3. Можливість призначення адміністратором системи будь-якого параметра або визначення рівня взаємодії будь-яких елементів, якщо КСПМ не провела ідентифікацію СПС на об'єкті енергетичного комплексу у автоматичному режимі. Сервер КСПМ здійснює взаємодію з СПС на об'єкті. Повідомлення, що надходять з об'єкта від СПС, мають певну структуру: характер події, час, місце, номер об'єкта, адреса і т.і. Всі події по замовчуванню зберігаються в архіві і логуються в системі. Лог-файл зберігається на центральному сервері.

Для зручності ОДС ОКЦ України стан об'єктів спостереження на карті представлено в вигляді піктограм. Усі події, що відбуваються в системі моніторингу, мають градацію за рівнем важливості (критичності). Колір піктограми відображає статус об'єкта, він відповідає рівню важливості (критичності):

- Критичний (червоний) - пожежа, задимлення, пароутворення, різке підвищення температури;
- Важливий (помаранчевий) - відсутність зв'язку з СПС і пожежогасінням на об'єкті енергетичного комплексу, пропаданню живлення;
- Інформаційний (блакитний) - необхідність проведення ремонту або регламентних робіт СПС.

Повідомлення, які надходять оператору, відповідальному за об'єкт, містить повну інформацію про подію на об'єкті спостереження. Повідомлення несе в собі інформацію про зміну статусу апаратної частини, або вихід параметрів апаратури за задані інтервали нормальною роботи.

Механізм кореляції і розпізнавання джерел несправностей дає можливість черговому ОДС ОКЦ мати повну картину про події, які викликали ту або іншу ситуацію, вся інформація зберігається в єдиною базі даних.

Таким чином, створено оптимальну модель прийому тривожних повідомлень про пожежі на об'єктах енергетичного комплексу та встановлені рівні критичності: (критичний, важливий та інформаційний) для градації тривожних повідомлень по ступеню важливості, що дозволяє стверджувати про придатності використання цифрової мережі зв'язку ДСНС України для передачі тривожних повідомлень про пожежі з об'єктів захисту.

Розроблено принципи побудови програмно-апаратного комплексу безпроводної системи пожежного моніторингу і його архітектури, а також запропоновані основні технічні рішення, які відображають статус самих об'єктів енергетики у диспетчера ОКЦ відповідно до рівня значущості повідомлень про пожежах, які виникають на цих об'єктах.

УДК 614.8

**РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ПОЖЕЖНИХ КРАН-КОМПЛЕКТІВ ЯК  
НАПРЯМОК ПОКРАЩЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ БУДІВЛІ**

*Петухова О.А., канд. техн. наук, доцент, Білаш Є.А., Швед А.В.  
Національний університет цивільного захисту України*

На сьогоднішній день актуальним питанням є протипожежний захист будівель, складовою якого є внутрішній протипожежний водопровід (ВПВ). Труднощі в подачі води на ліквідацію пожеж та інших надзвичайних ситуацій є майже по всій Україні та пов'язані з недостатністю водозабезпечення деяких її регіонів, а також частих обстрілів. ВПВ призначений для ліквідації або локалізації пожеж в середині будівель в найкоротший термін до прибуття пожежно-рятувального підрозділу. До основних складових ВПВ належать пожежні кран-комплекти (ПКК), які слід встановлювати так, щоб вони забезпечували захист кожної точки об'єкта при цьому не заважали евакуації людей. ПКК повинні розміщуватись в будованих або навісних шафах на відстані від підлоги не менше 1,35 м, які мають отвори для провітрювання і пристосовані до опломбування та візуального огляду. Пожежні кран-комплекти можуть бути діаметром 50 мм або 65 мм. В шафі ПКК рукав має бути сухим, приєднуватись без заломів та бути складеним в “гармошку” або подвійну скатку. Пожежний рукав може бути довжиною 10, 15 або 20 м та мати діаметр відповідно до з'єднувальної головки на вентилі та стволі [1]. Перевірка пожежних кран-комплектів проводиться не рідше одного разу на рік пуском води. Результати перевірок фіксують у спеціальному журналі обліку технічного обслуговування, а у разі виявлення недоліків, пропозиції до усунення включають до Припису.

Основою успішного гасіння пожежі є правильний розрахунок ВПВ, який виконується на стадії проєктування, а саме визначення кількості води та можливість її подачі з необхідним тиском. Невизначеність вимог нормативних документів щодо прийняття рішень стосовно характеристик складових ПКК призводить до того, що при проєктуванні виникає необхідність пропрацювати декілька можливих варіантів та оцінювати їх спроможність забезпечувати успішне пожежогасіння. Розрахунок починається з визначення нормативних величин для заданої будівлі, що впливає на характеристики ПКК та їх розташування в плані будівлі, розрахунок необхідної кількості ПКК, трасування водопровідної мережі таким чином, щоб до кожного ПКК вода подавалась найкоротшим шляхом, визначення необхідного тиску на введенні в будівлю та вибір схеми ВПВ. Використання програмних комплексів значно спрощує процес пропрацювання декількох варіантів та забезпечує прийняття кінцевого обґрунтованого рішення.

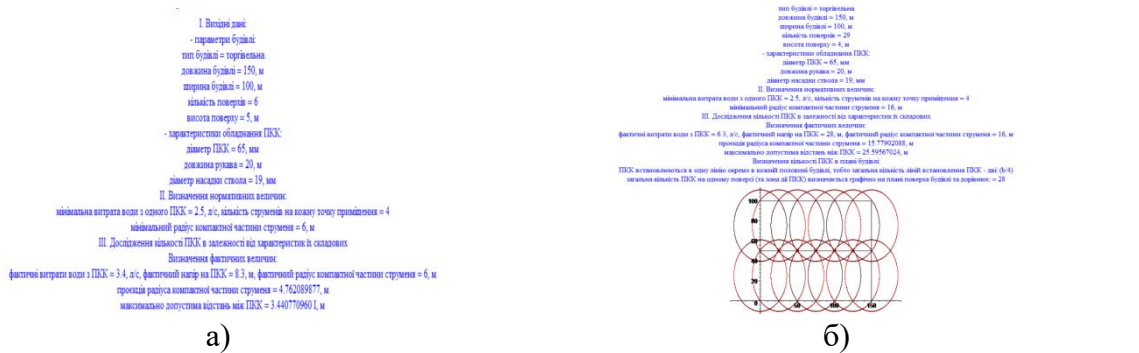
Для проведення розрахунку ВПВ був розроблений програмний комплекс “ВПВ”, в основу якого покладена методика розрахунку, що відповідає вимогам нормативних документів [2]. Програмний комплекс “ВПВ” використовується в освітньому процесі та успішно використовується в практичній діяльності працівниками пожежної охорони для перевірки об'єктів на дотримання вимог пожежної безпеки. Комплекс доцільно використовувати для будівель конкретного призначення, але на теперішній час частіше використовують багатофункціональні будівлі, в яких приміщення можуть мати різне призначення, об'ємно-планувальні рішення та конструктивні характеристики, що ускладнює розрахунок за допомогою програмного комплексу “ВПВ”.

Результати реалізації розрахунку житлової будівлі за допомогою комплексу “ВПВ” наведені на рисунку 1, де показано, що для захисту заданої будівлі достатньо три ПКК на один поверх, при цьому зміна діаметра ПКК (50 мм або 65 мм) не впливає на їх кількість, але впливає на фактичну кількість води та напір на ПКК, що в свою чергу може вплинути на ефективність використання ВПВ в цій будівлі та характеристики підвищувальних установок.



**Рисунок 1**– Розрахунок кількості ПКК у житловій будівлі для рукавів довжиною 15 м та ПКК діаметром: а) 50 мм; б) 65 мм

Розрахунок показав, що нормативна кількість струменів для кожної частини будівлі дорівнює чотирьом. Для громадської частини загальна кількість ПКК на одному поверсі буде дорівнювати 28 спареним кран-комплектам, при цьому в кожній шафі буде встановлений додатковий ПКК діаметром 25 мм. Для торговельної частини розрахована відстань між ПКК склала 3,44 м, що говорить про недоцільність захисту приміщення кран-комплектами з характеристиками, обраними відповідно до вимог норм. Таким чином, необхідно виконати низьку додаткових розрахунків для визначення характеристик ПКК та умови їх розташування, які будуть враховувати вимоги норм та економічну обґрунтованість.



**Рисунок 2** – Результат розрахунку за допомогою програмного комплексу “ВПВ” багатофункціональної будівлі: а) торговельної частини; б) громадської частини

Таким чином, використання програмних комплексів дозволяє виконувати декілько розрахунків будівлі повністю або окремих її частин не втрачаючи час та виключаючи можливі помилки, одержуючи обґрунтоване рішення щодо характеристик елементів ВПВ. Такий підхід забезпечує більш просте виконання процесу проектування та відповідно підвищує ефективність використання ВПВ та покращує систему протипожежного захисту будівлі.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. [Чинний від 013-03-01]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 134 с.
2. Петухова О. А., Горносталь С. А., Щербак С. М., Левенко Г. М. Розробка підходу до розташування пожежних кран-комплектів в плані будівлі. Problems of Emergency Situations. 2021. № 2(34) С. 154-167 DOI: <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2021-34-12>. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/14721>

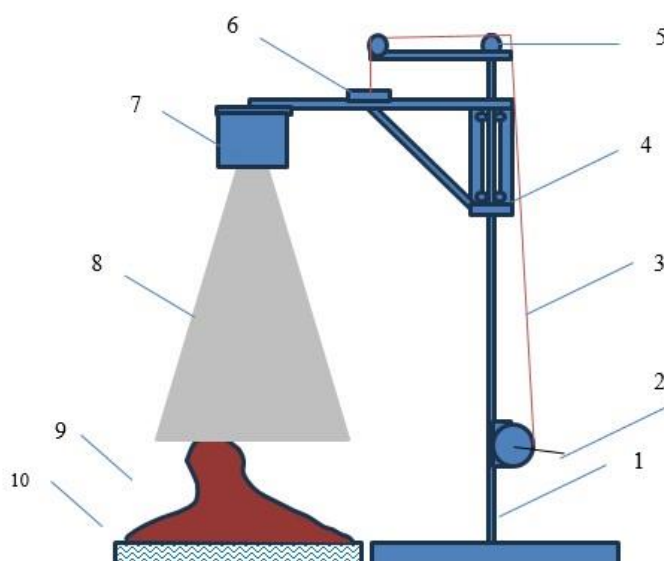
УДК 614.844; 614.845

## ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВОГНЕГАСНОГО АЕРОЗОЛЮ НА ВІДКРИТОМУ ПРОСТОРІ

*Володимир БАЛАНЮК, д-р техн. наук, доцент, Володимир МИРОШКІН, ад'юнкт,  
Назар ГУЗАР, ад'юнкт, Олег ГІРСЬКИЙ, аспірант, Віктор ПИКУС аспірант  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Аерозольне пожежогасіння застосовують для гасіння твердих речовин та горючих рідин переважно об'ємним способом [1], проте останні дослідження показують що аерозоль може бути ефективний при використанні для гасіння горючих рідин на відкритому просторі [2]. Однак таке використання аерозолу повною мірою не досліджено.

Для проведення подальших досліджень, виготовлено установку для визначення параметрів гасіння вогнегасним аерозолем горючих рідин на відкритому просторі рисунок 1. та розроблено відповідну методику.



**Рисунок 1** – Установка для визначення параметрів гасіння вогнегасним аерозолем горючих рідин на відкритому просторі.

1. Основа. 2. Ручна лебідка. 3. Металевий трос. 4. Платформа що ковзає. 5. Напрямні ролики.
6. Кріплення металевого троса. 7. Генератор вогнегасного аерозолу. 8. Потік вогнегасного аерозолу. 9. Дифузійне полум'я. 10. Модельне вогнище.

Методика:

1. Кріпимо генератор та підіймаємо на необхідну висоту над центром вогнища;
2. Готуємо модельне вогнище з радіусом 1,5 м об'ємом горючої рідини 55-л;
3. Запалюємо модельне вогнище та даємо час вільного горіння 2 хв;
4. Після 2-х хвилин вільного горіння активуємо генератор для подачі аерозолу та фіксуємо час гасіння;
5. Фіксуємо параметри гасіння – час, розміри хмари аерозолу, ширину конуса потоку аерозолу та сам результат – гасіння/не гасіння.

За результатами експерименту отримано експериментальні дані по інтенсивності подавання вогнегасного аерозолу та стійкості аерозольної хмари наведено в таблицях 1, 2.



Таблиця 1

Інтенсивність подавання аерозолі з генераторів вогнегасного аерозолі аерозольної хмари

№	Температура аерозолі С°	Час гасіння с.	Стійкість хмари аерозолі с.
1	2880	6	62
2	2800	8	55
3	2850	8	54

Таблиця 2

№	Час роботи ГВА с	Вага АУС	Інтенсивність подавання г/м <sup>3</sup>
1	21	2880	140
2	18	2800	160
3	16	2850	178,5

Стійкість аерозольної хмари

Також визначено концентрацію вогнегасного аерозолі в потоці. Концентрація аерозолі буде залежати від кількості аерозоль утворювальної сполуки, яка згорає в одиницю часу, отже необхідно зазначити, що його концентрація буде зменшуватись в міру збільшення об'єму конуса аерозолі, і при досягненні межі нижньої точки, значення концентрації буде найменшим за рахунок розширення конуса, що видно з результатів розрахунків наведених в таблиці 1

Таблиця 3

Параметри концентрацій аерозольного потоку

№	Час роботи с	Концентрація аерозолі в зонах конуса											
		Зона а			Зона в			Зона с			Зона д		
		Н	Об'єм конуса м <sup>3</sup>	Конц г/м <sup>3*</sup> с	Н	Об'єм конуса м <sup>3</sup>	Конц г/м <sup>3*</sup> с	Н	Об'єм конуса м <sup>3</sup>	Конц г/м <sup>3*</sup> с	Н	Об'єм конуса м <sup>3</sup>	Конц г/м <sup>3*</sup> с
1	3	0,5	0,16	1000	1	0,614	260	1	1,6	100	1	3,18	150
2	8		0,17	941		0,67	238		1,71	94		8,35	153
3	12		0,18	888		0,74	216		2,23	72		17,28	111
4	16		0,18	888		0,67	238		2,59	62		29,8	97

Як видно з результатів наведених в таблиці залежно від об'єму, концентрація аерозолі збільшується, але залежно від часу роботи може становити від 1000 г/м<sup>3</sup> до 97 г/м<sup>3</sup> в нижній точці,

Таким чином, в кожній ділянці конуса аерозолі буде спостерігатись концентрація, яка є більшою за необхідну вогнегасну концентрацію, незважаючи на те що гасіння відбувається на відкритому просторі. При цьому необхідно зазначити, що вогнегасна концентрація аерозолі може забезпечувати гасіння протягом 60 секунд після спрацювання ГВА.

**Результати дослідження:** проведеними дослідями встановлено, що при спрацюванні генератора вогнегасного аерозолі з масою аерозолеутворювальної суміші (АУС) 2800 г, час роботи генератора становив 18 секунд. Інтенсивність подавання вогнегасного аерозолі становила при цьому в середньому 160 грамів на секунду. Об'єм аерозолі, який при цьому

утворювався, становив приблизно 800 літрів в секунду. Загальний питомий об'єм аерозолі становив 14400 літрів. Стійкість хмари вогнегасного аерозолі становила від 54 до 62 секунд. Час гасіння модельного вогнища 55В при цьому становив від 6 до 8 секунд.

**Висновки:** Аерозольні системи пожежогасіння можуть бути ефективними для гасіння пожеж горючих рідин не лише в об'ємах, а також на відкритому просторі. Впровадження таких систем може позитивно вплинути на протипожежний захист об'єктів поряд з уже впровадженими заходами. Для впровадження таких систем необхідне подальше комплексне наукове дослідження та написання нормативних документів зокрема: Оптимізація складу аерозолеутворювальної суміші та пошук оптимальних складів для різних пожеж. Розробка нових конструкцій генераторів вогнегасного аерозолі. Створення більш ефективних та надійних пристроїв. Інтеграція аерозольних систем в комплексні системи пожежогасіння. Розвиток систем автоматичного спрацювання та моніторингу. Дослідження впливу зовнішніх факторів. Розробка математичних моделей для прогнозування ефективності аерозольних систем. Розширення експериментальної бази. Проведення додаткових експериментів з різними типами горючих рідин, об'ємами пожеж, умовами навколишнього середовища.

### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 4442:2005 «Пожежна техніка. Установки аерозольного пожежогасіння. Генератори вогнегасного аерозолі. Загальні технічні вимоги та методи випробування.»;
- В. Баланюк, Визначення ефективності гасіння вогнегасними аерозолями горючих рідин на відкритому просторі, Східно-Європейський журнал передових технологій. 2015. ISSN 1729-3774 5/10 (77) 2015, 10.15587/1729-4061.2015.51399.

СЕКЦІЯ 3  
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИНИКНЕННЯ, РОЗВИТКУ ТА ПРИПИНЕННЯ ПРОЦЕСІВ  
ГОРІННЯ

UDC 614. 842

USE OF ULTRA-HIGH PRESSURE EXTINGUISHING SYSTEMS ON EV BATTERY  
FIRES IN THE DUTCH CONTEXT

*Henk Brans and Tom Hessels  
Netherlands Institute for Public Safety (NIPV), The Netherlands*

The number of electric vehicles in the Netherlands has grown rapidly in the last few years and continues to increase. When the battery pack of these vehicles is involved in a fire or something goes wrong internally, it can go into a so-called thermal runaway. Fighting a thermal runaway is complex and, in addition, current deployment techniques are not always optimal. The aim of this research is to use fire experiments to determine whether a ultra-high pressure fire extinguishing system (such as Cobra or Coolfire) is safe, effective, and practically applicable for fighting battery fires in electric vehicles by the Dutch fire brigade. For this research, nine questions were formulated, which were answered through a preliminary investigation, consisting of a working visit, a literature study, and interviews. Additionally, two almost identical experiments were conducted, in which the battery pack of an electric car was put into thermal runaway.

The objective of this research is to perform fire experiments to determine whether an uhp-extinguishing system is **safe, effective** and **practically applicable** for fighting battery fires in electric vehicles by the Dutch fire service:

- **Safe:** Firefighters can be adequately protected from the consequences of a thermal runaway and from electrocution.
- **Effective:** An uhp-deployment technique is possible that achieves effective cooling and stops thermal propagation.
- **Practically applicable in the Netherlands:** The deployment technique is practicable by the specialized uhp-units in the Netherlands.

For this research, two separate experiments were conducted, each involving a 100% battery electric vehicle that was set on fire by triggering thermal runaway. These two vehicles both had a fully charged (100% SoC) 75 kWh NMC battery pack. The thermal runaway was started by mechanically penetrating the battery pack. To this end, a hole was drilled in the battery pack using a pillar drill, resulting in thermal runaway. The fire was then allowed to develop for 10 minutes (the time a Dutch fire crew needs to arrive at the incident scene). During this time, the battery fire developed into a full vehicle fire. After these 10 minutes, a regular Dutch fire engine and its crew was deployed to extinguish the vehicle fire. A second, specialized, crew who use uhp-extinguishing system in their daily work, was deployed. This unit's purpose was to safely stop the thermal runaway propagation in the battery pack. After slowing down and stopping thermal runaway in the battery pack, a 45-minute period of waiting was made to see if any re-ignition occurred.

As far as safety is concerned, this research shows that for all three consequences of a thermal runaway; exposure to (unexpected) flames, explosion and toxic gases, mitigating safety measures have been found that have also proven practical in Dutch firefighting practice. To reduce exposure to (unexpected) flames, targeted low-pressure jets can be used. To prevent an explosion, (possibly accumulated) gases can be ventilated and, in the case of an enclosed passenger cabin, the windows can be broken using the uhp-extinguishing system. For protection against toxic gases, the existing personal protective equipment and breathing air provide sufficient protection. The risk of

electrocution to the uhp-operator was found to be not applicable when the uhp-system is deployed correctly, and is very unlikely when metal parts of the uhp-system are accidentally touched.

It was also found during the experiment that the deployment procedure used was effective. This involves using a Thermal Imaging Camera (TIC) to identify hotspots in the battery pack, after which the battery pack is penetrated with the uhp-fire system at the location of this hotspot. This requires that the uhp-operator can reach the penetration spot from a safe deployment location. Water should then be introduced for a few to five minutes. Visible steam is an indication that cooling is active. Eventually, after injecting water for long enough on the hotspot, the steam formation will vanish and the water injected will leak away. This process should be repeated until all hotspots have been attacked. After this, it is necessary to visually monitor the battery pack for a time period for smoke and flame development and increased temperature to ensure that a stable situation has been established.

Both experiments used an active monitoring period of 45 minutes and no re-ignition was observed after those 45 minutes. However, in the first experiment, a small plume of smoke continued to emanate from the battery. However, it was determined that this smoke was not coming from a battery cell in thermal runaway. One possibility is that the small plume of smoke was caused by smouldering insulation materials or cabling. It shows that the injected water cannot reach all spots in the battery pack. In practice, therefore, the situation may arise that a (repeated) uhp-deployment is considered unsuccessful, which may result in the vehicle still being submerged in a water container.

The responses and debriefing of the fire crews revealed that they had a positive feeling about their deployment and perceived it as relatively easy. Furthermore, for the reported bottlenecks, a solution is conceivable in principle, which is also practicable.

Taking everything into consideration, it can be stated that the uhp-extinguishing system, with additional safety measures, can be safely applied to the battery pack of electric vehicles, and that there is an effective deployment procedure for this that is practically applicable and feasible by (specialised) uhp-units in the Netherlands.

It appears that it is practically feasible to deploy a uhp-fire system safely and effectively in the Netherlands to combat an unstable or burning battery pack of an electric vehicle, provided a number of specific safety measures are taken for this purpose. These safety measures are:

- >Deploying low-pressure jets (1) to suppress any flames from the battery pack, and (2) to shield the uhp-operator to protect them from exposure to those (unexpected) flames.

- >Determining that no flammable gases have accumulated in or around the vehicle. Break the windows with the uhp-extinguishing system, possibly supported by the use of fans, can help vent combustible gases.

- >Positioning the uhp-operator and other fire personnel as far as possible from the (toxic) smoke and flames.

- >Use of the long lance or extension of the uhp-extinguishing system.

During the experiment, an effective deployment procedure was confirmed. This procedure consisted of identifying hotspots with a Thermal Imaging Camera, and then penetrating the battery pack and introducing water with the uhp-extinguishing system to these hotspots. Steam formation here is an indicator that cooling is effective, and the transition from steamy to leaking water is an indicator that the deployment has been effective and can be terminated. After this, a period of visual monitoring is necessary to ensure that the situation has stabilised and there is no re-ignition. Participating fire personnel indicated that this deployment gave a positive feeling and was relatively easy to carry out.

In conclusion, the results of the fire experiments provide sufficient confidence to deploy UHP extinguishing systems by (specialised) UHP units within the Dutch fire brigade in fires in the battery pack of electric vehicles.

## REFERENCES

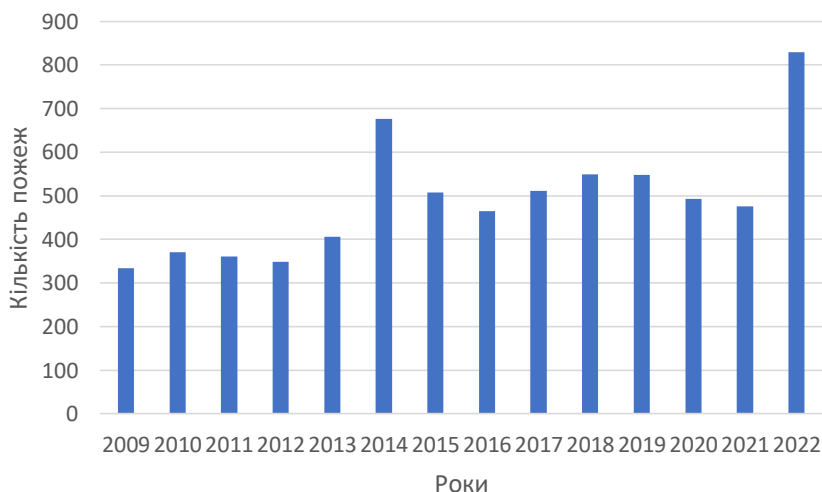
1. Brandweeracademie. (2020). *Onderbouwing van risico op elektrocutie/elektrische schok bij incidenten met e-voertuigen*.
2. Brans, H. (2023). *NIPV-samenvatting van het ELBAS rapport Incidentbestrijding elektrische voertuigen op schepen*. <https://nipv.nl/wp-content/uploads/2023/06/20230613-NIPV-Incidentbestrijding-elektrische-voertuigen-op-schepen.pdf>
3. Brans, H., & Reinders, J. (2024). *Model voor het berekenen van de warmtestraling van elektrische voertuigbranden*.
4. Official website of the manufacturer COBRA cold cut system (<https://coldcutsystem.com>). Coldcut Cobra – state of the art innovation in modern safe firefighting. Access mode: <https://www.coldcutsystems.com/wp-content/uploads/2022/11/1580208803-research-and-method-summary-170320.pdf>
5. Christensen, P. A., Milojevic, Z., Wise, M. S., Ahmeid, M., Attidekou, P. S., Mrozik, W., Dickmann, N. A., Restuccia, F., Lambert, S. M., & Das, P. K. (2021). Thermal and mechanical abuse of electric vehicle pouch cell modules. *Applied Thermal Engineering*, 189, 116623. <https://doi.org/10.1016/J.APPLTHERMALENG.2021.116623>
6. Coldcut Systems. (2023). *Cobra Use Case | Electric Vehicle*. <https://www.coldcutsystems.com/news/cobra-use-case-electric-vehicle/> Coldcut Systems. (2024). *Cobra & BEV (Li-Ion) Fires* (p. 55).
7. EV Firesafe. (2023, May 7). *EV fire incident management - case study from Prague*. <https://www.evfiresafe.com/post/ev-fire-incident-management-case-study-from-prague>
8. Feng, X., Ouyang, M., Liu, X., Lu, L., Xia, Y., & He, X. (2018). Thermal runaway mechanism of lithium ion battery for electric vehicles: A review. In *Energy Storage Materials* (Vol. 10, pp. 246–267). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2017.05.013>

УДК 614.841

## МОДЕЛЮВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ПОЖЕЖІ У ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ НА ПРИКЛАДІ ЗАКЛАДІВ РОЗМІЩЕННЯ

*Ігор Коваль, Юрій Ткач, Сергій Ємельяненко, канд. техн. наук, старший дослідник  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

За даними ДСНС України [1, 2] щороку кількість пожеж в Україні збільшується і сягає вже понад 80 тис. пожеж, зокрема, за останні роки збільшилась на 18 тис. пожеж: у 2014 році – 68879, у 2018 році – 78618, а у 2020 році вже 101279, проте кількість загиблих зменшилась 2246, 1965 та 1728 відповідно до наведених років. Значна частка пожеж та загиблих припадає на будівлі і споруди громадського призначення, кількість пожеж у цих будівлях наведено у табл. 1.

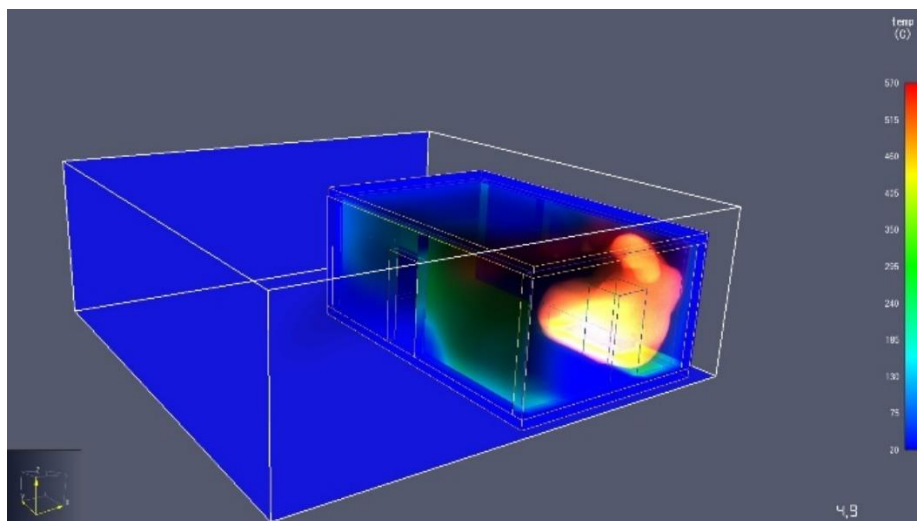


**Рисунок 1** – Динаміка виникнення пожеж у будівлях і спорудах громадського призначення

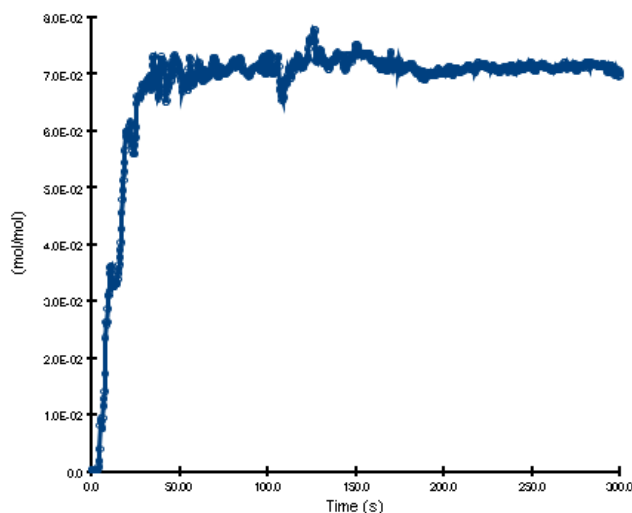
Тому актуальною проблемою, яка потребує вирішення є пожежі у будівлях і спорудах громадського призначення, зокрема, закладів розміщення, які створюють ризики загибелі людей та спричиняють значні збитки. Засобами розміщення називають будь-які об'єкти, що надають людям епізодично або регулярно місце для ночівлі (зазвичай у приміщеннях), поділяючи їх на дві категорії - колективні та індивідуальні [3]

На прикладі будівлі громадського призначення (кімната санаторно-курортного закладу) виконано моделювання визначення тривалості настання гранично-небезпечних концентрацій факторів пожежі.

За допомогою програми Pyro Sim [4] проведено моделювання пожежі, та отримано значення часу настання граничних концентрацій небезпечних факторів пожежі для приміщення (кімната санаторно-курортного закладу) рисунок 2.



**Рисунок 2** – Моделювання пожежі на прикладі експериментального приміщення (кімната санаторно-курортного закладу)



**Рисунок 3** – Результати моделювання пожежі на прикладі експериментального приміщення (кімната санаторно-курортного закладу) для CO<sub>2</sub>

За результатами розрахунків встановлено наступне:

1. Максимальна температура у експериментальному приміщенні (кімната санаторно-курортного закладу) становитиме 900 °С, а середньооб'ємна температура за 2 хв становитиме 400 °С.

2. У експериментальному приміщенні (кімната санаторно-курортного закладу) концентрація чадного газу досягне гранично-допустимих концентрацій вже на першій хвилині розвитку пожежі.

3. Концентрація вуглекислого газу так і не досягне небезпечної концентрації. Це пов'язано з тим, що вентиляційні отвори закриті (вікна та двері).

**Висновки:**

1. Швидкому розповсюдженню пожежі в приміщенні сприяє вертикальна орієнтація меблів.

2. Виявлено, що ризики загибелі від пожежі в значній мірі залежать від тривалості настання гранично-небезпечних факторів пожежі у приміщеннях, так, як від неї залежить безпечна евакуація.

3. Знизити рівень ризиків загибелі від пожежі можна зменшенням часу евакуації, що досягається належним використанням протипожежних систем та оповіщення в готелях.

4. Небезпечні фактори пожежі в приміщенні закладів розміщення, в якому відсутня вентиляція (закриті двері), можуть створитись вже на другій хвилині від моменту виникнення горіння.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Аналіз пожеж, що сталися в Україні за 2020-2024 роки [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://idundcz.dsns.gov.ua/statistika-pozhezh/analitichni-materiali>

2. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2021 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf>

3. Закон України "Про туризм" (зі змінами та доповненнями) від 15 вересня 1995 року № 324/95-ВР. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/324/95-вр>

4. Pyro Sim User Manual <https://support.thunderheadeng.com/docs/pyrosim/2024-2/user-manual/>

5. Fire risks of public buildings Yemelyanenko, S., Ivanusa, A., Yakovchuk, R., Kuzyk, A. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, DOI 10.32014/2020.2518-170X.133

## СЕКЦІЯ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

УДК 614. 842

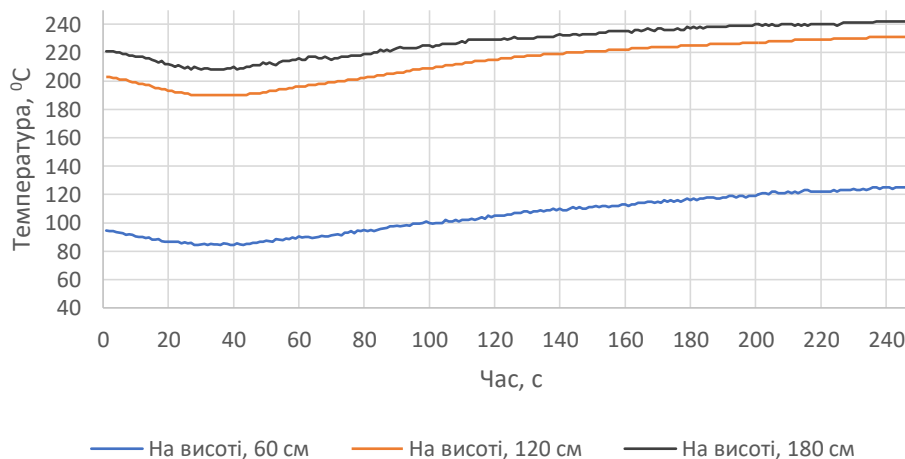
### ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПІДКОСТЮМНОГО ПРОСТОРУ ПОЖЕЖНОГО- РЯТУВАЛЬНИКА

*Лазаренко Олександр, канд. техн. наук, доц., Великий Ярема, канд. пед. наук,  
Сукач Роман, канд. техн. наук, доц., Рубан Артем, канд. наук з держ. упр., доц.  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Під час гасіння пожеж та ліквідації загорань в огороженні особовий склад пожежно-рятувальних підрозділів досить часто повинен працювати за умов підвищених температурних режимів. Так відповідно до [1] стандартний температурний режим в огороженні може складати в межах 400-600 °С, а середня температура в приміщенні, при якій здійснюватиметься гасіння пожежі, складатиме близько 200-300 °С [2]. Відповідно, захисний одяг пожежного-рятувальника повинен забезпечувати відповідні безпечні температурні режими підкостюмного простору захисного одягу пожежного-рятувальника. Зважаючи, що практично завжди, пожежний-рятувальник проводить гасіння пожежі в засобах індивідуального захисту органів дихання і зору це створює додаткове фізичне навантаження і спричиняє підвищення внутрішньої температури тіла людини.

Сучасний захисний одяг пожежного рятувальника виконується у відповідності до вимог провідних країн Європейського Союзу та стандартів безпеки [3]. Однак, практичні результати з визначення безпосередніх захисних властивостей захисного одягу, зокрема температури підкостюмного простору, виробниками не висвітлюються. Таким чином, для визначення температури підкостюмного простору захисного одягу за умови реальних температурних режимів було обрано захисний одяг провідного Європейського виробника [4].

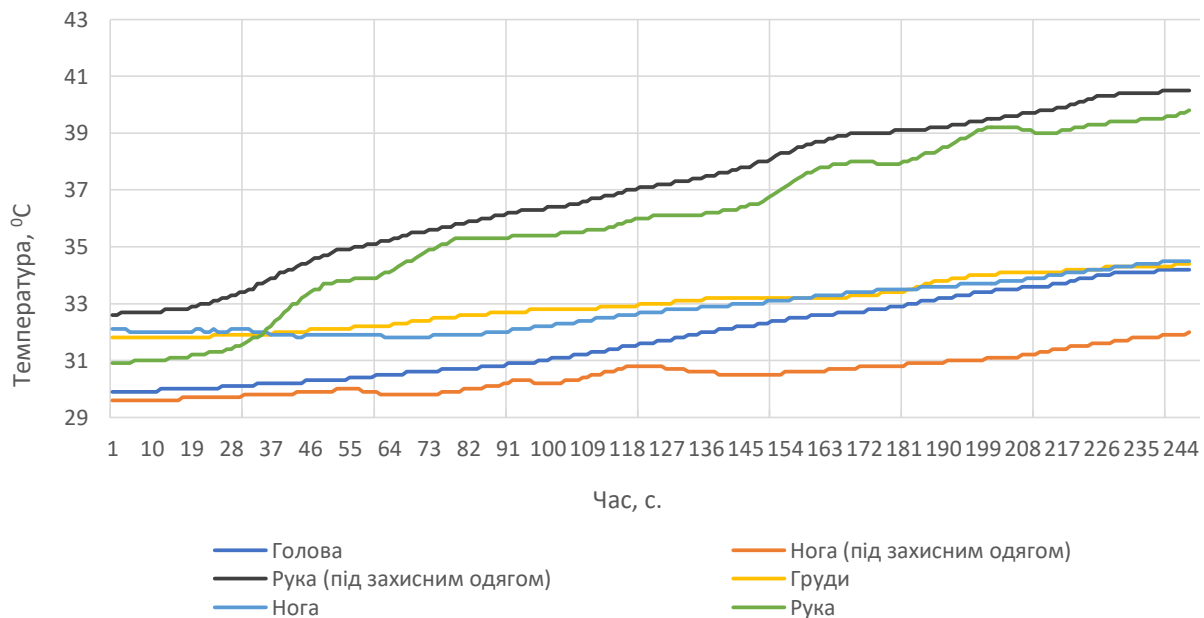
Температурний режим приміщення під час дослідження наведено на рис.1. Зокрема необхідно зазначити, що термопари для визначення температури було розміщено на різній висоті від підлоги (60 см, 120 см та 180 см) і максимальна середня температура в приміщенні складала 199 °С.





**Рисунок 1** – Температурні показники в кімнаті під час визначення температури підкостюмного простору пожежного

Для визначення температури підкостюмного простору захисного одягу пожежного було використано 6 термопар які фізично закріплювалися в наступних місцях: на голові пожежного (яку прикривав підкашник та каска), на руці та нозі пожежного (під захисним одягом, але поверх натільної білизни), на руці та нозі пожежного на оголені ділянки тіла (під захисним одягом), на грудях на оголене тіло(під захисним одягом). Результати визначення температури підкостюмного простору пожежного-рятувальника впродовж 5 хвилин висвітлені на рис.2.



**Рисунок 2** – Експериментальне визначення температури підкостюмного простору пожежного

Варто зазначити, що впродовж 5 хвилин часу пожежний рятувальник, одягнений в захисний одяг та дихальний апарат на стисненому повітрі, виконував легке навантаження, зокрема змінював позицію свого тіла (присідав, лежав, стояв навпочіпки) з інтервалом 30 секунд.

Експериментальні результати дослідження показали, що найбільша температура була зафіксована на руці і склала в практично 40 °С, а найменша, відповідно, на нозі під захисним одягом 31 °С.

## ЛІТЕРАТУРА

1. О.І. Башинський, М.З. Пелешко, О.Ю. Пазен, Т.Г. Бережанський (2017) Вплив температурних режимів пожеж на вогнестійкість будівельних конструкцій. Пожежна безпека №31, с. 6-10. Режим доступу: <https://sci.ldubgd.edu.ua/handle/123456789/4694>
2. EN 469:2020(Main) Protective clothing for firefighters - Performance requirements for protective clothing for firefighting activities
3. Т. М. Шналь, С. В. Прохоренко, І. П. Данкевич, (2016) Дослідження температурних режимів пожеж в житлових приміщеннях на моделях зменшеного масштабу Scientific Journal Theory and Building Practice, с.232-236. Режим доступу: <https://journals.indexcopernicus.com/search/article?articleId=1538727>
4. Захисний одяг пожежного-рятувальника VIKING Firefighter Jacket I EN-469 - Model 025. Режим доступу: [https://redasafe.com/sa\\_en/en-469-025](https://redasafe.com/sa_en/en-469-025)
5. Підкладки захисної тканини одягу пожежного-рятувальника. Режим доступу: <https://ballyclarelimited.com/ballyclares-partnership-with-w-l-gore-i27>

УДК 614.841

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕСТУВАННЯ ГАЗОДИМОЗАХИСНИКІВ ДСНС УКРАЇНИ***Луц В.І., канд. техн. наук, доцент, начальник кафедри ІТ та АРР**Гузар Н.І., ад'юнкт**Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

В умовах воєнного стану в Україні робота пожежних-рятувальників (далі газодимозахисників) є однією з найбільш небезпечних професій, тому кожен газодимозахисник Державної служби України з надзвичайних ситуацій (далі ДСНС України) повинен бути готовий до виконання завдань за призначенням. Як показує практика кожна шоста-сьома пожежа в Україні ліквідовувалась у складі ланки газодимозахисної служби (далі ГДЗС). Роботу газодимозахисників в умовах небезпечних чинників пожежі регламентує нормативна документація, яка визначає організаційний порядок, гасіння пожеж ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, рятування людей та матеріальних цінностей. Сучасні інноваційні технології повинні стосуватися усіх галузей людської діяльності, в тому числі і порядку професійної підготовки особового складу ДСНС України. Інтенсивний стан розвитку усіх галузей людської діяльності в епоху глобальних соціально-економічних перетворень вимагає від фахівців галузі пожежної та техногенної безпеки високого рівня професійної підготовки та постійного підтримання їх у готовності до виконання дій за призначенням. Саме тому удосконалення методів та технічних засобів підготовки газодимозахисників до дій за призначенням є актуальним.

У відповідності до керівних документів газодимозахисники, які допущені до роботи в ЗІЗОД, удосконалюють свої навички в системі службової підготовки. Практичні заняття із газодимозахисниками проводяться протягом календарного року за методикою проведення практичних занять із газодимозахисниками: на свіжому повітрі - один раз на місяць, а в теплодимокамерах, теплокамерах, димокамерах, на полігонах, смугах психологічної підготовки і навчально-тренувальних комплексах ГДЗС - один раз на рік. Безумовно, якщо провести аналіз кількості занять на свіжому повітрі, це цілком достатньо для вдосконалення вмінь та навичок газодимозахисників. Проте основний акцент підготовки (тренувань) газодимозахисників має відбуватись в умовах максимально наближених до реальних пожеж: велика концентрація продуктів горіння (диму), висока температура, підвищена вологість та інші. Відповідно, тренування в теплодимокамерах і в навчально-тренувальних комплексах ГДЗС для газодимозахисників, особливо це стосується здобувачів вищої освіти навчальних закладів сфери ДСНС України, один раз на рік буде беззаперечно недостатньо для підтримання в них психологічної готовності до дій в екстремальних ситуаціях, вироблення та підтримки теплової адаптації, що сприяє збереженню необхідного рівня їх працездатності в умовах високої температури та вологості. А якщо врахувати що деякі пожежно-рятувальні підрозділи мають малу кількість викликів та часу роботи в ЗІЗОД під час ліквідації наслідків небезпечних подій, цю вимогу необхідно переглянути та вдосконалити враховуючи вимоги сьогодення: військовий стан та наявну матеріально-технічну базу ГДЗС. На рис. 1 наведена запропонована періодичність проведення тренувань газодимозахисників.

Тренування газодимозахисників країн Європейського Союзу проводяться в сучасних тренувальних комплексах стаціонарного та мобільного типу. Також за допомогою програмного забезпечення може відбуватись тестування газодимозахисника з метою визначення його можливості виконання навантажень, які відповідають умовам пожежі.

На теперішній час в навчальних закладах ДСНС України та на базі багатьох ГУ ДСНС України створено тренувальні стежки та лабіринти з різними підходами та методиками до тренування на них. Наявне програмне забезпечення, яке є в Україні для тренування газодимозахисників – MAW-Contaneranlage також у теплодимокамері ГУ ДСНС України в

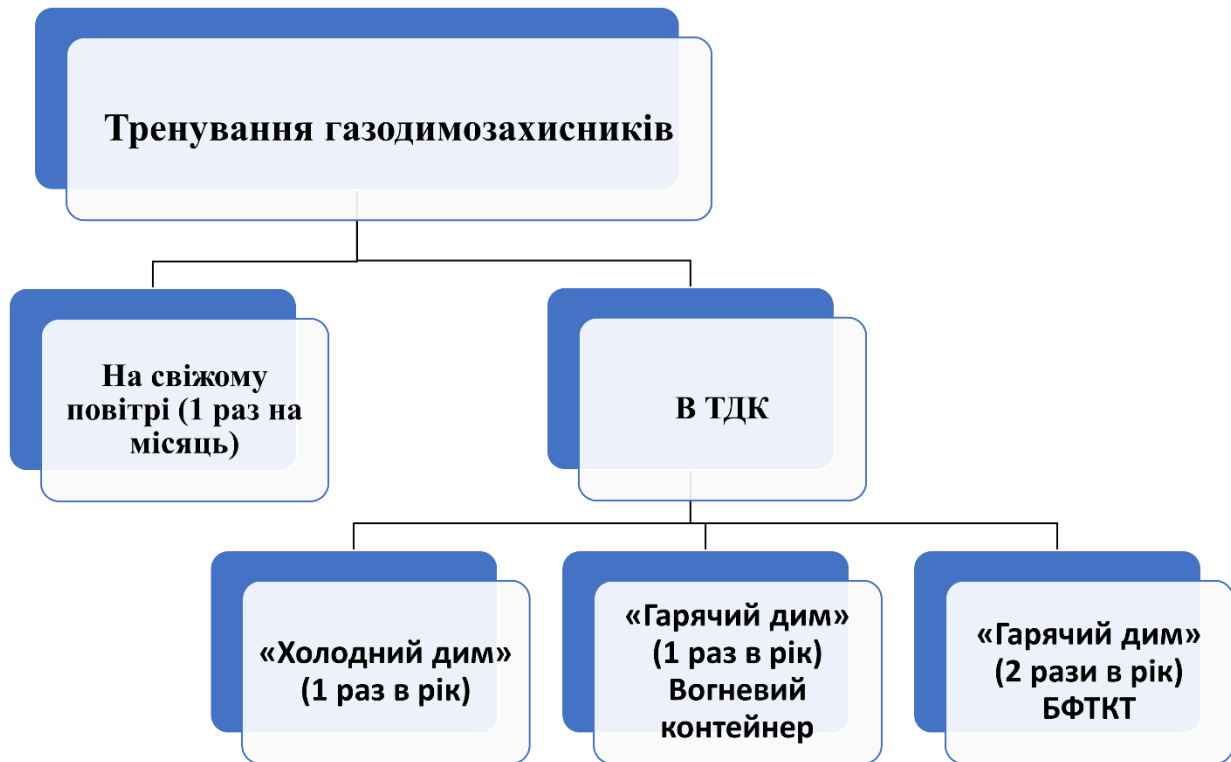


Рисунок 1 – Періодичність проведення тренувань газодимозахисників

Івано-Франківській області трактують різні підходи тренувань: часові показники, умови проведення тренувань і т.п. (рис. 2).

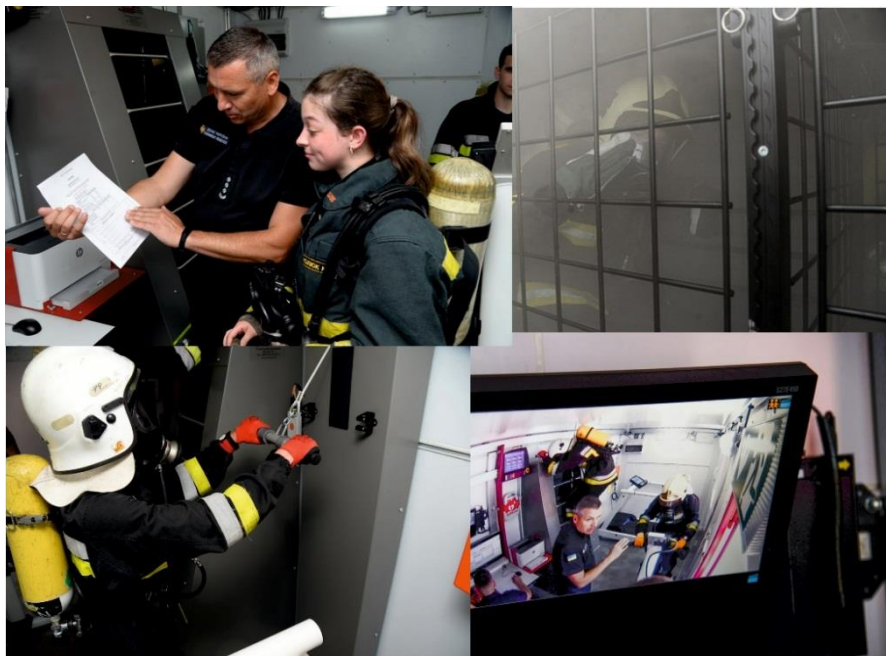


Рисунок 2 – Проведення тренувань газодимозахисників у тренувальному комплексі MAW-Contaneranlage

Відповідно є необхідність у проведенні експериментальних досліджень життєвих показників газодимозахисників (частоти серцевих скорочень, витрачених кілокалорій) під час проведення оперативних дій на пожежі (рятування людей і евакуація майна, оперативного розгортання, гасіння пожежі, виконання спеціальних робіт). Наступним

аспектом наукової складової є обґрунтування необхідного часу виконання вправ та часу на основі експериментальних та теоретичних досліджень. Дані експериментальні дослідження дають змогу обґрунтувати життєві показники газодимозахисників та час для тестувань на тренувальних стежках із використанням розробленого програмного забезпечення.

На підставі викладеного пропонується змінити періодичність та кількість практичних занять для тренувань газодимозахисників ДСНС України в умовах максимально наближених до реальних умов пожежі, а саме на багатофункціональному тренажері та вогневому модулі враховуючи європейський досвід та воєнний стан в Україні. Окім того, розробити програмне забезпечення, яке дасть змогу тестувати газодимозахисників різних медико-вікових груп в умовах максимально наближених до реальної пожежі (НС) з видачею свідоцтва про тестування, в якому будуть зазначені його життєві показники у відповідності до його роботи в апаратах автономного дихання стисненим повітрям.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження порядку організації роботи органів управління та підрозділів, закладів освіти системи ДСНС під час підготовки особового складу, гасіння пожеж, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та інших небезпечних подій в умовах екстремальних температур, задимленості, загазованості, радіоактивного, хімічного забруднення та біологічного зараження: наказ Міністерства внутрішніх справ України від 25.09.2023 року №780. *Офіційний вісник України*. 2023. №97. С. 5846.

2. Про затвердження методичних рекомендацій з підготовки газодимозахисників ДСНС України: наказ Державної служби України з надзвичайних ситуацій від 27.06.2024 № 680.

3. Про затвердження Правил безпеки праці в органах і підрозділах МНС: наказ Міністерства надзвичайних ситуацій України від 07.05.2007 року №312.

4. Про особливості реагування на надзвичайні ситуації під час збройної агресії: наказ Державної служби України з надзвичайних ситуацій від 02.04.2024 року № 375.

5. Ковалишин В.В., Луц В.І., Пархоменко Р.В. Основи підготовки газодимозахисника. Львів: ЛДУ БЖД, 2015. 379 с.

6. Луц В.І., Пархоменко Р.В., Луц І.В. Аналіз підготовки газодимозахисників ДСНС України та шляхи підвищення її ефективності. *Збірник наукових праць: «Пожежна безпека»*. 2017. №29. С. 114 – 125.

### УДК 614.84

#### УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ ЗБЕРІГАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

*Прищепя О.С., здобувач 2 курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 261 Пожежна безпека, Національний університет цивільного захисту України*

Внаслідок повномасштабної військової агресії зі сторони російської федерації об'єктам критичної інфраструктури України завдано значної шкоди. В сучасних умовах вирішення проблеми ускладнюється тим, що підприємства, які використовують небезпечні технології, речовини та матеріали, можуть розглядатися як цілі найбільш ефективного застосування противником засобів ураження. Одними з таких об'єктів на яких може бути ускладненим процес організації гасіння пожеж за таких умов є, наприклад, об'єкти паливно-енергетичного комплексу зокрема нафтобази та склади зберігання пально-мастильних матеріалів. Через активні бойові дії виникають повторні й нові пошкодження вказаних об'єктів [1].

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

Об'єкти зберігання нафтопродуктів є стратегічно важливими для функціонування економіки та обороноздатності країни. Умови воєнного стану значно підвищують ризик виникнення пожеж через ворожі обстріли, диверсії та аварії. Вибухи та пожежі на таких об'єктах можуть спричинити значні екологічні та економічні збитки країні, а також загрозу життю людей. Існуючі системи пожежогасіння та організаційні заходи не завжди здатні забезпечити належний рівень безпеки в екстремальних умовах. Це вимагає перегляду та вдосконалення підходів до протипожежного захисту.

Метою роботи є розробка та впровадження ефективних заходів з удосконалення організації гасіння пожеж на об'єктах зберігання нафтопродуктів в умовах воєнного стану, з урахуванням специфіки існуючих загроз і обмежень.

Під час пожежі в резервуарному парку спостерігається [2]:

- руйнування резервуарів внаслідок пожежі, розлив та розповсюдження нафтопродуктів на значну площу, у тому числі через відсутність в окремих випадках обвалування резервуарних парків;

- вилив нафтопродуктів з резервуарів внаслідок прогрівання та спінювання;

- викид з резервуарів темних нафтопродуктів внаслідок прогрівання;

- утворення в пошкоджених резервуарах зон, що ускладнюють подачу вогнегасних речовин унаслідок обвалення покрівлі;

- щільне теплове випромінювання від резервуара, що горить, потужні конвективні потоки продуктів горіння та зміна їх напрямків залежно від метеорологічних умов;

- швидкий розвиток пожежі та поширення вогню технологічними лотками, каналізаційними та іншими системами;

- пошкодження резервуарів внаслідок розльоту уламків ракет і витікання з них нафтопродуктів.

Вирішальним напрямком оперативних дій на пожежі, що виникла на нафтобазах та складах пально-мастильних матеріалів внаслідок ракетно-артилерійського обстрілу, слід вважати напрямок, на якому створилася небезпека для людей, загроза вибуху, руйнування конструкцій, найбільш інтенсивне поширення вогню на поряд розташовані групи резервуарів, будівлі, споруди та на якому оперативні дії пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС у цей час можуть забезпечити успіх гасіння або локалізацію пожежі [3].

Насамперед організація гасіння пожеж на об'єктах зберігання нафтопродуктів в умовах воєнного стану вимагає спеціальних заходів і стратегій для ефективною та безпечною ліквідації пожежної загрози [4].

Основні фактори, що ускладнюють гасіння пожеж: висока температура горіння, велика кількість горючих матеріалів, обмежений доступ до об'єктів через воєнні дії. Воєнний стан впливає на організацію гасіння пожеж через зменшення кількості персоналу через мобілізацію, обмеження в постачанні спеціального обладнання та пально-мастильних матеріалів та необхідність адаптації планів реагування з урахуванням можливих атак або перешкод.

До основних рекомендацій щодо організації гасіння пожеж на таких об'єктах під час воєнного стану відносяться:

- 1) необхідність розгляду потенційної можливості виникнення руйнувань і інших небезпечних ситуацій внаслідок бомбардувань або через інші військові дії, що вимагає додаткових заходів безпеки при проведенні гасіння пожеж;

- 2) відповідальною службою за дієву організацію гасіння пожеж має бути військова частина приймаюча спеціальну підготовку щодо ліквідації вогневих уражень з використанням спеціальної техніки й обладнання;

- 3) у місці розташування об'єкту зберігання нафтопродуктів повинно бути розгорнуто спеціальну техніку й засоби гасіння пожеж, такі як пожежні машини;

- 4) спеціальні відділи персоналу мають пройти спеціальну підготовку щодо ліквідації вогневих уражень й керівництва процесом гасіння пожеж на об'єктах зберігання нафтопродуктів;

5) під час проведення робіт з гасіння пожеж на об'єктах зберігання нафтопродуктів обов'язково необхідно дотримуватися спеціальних інструкцій, затверджених відповідними фахівцями й фахівцями служби контролю й дотримання безпеки;

6) надання допомоги має бути організована, щоб уникнути ризику загибелі серед населення цивільного під час проведення робіт із ліквідації вогневих уражень;

7) після ліквідації пожежі необхідно вжити заходів для ліквідації можливих негативних наслідків завданям навколишньому середовищу й уникнення впливу пожежної шкоди на навколишнє середовище;

8) керівництво процесом гасіння пожеж повинно здійснюватися кваліфікованими фахівцями з відповідними знаннями й досвідом роботи на об'єктах зберігання нафтопродуктів в умовах воєнного стану;

9) інтеграція автоматизованих систем пожежогасіння (застосування систем раннього виявлення загорянь, таких як тепловізори та сенсори диму, дозволяє оперативно реагувати на загрози. Автоматизовані пінні установки забезпечують локалізацію пожежі без втручання персоналу);

10) використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) – дрони можуть виконувати функції розвідки, оцінюючи масштаби пожежі та визначаючи критичні точки. Вони також можуть доставляти спеціальні вогнегасні засоби;

11) мобільні пожежні підрозділи (створення мобільних бригад, оснащених спеціальною технікою, дозволить швидко реагувати на пожежі навіть у важкодоступних зонах);

12) підготовка персоналу (регулярні тренування за сценаріями надзвичайних ситуацій, зокрема під обстрілами, підвищують рівень готовності персоналу);

13) координація між структурами (ефективна взаємодія між пожежними, військовими та рятувальними службами є ключовою умовою оперативного реагування. Спільні навчання та розробка узгоджених планів дій сприяють підвищенню ефективності) [5].

Запровадження сучасних технологій та інноваційних методів таких, як використання дронів для моніторингу ситуації та доставки вогнегасних засобів, автоматизація систем пожежогасіння (зокрема системи пінного гасіння), впровадження спеціальних вогнестійких матеріалів для захисту резервуарів. Також важливою є інтеграція дій пожежних підрозділів із військовими та цивільними службами задля оперативного реагування. Спільне проведення навчань дозволяє підвищити готовність до надзвичайних ситуацій.

Для ефективного гасіння пожеж на об'єктах зберігання нафтопродуктів в умовах воєнного стану необхідно:

- підвищити рівень автоматизації систем пожежогасіння;
- удосконалити координацію між відповідальними структурами;
- запровадити новітні технології, які забезпечать швидке виявлення та ліквідацію загорянь.

Комплексний підхід дозволить мінімізувати ризики та наслідки пожеж, забезпечивши енергетичну безпеку навіть у надзвичайних умовах.

Під час організаційних етапів ліквідації вогневих уражень на об'єктах зберігання нафтопродуктів необхідно здійснювати згідно із затвердженими інструкціями й затвердженими фахівцями служби контролю й дотримання безпеки.

Таким чином, у разі виникнення пожеж на об'єктах зберігання нафтопродуктів в умовах воєнного стану необхідно дотримуватися особливих заходів щодо забезпечення безпеки та організації гасіння пожежі.

Для зниження ризиків і мінімізації наслідків пожеж на об'єктах зберігання нафтопродуктів в умовах воєнного стану необхідно вдосконалити організаційні заходи та впроваджувати сучасні технології. Це забезпечить більшу оперативність і безпеку при ліквідації надзвичайних ситуацій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Довідник керівника гасіння пожеж /за заг. ред. В.С. Кропивницького, Київ: ТОВ

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

«Літера-Друк», 2016 . 320 с.

2. Наказ ДСНС № 375 від 02.04.2024 року «Про особливості реагування на надзвичайні ситуації під час збройної агресії». URL: <https://dsns.gov.ua/upload/2/0/8/0/8/1/6/rekom.pdf> (дата звернення 28.11.2024).

3. Наказ МВС України № 116 від 10.02.2022 року «Про затвердження Порядку організації внутрішньої, гарнізонної та караульної служб в органах та підрозділах Державної служби України з надзвичайних ситуацій». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0534-22#Text> (дата звернення 28.11.2024).

4. Наказ МВС України № 340 від 26.04.2018 року «Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту та Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0801-18#Text> (дата звернення 28.11.2024).

5. Про організацію гасіння пожеж на складах нафтопродуктів в умовах ведення бойових дій. Методичні рекомендації щодо організації оперативних дій органів управління та підрозділів ДСНС під час гасіння пожеж на складах нафтопродуктів, що сталися внаслідок обстрілів в умовах ведення бойових дій. Окреме доручення ДСНС України від 23.05.2022 № В-269.

URL: <https://if.dsns.gov.ua/upload/1/1/9/3/3/4/7/Vr00vOSx9wVORgnKSrdVAYnz6P9sLaTd1EVLmisK.pdf> (дата звернення 28.11.2024).

### **УДК 614.8.**

#### **ВПРОВАДЖЕННЯ ДОДАТКОВИХ ВУЗЛІВ ЗАКРІПЛЕННЯ РЯТУВАЛЬНОЇ МОТУЗКИ ЗА КОНСТРУКЦІЮ ДЛЯ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ**

*Смоляк Д.В., доктор філософії*

*Петренко А.П.*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

За оперативними даними внаслідок широкомасштабної збройної агресії рф проти України станом на 1 січня 2024 року загинуло 10 тис. 158 цивільних осіб (з них 570 дітей), 18 тис. 945 цивільних поранені (з них 1235 дітей). Окупантами зруйновано та пошкоджено понад 214 тисяч об'єктів інфраструктури, зокрема: 8 тис. 642 об'єкти життєзабезпечення, 1 тис. 592 об'єкти транспортної інфраструктури, 3 тис. 679 закладів освіти, 1 тис. 569 закладів охорони здоров'я, 185 тис. 392 житлових будинки, 889 адміністративних будівель, 12 тис. 310 інших (не військових) об'єктів. ДСНС здійснено 131 тис. 721 виїзд на ліквідацію наслідків обстрілів населених пунктів, врятовано 4 тис. 522 особи, ліквідовано 17 тис. 391 пожежу [1]. Ракетні та дроніві удари призводять до масштабних руйнувань будівель і споруд з утворенням завалів та хитких конструкцій, що потребують розбору та демонтажу. Нерідко, ці рятувальні роботи необхідно виконувати на висоті, що потребує надійного страхування рятувальника.

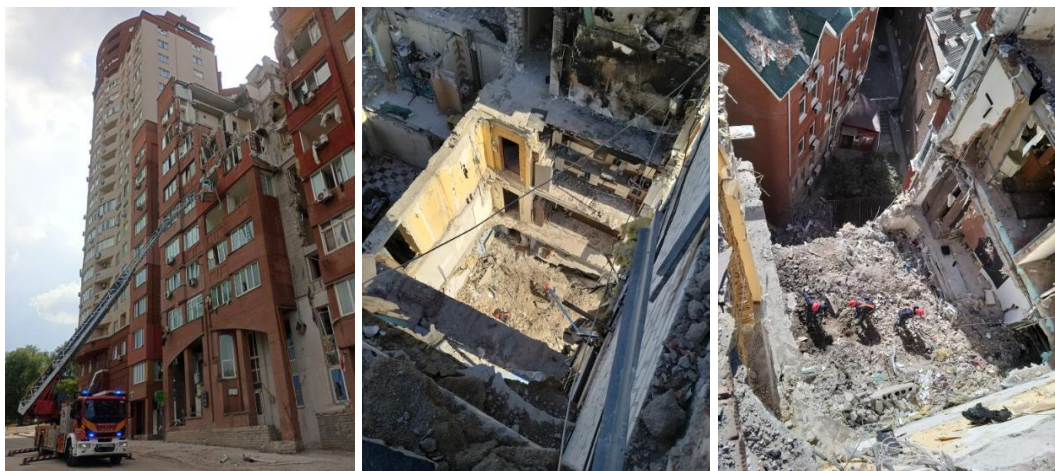
Для пошуку людей з під завалів будівель, демонтаж пошкоджених будівельних конструкцій та інших робіт на висоті в структурі ДСНС України було створені аварійно-рятувальні відділення та групи в складі Головних управлінь ДСНС України в областях [2].

Навчання рятувальників-верхолазів проводяться з визначеною періодичністю та включають:

- методи розпізнавання, усунення та запобігання падінню з висоти;
- застосування правил та стандартів захисту та рятування від падіння;
- розуміння та використання плану захисту від падіння та плану порятунку;

- перевірка та обслуговування обладнання, включаючи інструкції виробника;
- вивчення спеціальних вузлів;
- використання різноманітного рятувального обладнання та його практичне застосування.

Проте після широкомасштабної збройної агресії РФ аварійно-рятувальні відділення та групи не спроможні в повній мірі справитися через щоденні обстріли та велику кількість пошкоджених будівель і споруд по всій території України. Для вирішення вище перелічених надзвичайних ситуацій на допомогу залучаються пожежно-рятувальні підрозділи.



**Рисунок 1** – Руйнування житлових будинків

В системі службової підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів (частин) передбачені лише нормативи по відпрацюванню вправи «Закріплення рятувальної мотузки за конструкцію», які включають в себе пожежні вузли, яких для вирішення проблем сьогодення недостатньо [3].

Під час роботи на висоті пожежник-рятувальник повинен бути застрахований рятувальною мотузкою. Мотузка має бути закріплена за опору надійним вузлом, який не можна випадково розв'язати. Через це застосування тільки пожежних вузлів є недостатнім – через їх можливе випадкове розв'язування, навіть під навантаженням. Тому, для вирішення даної проблеми, потрібно в організацію службової підготовки вести додаткові вузли, такі як «Булінь» та «Подвійний булінь» [4].

Вузол «Булінь» дуже розповсюджений вузол в альпінізмі і не тільки. Даний вузол є універсальним вузлом, оскільки його можна використовувати як для закріплення мотузки за опору, так і для утворення петель, що не затягуються. Під навантаженням, не ковзає і не застрягає. При відсутності навантаження може бути легко розв'язаним. Його основним недоліком є те, що він не може бути зв'язаний, або розв'язаний, коли є навантаження на кінці мотузки, що використовується. При зав'язуванні на вільному кінці мотузки потрібно зробити контрольний вузол [5].



а)

б)

**Рисунок 2** – Запропоновані вузли: а) «Булінь»; б) «Подвійний булінь».



«Подвійний булінь» – це вузол «Булін» з використанням в якості ходового кінця петлі із складеної вдвоє мотузки. Цей вузол можна зав'язати і посередині мотузки при створенні проміжного кріплення. Застосовується тільки з контрольним вузлом [6].

Вивчення та практичне оволодіння навиками в'язання даних вузлів особовим складом пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України підвищить безпеку та ефективність виконання рятувальних робіт.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. «Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації в Україні у 2023 році». – Режим доступу: <https://dsns.gov.ua/upload/2/0/2/2/3/2/1/2023-rik.pdf>.

2. Веселівський Р. Б., Смоляк Д.В., Баран Ю.С., Павук І.В., Дуленко Д.І. Способи проведення рятувальних робіт при порятунку потерпілого, який завис на висоті. Вісник ЛДУ БЖД. 2021. № 24. С. 66–73.

3. Наказ МВС України №511 від 15.06.2017 Про затвердження Порядку організації службової підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту.

4. Р.Т. Ратушний, А.М. Ковальчук, А.М. Петренко, Л.А. Кавецький. Виконання рятувальних робіт з використанням верхолазного спорядження: Навчальний посібник. Львів, 2016. - 241 с.

5. Додаток до окремого доручення ДСНС 05.03.2021 №В-68 Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Довідник рятувальника-верхолаза

6. Лоїк В.Б., Мірус О.Л., Петренко А.М., Станіславчук О.В. та ін. Дії гірських пошуково-рятувальних підрозділів під час виконання завдань за призначенням у гірській місцевості та печерах (відділення, група, частина). Практичний посібник. Львів, 2023.- 213 с.

**УДК 351.78:061.1**

### **РОЛЬ МЕХАНІЗМУ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ У ЛІКВІДАЦІЇ МАСШТАБНИХ ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОГЕННИХ КАТАСТРОФ**

*Мирослав КОВАЛЬ, д-р пед. наук, професор  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

*З 2017 по 2023 рік Міжнародний центр хімічної безпеки та захисту (ICCSS) розпочав реалізацію низки проєктів, основна увага яких була зосереджена на зміцненні систем цивільного захисту та управління кризовими ситуаціями в Україні. Команда Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, як одного з лідерів і основного партнера в цих ключових проєктах, провела масштабні польові навчання, командно-штабні тренування, численні консультації та зустрічі, які зробили значний внесок у розвиток Механізму цивільного захисту не лише в Україні, а й у всьому східноєвропейському регіоні. Приєднання до Механізму цивільного захисту ЄС є важливим кроком для України на шляху до поглиблення європейської інтеграції. Визначальним випробуванням сил і засобів державної служби України з надзвичайних ситуацій є тривала військова агресія з боку росії.*

**Ключові слова:** Механізм цивільного захисту Європейського Союзу, координаційний центр реагування на надзвичайні ситуації, членство в УСРМ, активація Механізму цивільного захисту Європейського Союзу.

*From 2017 to 2023, the International Centre for Chemical Safety and Security (ICCSS) launched a series of projects aimed at enhancing civil protection and crisis management systems in Ukraine. The team from Lviv State University of Life Safety, serving as a key partner and leader in*

*these strategic initiatives, implemented large-scale field exercises, command-and-control training, and numerous consultations and meetings. These efforts made a significant contribution to the advancement of the Civil Protection Mechanism not only in Ukraine but across the broader Eastern European region. Ukraine's integration into the EU Civil Protection Mechanism marks a pivotal step in its journey toward deeper European integration. A critical test of the capacities and resources of Ukraine's State Emergency Service is the prolonged military aggression by Russia.*

**Keywords:** *European Union Civil Protection Mechanism, Emergency Response Coordination Centre, UCPM membership, activation of the European Union Civil Protection Mechanism.*

Стихійні лиха, як природні, так і антропогенні, не знають державних кордонів і можуть вражати кілька країн одночасно, часто зненацька. За останні роки Європа стала свідком сплеску різних видів надзвичайних ситуацій, починаючи від епідемій, повеней, штормів, лісових пожеж, землетрусів і закінчуючи техногенними катастрофами. Надзвичайні події випробовують можливості реагування окремих країн і підкреслюють необхідність колективних дій і співпраці, особливо в епоху зі складними проблемами безпеки і зростаючим впливом кліматичних змін.

Наслідками масштабних надзвичайних ситуацій, які часто виникають раптово, є серйозні перебої в наданні найважливіших послуг, пошкодження майна, інфраструктури та довкілля. Вони також можуть призвести до людських жертв і поранень. Для подолання цих наслідків необхідні додаткові ресурси і стратегії, які виходять за рамки звичайних можливостей основних аварійно-рятувальних служб. Рівень таких надзвичайних ситуацій може варіюватися від місцевого, регіонального до державного, і для керівництва та координації реагування в таких випадках була створена міжнародна система управління масштабними надзвичайними ситуаціями. У випадках, коли державний потенціал вичерпується, може знадобитися міжнародна допомога. Відповідний державний орган може звернутися по допомогу до чотирьох основних міжнародних систем:

- **Управління ООН з координації гуманітарних питань (UN/OCHA);**
- **Організації Північноатлантичного договору (НАТО);**
- **Боннської угоди;**
- **Механізму цивільного захисту ЄС (UCPM).**

Дані міжнародні системи допомагають посилити державні можливості реагування на надзвичайні ситуації.

**Управління ООН з координації гуманітарних питань** (United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, далі – UN/OCHA) відіграє ключову роль у забезпеченні структурованого та послідовного реагування на надзвичайні ситуації, об'єднуючи різних гуманітарних суб'єктів. Його основними завданнями є мобілізація та координація гуманітарної діяльності для полегшення людських страждань під час катастроф та надзвичайних ситуацій, захист прав тих, хто цього потребує, сприяння готовності та превентивним заходам, а також сприяння пошуку сталих рішень.

**Євроатлантичний координаційний центр реагування на катастрофи** (Euro-Atlantic Disaster Response Coordination Centre, далі – EADRCC). Починаючи з 1950-х років НАТО відіграє вирішальну роль у цивільному захисті. Залучення НАТО ще більше розширилось після ухвалення в 1999 році «Стратегічної концепції», в якій було визнано, що масштабні надзвичайні ситуації цивільного характеру можуть становити загрозу безпеці і стабільності. EADRCC створений Радою євроатлантичного партнерства (Euro-Atlantic Partnership Council, далі – EAPC) в 1998 році, працює як регіональний координаційний механізм з надання інформації, пов'язаної з катастрофами, окремим країнам-членам НАТО і країнам-партнерам. Він функціонує подібно до Європейського центру координації реагування на катастрофи, виконуючи роль координаційного механізму між запитами на допомогу і пропозиціями щодо неї.

**Боннська угода** слугує механізмом співпраці між державами Північного моря та Європейським Союзом для вирішення проблеми забруднення в регіоні Північного моря

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

внаслідок морських катастроф і хронічного забруднення з кораблів та морських установок. В рамках цієї угоди країни спільно працюють над пом'якшенням наслідків таких інцидентів, підкреслюючи важливість міжнародного співробітництва у вирішенні екологічних надзвичайних ситуацій.

**Механізм цивільного захисту ЄС** – це найбільша у світі система надання міжнародної координованої оперативної допомоги в разі надзвичайних ситуацій, що особливо актуально для України, у якій вже понад два роки йде війна. Рішення про заснування Механізму цивільного захисту Рада Європейського Союзу прийняла 23 жовтня 2001 року в м. Люксембурзі. У грудні 2013 року Механізм було вдосконалено шляхом масштабного перегляду законодавства, що ознаменувало суттєву еволюцію ролі та мандату EUCPM. Цей перегляд був спрямований на покращення координації та співпраці між державами-членами ЄС, а також на посилення механізмів готовності та реагування. Комплексна політика управління кризовими ситуаціями охоплює запобігання катастрофам, готовність до них та вдосконалення механізмів реагування. Зміни покликані забезпечити більш ефективне та дієве реагування на катастрофи, тим самим краще захищаючи громадян ЄС та постраждалі регіони в усьому світі. Останні зміни до положення про Механізм цивільного захисту Європейського союзу були прийняті в 2021 році, які включають різноманітні ресурси і форми допомоги від 28 країн членів та 4 країн кандидатів в ЄС.

**Європейський Союз визначив п'ять цілей у сфері стійкості до катастроф: передбачити, підготуватися, оповістити, відреагувати і захистити.**

Приєднавшись до UCPM, держави отримують право використовувати спільний резерв ресурсів і компетенцій, тим самим посилюючи свій потенціал реагування на катастрофи. Транснаціональна співпраця за сприяння UCPM сприяє обміну ресурсами, досвідом та найкращими практиками між країнами-членами, розвиваючи культуру співробітництва та взаємної підтримки. UCPM надає країнам-членам платформу для обміну досвідом та інноваційними підходами до зниження ризиків, що дозволяє їм вчитися один у одного та впроваджувати успішні стратегії. Доступ до комплексних оцінок ризиків та систем раннього попередження допомагає державам-членам виявляти та відстежувати потенційні небезпеки, що дозволяє їм вживати проактивних заходів для зменшення ризиків та запобігання катастрофам.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Оксана Бойко «Державне управління у сфері цивільного захисту: подальше вдосконалення законодавства в умовах дії воєнного стану», Науковий вісник: Державне управління: № 2 (12) (2022): Науковий вісник: Державне управління.
2. Україна стала повноправним учасником Механізму цивільного захисту ЄС URL: [https://euneighbourseast.eu/uk/news/latest-news/ukrayina-stala-povnopravnym-uchasnykom-mehanizmu-cyvilnogo-zahystu-yes/?utm\\_source=chatgpt.com](https://euneighbourseast.eu/uk/news/latest-news/ukrayina-stala-povnopravnym-uchasnykom-mehanizmu-cyvilnogo-zahystu-yes/?utm_source=chatgpt.com).
3. Клименко, Н. Г. (2022). «Сутність Механізму цивільного захисту ЄС та перспективи набуття Україною повноправного членства в ньому». Публічне урядування, (5 (33)), 23-33.
4. Клименко Н.Г. «Особливості забезпечення цивільного захисту в умовах воєнного стану». Науковий вісник: Державне управління. 2022. № 2(12). С. 218 – 233. URL: [https://doi.org/10.33269/2618-0065-2022-2\(12\)-218-233](https://doi.org/10.33269/2618-0065-2022-2(12)-218-233).
5. Подскальна О. А. Приєднання України до механізму цивільного захисту європейського союзу – один із пріоритетів її європейського вибору. Інвестиції: практика та досвід. 2015. № 19. С. 130–134.
6. Рішення № 1313/2013/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 17 грудня 2013 року щодо Механізму цивільного захисту Союзу (ОВ L 347, 20.12.2013, с. 924).
7. Про ратифікацію Угоди між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, з іншої сторони, щодо участі України в Механізмі цивільного захисту Союзу: Закон України від 8 листопада 2023 року № 3434-ІХ.

8. Щодо уповноваження Державної служби України з надзвичайних ситуацій на здійснення функцій національного координатора участі України в Механізмі цивільного захисту Європейського Союзу: Постанова Кабінету Міністрів від 10 травня 2024 року № 535.

9. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 2 жовтня 2012 року № 5403-VI: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

10. Потеряйко С. П. Теоретико-методологічні засади становлення та розвитку системи державного управління сферою цивільного захисту України: дис. д.держ.упр. : 25.00.05 / Міжрегіон. акад. упр. персоналом. Київ, 2022.

**УДК 355.588**

## **БЕЗПЕКА РЯТУВАЛЬНИКІВ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ В ЗАВАЛАХ ЗРУЙНОВАНИХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД**

*Коломієць В.С.*

*Національний університет цивільного захисту України*

З початком повномасштабної агресії росії проти України, рятувальники щодня зіштовхуються з новими безпрецедентними небезпечними викликами такими як: ворожі обстріли, руйнування будівель та споруд, об'єктів критичної інфраструктури, загрози виникнення техногенних катастроф та великою кількістю жертв серед цивільних людей. Реагування на виклики в умовах війни та воєнного стану стало фундаментальною потребою. Проблема обвалів будівель та споруд в даній ситуації є однією з найактуальніших у сучасних умовах нашої держави. Нажаль дані події важко передбачити і вони часто супроводжуються значними людськими втратами.

Ліквідація подібних аварій – це складний процес, що потребує ретельної організації та застосування технічних засобів. Руйнування споруд призводить до блокування людей у завалах, підвальних приміщеннях або на верхніх поверхах, а також до їх травмування.

Дії підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту у першу чергу включають проведення розвідки як на об'єкті, так і на прилеглий до нього території. При організації розвідки особлива увага звертається на наявність постраждалих ступінь руйнування будинків, споруд, місця виникнення завалів, наявність вторинних небезпечних факторів, тощо. Особливу увагу необхідно приділяти стану пошкоджених конструкцій, які можуть нести додаткову загрозу не лише постраждалих, а й для рятувальників.

Для контролю нестабільних конструкцій та попередження про можливий ризик обвалення пошкоджених будівель, де працюють групи порятунку доцільно використовувати сучасне обладнання таке як система моніторингу руху Телеметр (контролер стабільності монітора структурного руху) Leader SENTRY. Це монітор стабільності, який виявляє структурні рухи нестійкої будівлі. Його лазер постійно відстежує виявлені рухи та відображає зміни для відстеження в режимі реального часу. Leader SENTRY може виявити рух конструкції завтовшки 1 мм на відстані 50 м. Телескопічний приціл допомагає точно навести лазер на цільову нестійку конструкцію. Це дозволяє пожежним і пошуково-рятувальним групам бути вчасно попередженими за допомогою візуальної та звукової сигналізації (105 дБ) при виявленні руху конструкції, хоч би яким незначним воно було. [1]

Це забезпечує додаткову безпеку для груп ПСО або пожежних груп і допомагає їм зосередитися на роботі з пошуку завалів.

У цьому телеметрі для моніторингу переміщення конструкцій використовується лазер, який виявляє найменші переміщення конструкцій у напрямку, куди він спрямований.

Якщо рух конструкції перевищує порогове значення, вибране під час конфігурації, звучить потужний сигнал тривоги, щоб попередити команди поблизу. Монітор стійкості

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

LEADER SENTRY реагує на рухи від 5 до 10 мм, виміряні на потенційно небезпечних об'єктах: підлогах, плитах, стелях, стовпах, балках, стінах, деревах, мостах тощо. Телеметр можна використовувати з одним або двома лазерами, підключеними до консолі .

2-й варіант є найбільш поширеним: два лазерні промені працюють одночасно, щоб позначити дві сторони будівлі та таким чином оптимізувати виявлення руху з двох осей.

Ця лазерна технологія виявляє рухи спереду та ззаду, але не рухи вбік.



**Рисунок 1** – Монітор стійкості LEADER SENTRY

Також для нестабільних конструкцій може бути використана система моніторингу руху LEADER WASP, яка вже довела свою цінність у численних пошуково-рятувальних операціях по всьому світу. LEADER WASP - це система моніторингу руху , яка дозволяє рятувальникам контролювати рух нестабільної конструкції під час проведення аварійно-рятувальних чи інших невідкладних робіт. Контролер стабільності був спеціально розроблений для виявлення руху, щоб захистити особовий склад в пошкодженій будівлі. Оскільки рятувальники можуть проводити години у будівлях, постійно використовуючи різноманітні інструменти, не підозрюючи, що ці дії, можуть послабити конструкцію. Даний пристрій заздалегідь попереджає рятувальників про рух конструкцій, дозволяючи зрозуміти, що їхні дії (руйнування, буріння, тощо) можуть призвести до її обвалення. Він визначає рух (від 0,1 до 2,6 градусів) та вібрацію (від 0,5 до 100 Гц). У разі більшого руху, ніж вибраний поріг, пристрій подає сигнал тривоги. Таким чином, рятувальники можуть максимально швидко покинути місце проведення аварійно-рятувальних робіт. Система оповіщення про безпеку Leader WASP кріпиться до будь-якої поверхні в будь-якому положенні під будь-яким кутом за допомогою магнітної основи та набору кронштейнів, що додаються [2].



**Рисунок 2** – Система моніторингу руху LEADER WASP

Враховуючи вищевикладене можна сказати, що дане обладнання сприятиме успішному проведенню аварійно-рятувальних робіт у завалах зруйнованих будівель та безпеці рятувальників.

## ЛІТЕРАТУРА

1. [Електронний ресурс] - Телеметр руху конструкцій Leader SENTRY B2 <https://esg.kiev.ua/telemetr-ruhu-konstrukciy-leader-sentry-b2.html>.
2. [Електронний ресурс] - Система моніторингу руху LEADER WASP <https://esg.kiev.ua/poperedzhuvalna-signalizaciyi-pristriy-zahistu-stiykosti-leader-wasp.html>

УДК 614. 842

## ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ І ВОГНЕГАСНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН ПРИ ГАСІННІ ПОЖЕЖ НА ТОРФОВИЩАХ

*Сукач Р.Ю., канд. техн. наук, доцент*

*Кирилів Я.Б., канд. техн. наук, старший науковий співробітник*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Пожежі на торфовищах завдають величезних збитків навколишньому середовищу і можуть призводити до техногенних катастроф. Однак торф'яні пожежі мало вивчені в порівнянні зі звичайними лісовими пожежами через відсутність відомостей про механізм запалення та поширення горіння в глиб шару торфу, а також через неповноту даних про теплофізичні та термокінетичні коефіцієнти торфу [1].

На даний час немає ефективних способів боротьби з торф'яними пожежами. Найбільш поширений спосіб зняття палаючого шару з використанням бульдозерів та пожежників. Цей спосіб не є безпечним для пожежно-рятувальної техніки та рятувальників та одночасно трудомісткий. На сьогоднішній день одним із способів запобігання торф'яним пожежам в Україні є використання обводнення раніше осушених боліт. Це безумовно знижує пожежну небезпеку, але не виключає її повністю для засушливої погоди. Тому основною науково-технічною проблемою в теорії торф'яних пожеж є дослідження граничних умов запалення шару торфу та його згасання [2].

Торф'яну пожежу можна ліквідувати, виконавши одну з таких умов [3]:

- перегородити шлях до горючих матеріалів шляхом влаштування загороджувальних каналів;
- припинити доступ кисню до шарів торфу;
- збільшити вологість торфу до припинення горіння;
- збільшити зольність торфу до критичної (50 %), вище за яку торф'яна маса не горить.

Залежно від виду пожежі застосовуються наступні прийоми щодо його локалізації та ліквідації [4,5]:

- використання води та вогнегасних хімічних речовин;
- обкопування вогнищ горіння канавами за їх периметром до мінерального ґрунту;
- імпульсне гасіння із застосуванням авіабомб;
- електрична технологія безконтактного гасіння;
- створення загороджувальних перешкод;
- використання торф'яних стволів.

У практиці боротьби з торф'яними пожежами найпоширенішим способом є гасіння водою, розчинами вогнегасних хімічних складів та поверхнево-активних речовин. Однак вода для гасіння торф'яних пожеж малоефективна, так як вона має відносно високий поверхневий натяг і не змочує частинки торфу, що містять великий відсоток маслянистих бітумів тільки восени після дощів, але навіть узимку під сніговим покривом. Гасіння торф'яних пожеж водою ускладнюється ще й тим, що під час горіння утворюються так звані ями, окремі вогнища пожежі, що діють у внутрішніх шарах торфу. Торф необхідно зволожити до такої міри, щоб тієї кількості тепла, що виходить від вогнища горіння, виявилось недостатньо для подальшого підсушування торфу. Малоефективними при гасінні торф'яних пожеж виявляються і багато існуючих розчинів хімічних складів та поверхнево-

активних речовин. У багатьох країнах світу як основа вогнегасних хімічних складів для гасіння торфу використовуються водорозчинні органічні солі карбонати, гідрокарбонати, фосфати, сульфати, рідке силікатне скло та інші. Проведені у Великобританії випробування вогнегасних та вогнезахисних хімічних складів показали, що найбільш високий ефект гасіння та довготривалого вогнезахисту досягаються при використанні води з добавками фосфатів амонію (добрих, що містять 18 % N та 50 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) змочувачів. При гасінні водою з добавками таких складів у поверхневому шарі матеріалу, що горить, створюється непроникна для повітря плівка [6].

Основними вогнегасними засобами для гасіння торф'яних полів та родовищ є вода або розчин змочувача (піноутворювача). Експериментальні дослідження показали, що для гасіння торф'яних пожеж доцільно використовувати ручні пожежні стволи з малою витратою (при поверхневому горінні) і торф'яні глибинні стволи (при глибинному горінні). Для підвищення ефективності гасіння торф'яних пожеж доцільно при роботі стволів передбачити подачу поверхнево-активних речовин (піноутворювача, змочувача). При великих витратах подачу поверхнево-активних речовин проводять з використанням змішувача, а при малих витратах (до 3 л/с) – поверхнево-активні речовини добавляють в проміжну ємність або цистерну із заданою концентрацією.

Пропонується для підвищення ефективності гасіння пожеж на торфовищах як змочувач використовувати вітчизняний вогнегасний піноутворюючий склад «БАРС S-2», розроблений науково-виробничим підприємством «ВОГНЕБОРЕЦЬ». «БАРС S-2» відноситься до біологічно «м'яких» речовин (біорозкладальність - більше 80%). Температурний діапазон застосування від 0 до 50 °C [7].

Вогнегасна речовина «БАРС S-2» призначена для локалізації та гасіння пожеж твердих речовин та матеріалів, таких як деревина, папір, торф, гумотехнічні та текстильні вироби, полімерні матеріали. Ця речовина може застосовуватися на промислових підприємствах, у житловому секторі, лісових масивах та на торф'яних полях.

Механізм дії вогнегасної речовини полягає у підвищенні ефективності використання води при гасінні за рахунок збільшення її змочуючої здатності, зниження поверхневого натягу та зменшення розмірів крапель, а також в ізоляції палаючої поверхні піною низької кратності. Зниження потреби у воді важливо при гасінні пожеж далеко від водойм і пожежних гідрантів – у сільській місцевості, лісах та на торфовищах.

Ефект гасіння досягається за рахунок наступних факторів:

зниження поверхневого натягу води забезпечує високу змочуючу та проникну здатність. Це знижує займистість пожежонебезпечних речовин класу А і дає можливість розчину проникати в шар торфу для локалізації та пригнічення глибинного горіння;

піна пригнічує займисті пари при охолодженні палива;

збільшення часу стоку забезпечує більш тривале змочування поверхні, знижуючи ризик займання або повторного займання.

Піна, що утворюється з вогнегасної речовини, має низьку теплопровідність і високу відбивну здатність. Здатність піни, що одержується з вогнегасної речовини, прилипати до вертикальних поверхонь дозволяє рекомендувати її для захисту від вогню об'єктів, що знаходяться у безпосередній близькості від вогнища пожежі. Для гасіння пожеж застосовуються робочі водні розчини вогнегасної речовини у вигляді розпилених та компактних струменів, піни низької кратності. Вибір технічних засобів та їх кількості для гасіння торф'яних пожеж визначається їх площею та глибиною прогорання торфу у вогнищі горіння. Найбільшу ефективність вогнегасне речовина має за глибини прогорання торфу до 40 см. Для гасіння пожеж на торфовищах при глибині прогорання торфу до 40 см на поверхню торфу, що горить, подається піна низької кратності до створення шару завтовшки 20-40 см. Після руйнування піни (приблизно через 10-15 хв) необхідно подати піну повторно до створення шару завтовшки 30-40 см. Діючи так, піну подають до повної ліквідації пожежі. Для економії вогнегасної речовини допускається у початковій стадії гасіння пожежі для отримання шару піни використовувати 1,0%-ний розчин, потім застосовувати 0,4%-ні

розчини. На завершальній стадії можна використовувати воду без вогнегасної речовини. Орієнтовна витрата робочого розчину на гасіння торфових пожеж при глибині прогорання торфу до 40 см становить 30-90 л/м<sup>2</sup>, піноутворювача – 0,2-0,6 л/м<sup>2</sup>. Глибинні торф'яні пожежі можна ефективно гасити з поверхні, нагнітаючи розчин вогнегасної речовини через пробурені отвори. Оптимальні радіуси гасіння торф'яними глибинними стволами становлять 1,5 м за час, що дорівнює 1-2 хв, що дозволяє оперативно переміщати стволи по фронту пожежі, локалізуючи та проводячи гасіння вогнища [8].

Успіх гасіння торф'яних пожеж досягається підготовкою органів управління, сил та засобів задіяних в організації гасіння пожеж, здійснення моніторингу потенційно пожежонебезпечних місць, екстремому реагуванні на їх виникнення, організації ефективної розвідки та своєчасного висування в зону пожежі і розгортання необхідних сил та засобів, запасом необхідної кількості вогнегасних засобів, постійною взаємодією з місцевими органами влади, організацією системи управління, безперервною та послідовною роботою до її повного завершення. Застосування способів і технологій, що забезпечують найбільш ефективне гасіння та впровадження у практику нових високоефективних хімічних складів дозволить значно скоротити тривалість та площі гасіння лісових пожеж, зменшити економічні витрати, а найголовніше дозволить зменшити кількість особового складу та спеціальної техніки.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Сукач Р. Ю., Ковалишин В. В., Кирилів Я. Б. Зниження пожежної небезпеки торф'яників, торфорозробок та способи і протипожежне обладнання для підвищення ефективності їх гасіння. *Пожежна безпека: зб. наук. пр.* Львів: ЛДУ БЖД, 2019. № 35. С. 75–82.
2. Керівництво для учасників гасіння лісових пожеж у білоруському і українському секторах зони відчуження Чорнобильської АЕС. OSCE. Фрайбург - Гомель – Киев –2016.
3. Сукач Р. Ю., Ковалишин В. В., Кирилів Я. Б., Тактика гасіння та протипожежне обладнання для ліквідації пожеж в екосистемах торф-ліс. *Sciences of Europe : The journal is registered and published in Czech Republic. Articles in all spheres of sciences are published in the journal* – Praha, Czech Republic, 2021. VOL 1, Sciences of Europe 2 No 62(2021) P. 44-48.
4. Наказ МВС України від 26.04.2018 р. №340 “Статут дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж”.
5. Рекомендації щодо гасіння лісових та торф'яних пожеж. – К.: УкрНДІ ПБ, 2007. – 38с.
6. Сукач Р. Ю. Застосування фосфорних добрив при гасінні пожеж на торфополях. *Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції.* Львів: 2018. С. 78–80.
7. Інструкція і паспорт до застосування піноутворювача “Барс S-2”.
8. Сукач Р. Ю., Ковалишин В. В., Кирилів Я. Б., Петровський В. Л., Сорочич М. П. Дослідження тактико-технічних характеристик спеціального пожежного ствола для гасіння підземних пожеж в екосистемах торф-ліс. *Пожежна безпека: зб. наук. пр.* Львів : ЛДУ БЖД, 2020. № 36. С. 108-114.



**УДК 614**

**СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ЕНОРГООБ'ЄКТІВ:  
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ**

*Поліванов О.Г., PhD, викладач кафедри ІтаАРТ Національного університету  
цивільного захисту України*

*Тамашевський В.Є., заступник начальника 6 ДПРЗ ГУ ДСНС України у Харківській  
області*

Електрична енергія стала невід'ємною частиною нашого життя, а з сучасною тенденцією зростання споживання енергії зростають і вимоги до її виробництва. Через ці підвищені вимоги, коли глобальний попит на електроенергію різко зріс, виникають нові блоки електростанцій або джерела так званої зеленої енергії. Проте більшість країн виробляють електроенергію за допомогою теплових електростанцій, що працюють на викопному паливі, і вони продовжують відігравати значну роль в енергетичних системах у всьому світі. Таким чином система електрифікації, яка включає елементи для виробництва, перетворення, передачі, розподілу та споживання електричної енергії, постійно зростає.

Сучасні методи та технології пожежогасіння енергетичних об'єктів є надзвичайно важливими в умовах зростаючих ризиків пожеж, пов'язаних з бойовими діями, із експлуатацією устаткування, яке працює під високими навантаженнями. Враховуючи особливості енергетичної інфраструктури, де використовуються легкозаймисті матеріали та речовини, необхідно впроваджувати передові рішення для забезпечення безпеки.

Сьогодні пожежогасіння на енергетичних об'єктах охоплює різноманітні технології, серед яких водяні, аерозольні та хімічні системи. Використання автоматизованих систем виявлення і гасіння вогню, таких як спринклерні системи, елементи контролювання та моніторингу стану об'єкта, також набирає популярності. Ці технології забезпечують своєчасне реагування, що значно знижує можливі збитки.

З точки зору [1] експлуатаційної надійності фундаментальною є система протипожежного захисту, де центральним вузлом або параметром є електричний захист. Його завдання — за конкретними вхідними значеннями, інформацією та заданими параметрами визначити, чи знаходяться ці об'єкти в робочому (дозволеному) стані чи несправності. Під несправністю розуміється коротке замикання, перевантаження, перенапруга, асиметричне навантаження або зворотний потік потужності.

Як відзначає [2] до загальної проблематики додаються ракетні удари ворога по об'єктах електроенергетики України. У період з лютого 2022 р. по лютий 2023 р. їх було 225. Під час гасіння пожеж, спричинених обстрілами, пожежно-рятувальні підрозділи не можуть ефективно діяти через ризик повторних обстрілів. Час очікування до моменту початку ліквідації пожежі може бути тривалим. За цей час пожежа розвивається та завдає значної шкоди. Згідно із статистичними даними найбільше пожеж в електричних підстанціях виникає у електричних трансформаторах. У деяких випадках наявні системи пожежогасіння трансформаторів не можуть забезпечити успішне гасіння, що призводить до розповсюдження вогню на більшу площу та збільшує негативні наслідки від пожежі. Наведена проблематика зумовлює необхідність підвищення захисту електрообладнання підстанцій від пожеж, обладнання цих об'єктів ефективнішими системами пожежогасіння, які здатні мінімізувати негативні наслідки.

Визначення "найефективніших" інноваційних технологій пожежогасіння на енергооб'єктах залежить від конкретних умов: типу об'єкта, характеру потенційних пожеж, доступного бюджету та інших факторів.

Проте, деякі технології демонструють високу ефективність та перспективність:

1.Роботизовані системи гасіння: це, мабуть, найперспективніший напрямок. Роботи можуть працювати в екстремальних умовах, недоступних для людей, швидко локалізувати вогнище та застосовувати різні методи гасіння (вода, піна, порошок, інертні гази). Їх ефективність особливо висока при пожежах у закритих приміщеннях, на висоті або в місцях з високим рівнем радіації.

2.Газові системи пожежогасіння (інертні гази): застосування інертних газів (аргон, азот) дозволяє швидко знизити концентрацію кисню, припиняючи горіння без пошкодження обладнання та без утворення води. Це особливо важливо для захисту дорогого та чутливого електронного обладнання. Хоча вартість обладнання висока, ефективність та мінімізація збитків часто виправдовують витрати.

3.Аерозольні системи: [3] генерують тонкий аерозоль, що ефективно знижує концентрацію кисню. Вони компактні, відносно недорогі та екологічно безпечні, що робить їх привабливими для застосування на різних енергооб'єктах.

4.Системи раннього виявлення та оповіщення з використанням штучного інтелекту: сучасні системи здатні не тільки виявляти пожежу на ранній стадії, але й аналізувати дані з різних датчиків (теплові, димові, газові), прогнозувати поширення вогню та оптимізувати стратегію гасіння. Штучний інтелект дозволяє значно скоротити час реагування та підвищити ефективність гасіння.

Важливо зазначити, що найефективніший підхід часто полягає у комбінації різних технологій. Наприклад, роботизовані системи можуть бути інтегровані з газовими системами гасіння або системами раннього виявлення, створюючи комплексну систему пожежогасіння, яка забезпечує максимальний захист енергооб'єкта. Вибір конкретних технологій повинен базуватися на ретельному аналізі ризиків та врахуванні специфіки кожного конкретного об'єкта.

Таким чином, інтеграція сучасних методів і технологій пожежогасіння є ключовою умовою забезпечення безпеки енергетичних об'єктів, що в умовах глобалізації та прискореного розвитку технологій стає дедалі актуальнішим питанням. Тема потребує всебічного вивчення, адже безпека в енергетиці є запорукою не лише збереження життя і здоров'я людей, а й стабільності енергетичних постачань.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Betuš, M., Konček, M., Šofranko, M., Čambal, J., & Ondov, M. (2023). Methods of extinguishing fires in objects with high voltage. *Fire*, 6(11), 442. <https://doi.org/10.3390/fire6110442>

2. Мирошкін В., Гузар Н., Гарасим'юк О., Копистинський Ю. Підвищення ефективності гасіння пожеж на відкритих електричних підстанціях шляхом використання вогнегасних аерозолів // Пожежна безпека: зб. наук. праць ЛДУ БЖД. – 2023. – № 43. – DOI: 10.32447/20786662.43.2023.00.

3. Cui, Y., & Liu, J. (2021). Research progress of water mist fire extinguishing technology and its application in battery fires. *Process Safety and Environmental Protection*, 149, 559–574. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.03.003>

## **АНАЛІЗ УМОВ УСПІШНОГО ГАСІННЯ ТОРФІВ**

*Петухова О.А., канд. техн. наук, доцент, Швед А.В., Білаш Є.А.,  
Національний університет цивільного захисту України*

За статистичними даними в Україні понад 2200 розвіданих родовищ торфу, які займають площу близько мільйону гектарів, а геологічні запаси складають близько двох мільярдів тонн. До початку війни торф видобували у Волинській, Рівненській, Чернігівській, Львівській, Житомирській та Сумській областях України, але торф'яники є також і на інших її територіях. Близько вісімдесяти відсотків видобутого в країні торфу використовувалось як паливо, що складало незначну частку у паливному балансі України, а решту - у сільському господарстві, хімічній промисловості та медицині.

Розробка торфовищ має відповідні наслідки для навколишнього середовища, охорони здоров'я та економіки. Одною з причин негативного впливу є пожежі, що трапляються на торф'яниках. Торфові пожежі вважаються однією з найскладніших категорій пожеж, що потребують застосування спеціалізованих методів та значних зусиль для ліквідації. Їх особливістю є повільне поширення вогню, глибоке горіння, великі охоплені площі і тривалість процесу. У зв'язку з цими факторами, для успішної боротьби з такими пожежами необхідно правильно оцінити ситуацію і вибрати відповідні сили та засоби для гасіння.

Найчастіше пожежі торфу відбуваються в посушливі періоди року. Процес горіння охоплює як поверхневі, так і глибинні шари торфу (до двох метрів), що ускладнює його гасіння. Спочатку торф'янистий проміжок вигоряє під деревами, а потім горіння поглинається вглиб торф'яного шару (рис.1).



**Рисунок 1** – Пожежа торф'яників

Для торф'яників найпоширеніші методи боротьби з вогнем полягають у наступному:

- використання води для поверхневого та глибинного зволоження;
- застосування піни;
- засипка зони пожежі піском або ґрунтом для обмеження доступу кисню;
- створення механічних бар'єрів.

Етапи гасіння торфових пожеж включають оцінку масштабу, організацію водопостачання, застосування комбінованих методів для локалізації вогню, а також постійний контроль за залишковим тлінням після основного гасіння.

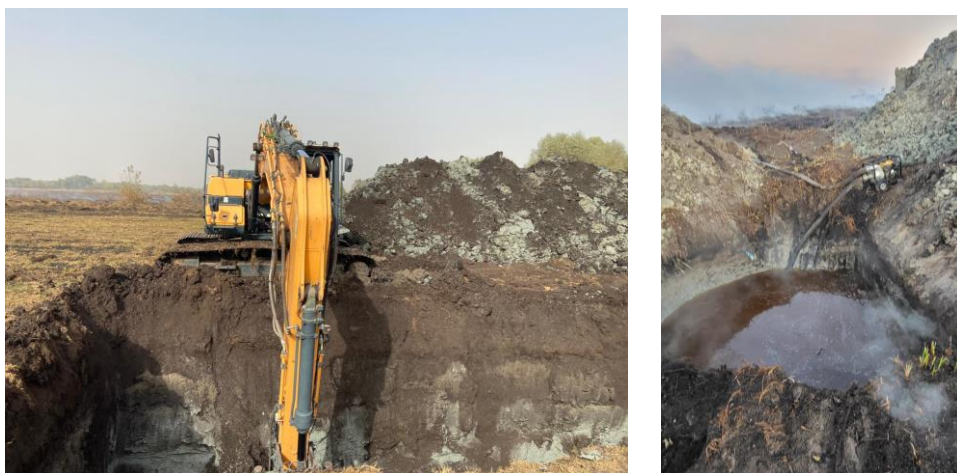
Основним методом ліквідації є затоплення осередків пожежі, хоча для цього потрібно постійна подача великої кількості води. В умовах віддаленості торфів від джерела водопостачання їх успішне гасіння може стати складною задачею. Одним з варіантів забезпечення успішного гасіння торфу в таких випадках є створення водоймищ-копаней (рис.2).



**Рисунок 2** – Подавання води на гасіння торфів, водоймище-копань

Звичайно розрахунок сил та засобів для гасіння пожежі базується на визначенні кількості води на гасіння, що залежить від інтенсивності та тривалості подавання води та площі пожежі [1]. Виходячи з визначеної кількості води, з врахуванням особливостей розвитку пожежі та досвіду її гасіння у конкретних ситуаціях, розраховуються кількість особового складу та пожежно-технічного обладнання. При гасінні торфів практично неможливим є визначення вихідних параметрів - площі пожежі та необхідної інтенсивності подавання води. Тому успіх пожежогасіння залежить лише від навичок та досвіду особового складу пожежних підрозділів. Таким чином, питання наявності достатнього запасу води є одним з обов'язкових кроків для вирішення задачі.

Сучасний підхід до зберігання пожежного запасу води в основному спрямований на побудування капітальних пожежних водоймищ [2-5] або пристосування існуючих поверхневих вододжерел на можливість забору води з них пожежною технікою в будь-яку пору доби та року. Але для гасіння торфів необхідно передбачати більш мобільні методи, до яких належить побудування водоймищ-копаней з застосуванням сучасних мотопомп (рис.3).



**Рисунок 3** – Побудування водоймища-копані та подаванням води мотопомпою

Таким чином, торфові пожежі вимагають комплексного підходу та конкретних підібраних засобів для боротьби з вогнем, що включає як технічні засоби, так і правильне планування водопостачання та використання методів гасіння вогню. Швидке створення запасів води, наприклад побудування водоймищ-копаней, об'єм яких визначається з врахуванням необхідної інтенсивності та тривалості подавання води, можливої площі пожежі та необхідності подавання води на поверхню та в глибину торф'яника є одним зі шляхів забезпечення успішного його гасіння.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Український науково-дослідний Інститут цивільного захисту Д58 Довідник керівника гасіння пожежі. - Київ: ТОВ "Літера-Друк", 2016 - 320 с. <https://nmc.dsns.gov.ua/upload/2/6/2/3/2021-biblioteka-dovidniki-dovidnik-kerivnika-gasinnia-rozezi.pdf>
2. О.А. Петухова, В.Є. Добринська, Д.П. Кулеш. Захист навколишнього середовища шляхом визначення об'єму пожежних водоймищ // Проблеми техногенно-екологічної безпеки в сфері цивільного захисту: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції – НУЦЗ України, 2022 - с. 133-136. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/16424>
3. О.А. Петухова, Р.Е. Черпаха, В.Є. Добринська, Д.П. Кулеш. Способи визначення об'єму пожежних водоймищ / «Проблеми пожежної безпеки 2022» («Fire Safety Issues 2022»): матеріали міжнародної науково-практичної конференції – НУЦЗ України, 2022 - с. 119-121. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/15989>
4. О.А. Петухова, Р.Е. Черпаха, В.Є. Добринська, Д.П. Кулеш. Особливості розрахунку необхідного об'єму пожежних водоймищ / Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції: – ЛДУБЖД, 2022 - с. 242-244. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/15986>
5. Петухова О. А., Черпаха Р. Е., Добринська В. Є., Кулеш Д. П. Визначення параметрів, що впливають на характеристики пожежних водоймищ // International scientific innovations in human life. Proceedings of the 15th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Manchester, United Kingdom. 2022. Pp. 104-111. URL: <https://sci-conf.com.ua/xv-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-international-scientific-innovations-in-human-life-1-3-09-2022-manchester-velikobritaniya-arhiv/>. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/15585>

**УДК 614.842**

**ШЛЯХИ ЗАСТОСУВАННЯ ТАКТИЧНИХ РОБОТІВ ПОЖЕЖОГАСІННЯ  
ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИМИ ПІДРОЗДІЛАМИ ДСНС УКРАЇНИ**

*Дмитро Войтович, канд. техн. наук, доцент  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

З моменту повномасштабного вторгнення росії на територію нашої держави починаючи з 2022 року противником застосовуються різні способи терору мирного населення. Обстрілюючи об'єкти критичної інфраструктури в тилу невисокоточною зброєю, використовуючи для нанесення ударів безпілотні системи типу «Shahed», дуже часто ураженню піддаються сусідні об'єкти господарського сектору економіки та житлові споруди. Така тактика ведення бою призводить до суцільних або часткових руйнувань будівель і споруд, що може супроводжуватись додатковими факторами небезпеки, такими як пожежа, присутність у зоні теплової дії бойової частини снаряду тощо.

Діяльність пожежно-рятувальних підрозділів в вищенаведених умовах потребує часткового перегляду тактики ведення дій щодо боротьби із пожежами, пошук та постановку на оснащення нових видів пожежно-рятувальної техніки із вищими показниками надійності роботи та захисту, засобів підвищеного бронезахисту для особового складу. Певні кроки вже зроблені, так для прикладу, впроваджений керівний документ що визначає порядок виконання завдань за призначенням підрозділами ДСНС України у населених пунктах і на територіях під час збройної агресії [1]. У [1, 2] визначені вимоги до бронезахисту особового складу, а саме під час гасіння пожеж вони повинні використовувати бронешоломи та

бронезилети.

Стосовно оновлення пожежно-рятувальної техніки перші кроки ДСНС України були зроблені на початку 2023 року. Так, у даний період полтавські рятувальники придбали за майже 10 мільйонів 113 тисяч гривень німецького тактичного робота Magirus Wolf R1 для дистанційного гасіння пожеж у місцях, де перебування особового складу є небезпечним [3]. Також зустрічається згадка про постановку на оснащення в підрозділах Київського гарнізону ДСНС України тактичного робота Alpha Wolf R1 фірми Alpha Robotics [4]. Станом на грудень місяць 2024 року ведуться перемовини із представниками американської компанії Textron Inc. щодо проведення практичного випробування протипожежного робота Thermite RS3 з метою його можливої постановки на оснащення пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України.

Із загальнодоступних джерел масової інформації відомо про залучення тактичних роботів Magirus Wolf R1 до гасіння складних пожеж на території Полтавської, Рівненської, Тернопільської, Львівської, Миколаївської та Одеської областей, проте залишається невідомою їх загальна кількість. Оперуючи вищенаведеними даними [3] та даними із відкритих джерел можна стверджувати що 5-ть одиниць вже точно є на оснащенні. Поява нового виду пожежно-роботизованої техніки ініціювала за дорученням керівництва ДСНС України створення методичних рекомендацій щодо застосування тактичних роботів пожежогасіння [5]. В даних методичних рекомендаціях обґрунтовано необхідність застосування тактичних роботів пожежогасіння, що спричинене веденням бойових дій на території нашої країни, появою нових пожежо-вибухонебезпечних, токсичних, радіоактивних речовин, а також можливістю повторних обстрілів по тим місцям, де пожежно-рятувальні підрозділи вже виконують завдання щодо дій за призначенням. Дані рекомендації [5] орієнтовані більше на подання технічних характеристик представлених тактичних роботів, на особливості роботи технічних операторів даних роботів, управління технічними діями з точки зору врахування рельєфу місцевості, метеорологічних умов тощо, але жодним чином не надають рекомендації щодо організації тактики ведення оперативних дій із використанням тактичних роботів пожежогасіння на різних типах об'єктів.

Про практичне застосування тактичних роботів пожежогасіння відомо також із проведеного аналізу карток оперативно-тактичних дій на пожежах, а саме: на пожежі, яка виникла 03.07.2024р. на території Нафтобази та ГНС ПП «Компанія «Наdejда» за адресою: Полтавська область, Полтавський р-н, Машівська сільська громада, село Селещина, вул. Паркова, 90 а (застосування роботизованої системи пожежогасіння Magirus Wolf R1 на базі автомобіля Toyota Hilux; дії особового складу щодо його відведення на безпечну відстань через оголошений сигнал «повітряна тривога»); на пожежі, яка виникла 10.08.2023р. на території Нафтобази ЛВДС «5-С» за адресою: Рівненська область, смт. Смига ур. Дружби, 1 (застосування роботизованої системи пожежогасіння Magirus Wolf R1); на пожежі, яка виникла 12.03.2024р. на території резервуарного парку нафтобази ПП «Амік-Україна» за адресою: вул. Сапанівська, 2, с. Білокриниця, Кременецький район, Тернопільська область (застосування роботизованої системи пожежогасіння Magirus Wolf R1; дії особового складу щодо його відведення на безпечну відстань через оголошений сигнал «повітряна тривога» (двічі відбувся повторний удар БПЛА по території нафтобази)); на пожежі, яка виникла 19.09.2023р. на території складських будівель ТзОВ «Факро Львів», АТ «Львівелектромаш» та ТзОВ «Вантажна база ЛЗТА» за адресою: м. Львів вул. Городоцька, 355 (застосування роботизованої системи пожежогасіння Magirus Wolf R1; плаща пожежі, що набула значних розмірів 9400 м<sup>2</sup>; дії особового складу щодо його відведення на безпечну відстань через помічений БПЛА); на пожежі, яка виникла 19.04.2024р. на території резервуарного парку комплексу переробки, перевантаження тропічної олії ТОВ «Дельта Вілмар Україна» за адресою: м. Южний, вул. Індустріальна, 6 (застосування роботизованої системи пожежогасіння Magirus Wolf R1 (3 одиниці); горіння резервуарів із олією; дії особового складу щодо його відведення на безпечну відстань через оголошений сигнал «повітряна тривога»)). Вищенаведені аналізи дій лише надають сухі факти про застосування тактичних

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

роботів пожежогасіння та жодним чином не відображають тактики їх застосування на конкретних типах об'єктів, аналогічно як у рекомендаціях [5].

Таким чином, можемо стверджувати що станом на зараз існує критична необхідність у обґрунтуванні тактики ведення оперативних дій із використанням тактичних робіт пожежогасіння на різних типах об'єктів опираючись на їх тактико-технічні характеристики (час автономної роботи, дальність прийому сигналу, максимальні витрати по воді, дальність подачі струменя тощо) та змодельовані наперед тактичні задуми. Окрім того, доцільним буде теоретичні положення тактики застосування робіт перевірити на практиці.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Про особливості реагування на надзвичайні ситуації під час збройної агресії: наказ Державної служби України з надзвичайних ситуацій від 02.04.2024 р. № 340. *ДСНС України*. 2024. 13 с.

2. Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту та Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж: наказ Міністерство внутрішніх справ України від 26.04.2018 р. № 340. *Офіційний вісник України*. 2018. № 57. С. 33.

3. Рятувальникам полтавщини придбали німецького тактичного робота для дистанційного гасіння пожеж на небезпечних місцях. URL: <https://poltava.to/news/70471/> (дата звернення 04.12.2024).

4. У ДСНС показали унікального робота для пожежогасіння (відео). URL: <https://toneto.net/news/tehnologii/u-dsns-pokazali-un--kalnogo-robotu-dlya-pogegogas--nnya---v--deo> (дата звернення 04.12.2024).

5. Методичні рекомендації щодо застосування тактичних робіт пожежогасіння: затверджено НТР ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ від 15.05.2024 р., протокол №1. НУЦЗУ. 2024. 52 с.

УДК 614.841.24:621.355:614.845

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕНЕСНИХ ВОГНЕГАСНИКІВ ПРИ ГАСІННІ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРІВ

*Гаврилюк А.Ф., канд. техн. наук, доцент, Ковалишин В.В., д-р техн. наук, професор,  
Яковчук Р.С., д-р техн. наук, доцент  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Під час зухвалого та неспровокованого повномасштабного вторгнення російської федерації на територію України чималих руйнувань зазнала енергетична система. У зв'язку з браком потужності електроенергії почались запроваджуватись почергові відключення електроенергії (блекаути), які тривають від 2–4 год і більше по кілька разів на добу. Така ситуація окреслила тенденції пошуку альтернативних джерел енергії не лише на виробництвах, але й у домівках українців. Найбільшого поширення набуло використання генераторів, які обладнані двигунами внутрішнього згоряння, а також акумулювальних систем електроенергії. Останні зазвичай складаються з акумуляторної батареї (або декількох, далі – АКБ), інвертора, з'єднувальних провідників, запобіжної автоматики, а також за необхідності сонячних панелей. У таких системах переважно використовують літій-іонні АКБ через низку технічних переваг: велику питому енергетичну ємність, високі струми розряду–заряду, а також немалу кількість циклів заряду–розряду, тобто довговічність роботи [1, 2]. Нерідко використовуються для таких систем літій-іонні акумуляторні модулі з силових акумуляторів електромобілів. Хімічні та електрохімічні реакції, які відбуваються під час циклів заряду–розряду літій-іонних акумуляторів, здатні призвести до необоротних електро-теплових процесів. Такі процеси спричиняють неконтрольоване збільшення температури, викид небезпечних газів, займання, вибухи, що часто супроводжується пожежею [3, 4]. Наочним прикладом є пожежа у квартирі багатоквартирного будинку у м. Київ, яка супроводжувалася не лише горінням, але й і вибухом, який спричинив руйнування панорамних віконних прорізів. На рис. 1 зображено зовнішній вигляд фасаду будинку після вибуху та горіння літій-іонного АКБ.



**Рисунок 1** – Зовнішній вигляд пожежі квартири в м. Київ унаслідок вибуху літій-іонного АКБ

Тож використання акумулювальних систем електроенергії через можливість займання АКБ підвищує пожежну безпеку об'єкта чи приміщення, де така система влаштована.

Тому у роботі здійснена спроба експериментального дослідження впливу різних вогнегасних речовин найпоширеніших переносних вогнегасників в Україні на ефективність гасіння літій-іонних АКБ. Для цього були підготовлені переносні вогнегасники ВП-5(з), ВВК-5(з), ВПП-5(з), ВВ-5(з) з вогнегасними речовинами: вогнегасний порошок загального призначення, вуглекислота, повітряно-механічна піна низької кратності та дрібнорозпилена вода з сольовими добавками, відповідно. Застосування різних типів переносних вогнегасників



під час гасіння літій-іонного модуля представлено на рис. 6.



**Рисунок 2** – Використання різних типів переносних вогнегасників під час гасіння літій-іонного модуля:  
а) ВП-5(з); б) BVK-5; в) VVP-5(з); г) BB-5(з)

Аналізуючи вогнегасну ефективність вогнегасних засобів, які були досліджені, можна дійти висновку, що основним ефектом, який призводить до гасіння літій-іонних батарей є ефективне охолодження, притаманне водяному і водопінному вогнегаснику, у поєднанні з ефектом інгібування (що досягається додаванням розчину солі) та ізолювальним ефектом (у водопінному вогнегаснику). На підставі експерименту встановлено, що гасіння літій-іонного модуля з використанням переносного вогнегасника BVK-3,5 є найменш ефективним серед всіх досліджуваних вогнегасників, відновлення полум'яного горіння відбувається вже через 3–4 с після припинення подачі вуглекислоти в осередок горіння. Під час застосування переносного вогнегасника ВП-5(з) полум'яне горіння досліджуваного модуля відновлювалось через 18–20 с. Бажаний ефект гасіння досягнутий завдяки застосуванню повітряно-механічної піни низької кратності з вогнегасника VVP-5, а також розпиленої води з сольовими добавками з вогнегасника BB-5(з). На підставі отриманих результатів досліджень запропоновано рекомендації щодо вибору норм належності та застосування переносних вогнегасників з метою ефективного гасіння літій-іонних АКБ з розрахунку не менше 5 кг заряду робочого розчину або води з сольовими добавками на 5 кВт·год енергетичної ємності літій-іонної АКБ.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Wang, H., Du, Z., Rui, X., Wang, S., Jin, C., He, L., & Feng, X. (2020). A comparative analysis on thermal runaway behavior of Li (NixCo<sub>y</sub>Mnz) O<sub>2</sub> battery with different nickel contents at cell and module level. *Journal of hazardous materials*, 393, 122361.
2. Tomaszewska, A., Chu, Z., Feng, X., O'kane, S., Liu, X., Chen, J., & Wu, B. (2019). Lithium-ion battery fast charging: A review. *ETransportation*, 1, 100011.
3. Gavryliuk, A., Yakovchuk, R., Ballo, Y., Ruduk, Y. (2023). Thermal Modeling of the Electric Vehicle Fire Hazard Effects on Parking Building. *SAE Int. J. Trans. Safety* 11(3):2023, doi:10.4271/09-11-03-0013
4. Гаврилюк А. Ф., Яковчук Р.С., Лемішко М.В. (2023). Експериментальні дослідження елементів силової батареї tesla model s на предмет пожежної небезпеки. *Пожежна безпека*, 43, 50-62. DOI:10.32447/20786662.43.2023.07.

## УДК 614.8

**ОРГАНІЗАЦІЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
«ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ ЗБЕРІГАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВА  
НАФТОПРОДУКТІВ»**

*Удовченко В.В. заступник начальника управління — начальник відділу організації реагування на надзвичайні ситуації та гуманітарного розмінування управління реагування на надзвичайні ситуації*

Під час російської військової агресії проти України, що розпочалася 24 лютого 2022 року, ворогом здійснюються масові обстріли по об'єктах інфраструктури, у тому числі об'єктів зберігання та виробництва нафтопродуктів як у районах ведення бойових дій так і в глибокому тилу на решті території держави.

Для нанесення вогневого ураження ворог застосовує артилерійські системи, авіаційні засоби, крилаті та балістичні ракети.

Внаслідок вогневого ураження резервуарні парки зазнають руйнування, виникають масштабні пожежі, територія об'єктів забруднюється вибухонебезпечними предметами, існує загроза нанесення повторних ударів.

У цих складних умовах підрозділи ДСНС забезпечують реагування на всі випадки пожеж, оперативні дії організуються відповідно до вимог нормативних актів з обов'язковим врахуванням особливостей обстановки в конкретний час на місці події та максимально можливим дотриманням заходів безпеки для учасників гасіння.

Так, на території Полтавської області внаслідок військової агресії російської федерації відбулось 10 пожеж на об'єктах зберігання та виробництва нафтопродуктів. Як свідчить аналіз оперативних дій органів управління та пожежно-рятувальних підрозділів під час гасіння пожеж та території складів нафтопродуктів, що сталися внаслідок обстрілів, керівний та особовий склад Головного управління діяли відповідно до конкретної обстановки на місці події, яка динамічно змінювалася, з максимальним дотриманням вимог Статуту дій органів управління та підрозділів ОРС ЦЗ під час гасіння пожеж та заходів безпеки для учасників ліквідації пожеж.

Обстановка, що може скластися під час пожеж в резервуарних парках:

1. Вибух, повне або часткове руйнування резервуару.
2. Висота факела досягає 2 діаметрів резервуару, температура 1300 градусів.
3. Закипання та викид нафтопродуктів, можливі вибухи сусідніх резервуарів.
4. Утворення у резервуарі зон, “карманів”, обвалення покрівель резервуарів, що ускладнює подачу вогнегасних речовин.
5. Швидкий розвиток пожежі та поширення вогню технологічними лотками, розлитими ЛЗР (ГР), каналізаційними та іншими системами.
6. Відсутність в окремих випадках обвалування резервуарних парків.
7. Руйнування резервуарів, закипання і викид ЛЗР (ГР).
8. Високе теплове випромінювання від резервуара, потужні конвективні потоки продуктів горіння та зміна їх напрямків залежно від метеорологічних умов.

Пропонуємо розглянути порядок оперативних дій органів управління та пожежно-рятувальних підрозділів Головного управління ДСНС України у Полтавській області при ліквідації пожежі внаслідок влучання безпілотного літального апарату по резервуарному парку з нафтопродуктами ТОВ «Грандтермінал» в м. Карлівка Полтавської області (далі - Нафтобаза), а саме:

1. Коротка характеристика об'єкта:

Нафтобаза займає територію 4 га. розташована в міській зоні, на відстані 1 км. від 13 державної пожежно-рятувальної частини 1 державного пожежно-рятувального загону Головного управління ДСНС України у Полтавській області. На території нафтобази

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

розміщено 37 резервуарів та ємностей з ЛЗР та ГР, ємністю від 390 до 2000 м. куб., висотою від 6,6 до 11,8 метрів. Крім резервуарів на території нафтобази розміщені: насосна, естакада для зливу та наливу пального, склад з вбудованим гаражем, лабораторія та адмінбудівля. Мається залізнична гілка з естакадою для зливу пального. Найбільш пожежонебезпечними є резервуари місткістю 2000 м. куб., розміром в діаметрі 15м., висотою 12м. з площею дзеркала ЛЗР 185 м<sup>2</sup> знаходяться в центральній частині резервуарного парку, який розташований на ділянці території розміром 100x85м. на ділянці близько 0,85 га розташовано 11 вертикальних сталевих резервуарів, загальним об'ємом 10700 метрів кубічних, які обладнані газовирівнюючою системою, в діаметрі від 7-10-15 метрів, відстань між сусідніми резервуарами становить 10-13 м., виконано загальне обвалування по периметру парку, а також окремі індивідуальні обвалування кожного резервуару.

Водопостачання:

Система сухотрубів протипожежного водопостачання відсутня, об'єктові пожежні гідранти на території наявні в кількості 3 шт., проте непрацездатні, так як відключені від міської загальної мережі водопостачання. На відстані 15 м. від загального обвалування резервуарного парку в східній частині території підприємства розташоване штучна водойма об'ємом до 4000 м<sup>3</sup> розміром 30x40 м.

2. Розвиток надзвичайної ситуації (рис. 1):

04 год. 32 хв. 21.04.2023 року до пункту зв'язку частини 13 ДПРЧ (м. Карлівка) 1 ДПРЗ Головного управління ДСНС України у Полтавській області надійшло повідомлення про пожежу, яка виникла внаслідок потрапляння та вибуху (2 осередки руйнувань) ворожих БПЛА, які спричинили масштабну пожежу на об'єктах ТОВ «Грандтермінал», осередками руйнувань стали резервуар з мазутом об'ємом 2000 м<sup>3</sup> та будівля насосної.

Вторинні чинниками вибухів:

в наслідок вибуху, дії ударної хвилі та осколочних уражень зазнали пошкоджень поряд розташовані резервуари, відбувся витік нафтопродуктів з послідуочим загоранням на площі 720 м<sup>2</sup>;

теплого впливу від конвективних потоків зруйнованого резервуару та пошкоджених палаючих резервуарів зазнавали поряд розташовані резервуари.



**Рисунок 1 – Розвиток надзвичайної ситуації**

3. Хід ліквідації наслідків надзвичайної ситуації (мал. 2):

По прибуттю КГП було встановлено, що внаслідок потрапляння БПЛА та їх уламків по території резервуарного парку ТОВ «Грандтермінал», сталося руйнування та

горіння 2 резервуарів об'ємом по 2000 м<sup>3</sup>, 2 резервуарів об'ємом 1000 м<sup>3</sup>, 1 резервуару об'ємом 200 м<sup>3</sup> та насосної станції для перекачки паливно-мастильних матеріалів на загальній площі 720 м<sup>2</sup>, по всій території густий дим є загроза розповсюдження пожежі та вибуху. Визначено вирішальний напрямок та організовано оперативні дії сил і засобів на пожежі. Додатково викликано сили і засоби.

До місця виклику направлено сили і засоби відповідно розкладу виїзду по 5 номеру виклику.

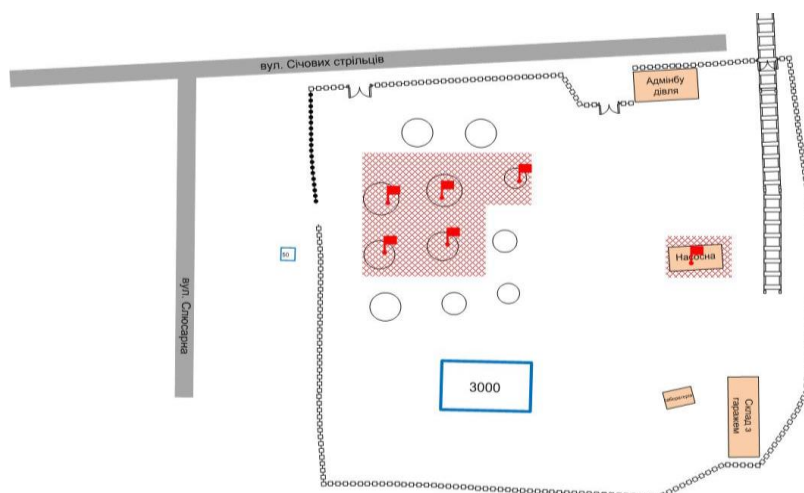


Рисунок 2 – Наслідок надзвичайної ситуації

Розташування сил і засобів (мал. 3):

21 год. 30 хв. 21.04.2023 року відкрите горіння в резервуарному парку ліквідовано. КПП було проведено перегрупування сил і засобів для охолодження резервуару що горить та резервуарів де горіння було ліквідоване.

22 год. 50 хв. 21.04.2023 року було проведено пінну атаку, на гасіння пожежі в резервуарі та подано піну низької кратності через 5 переносних лафетних стволів PROTEK Style 622.

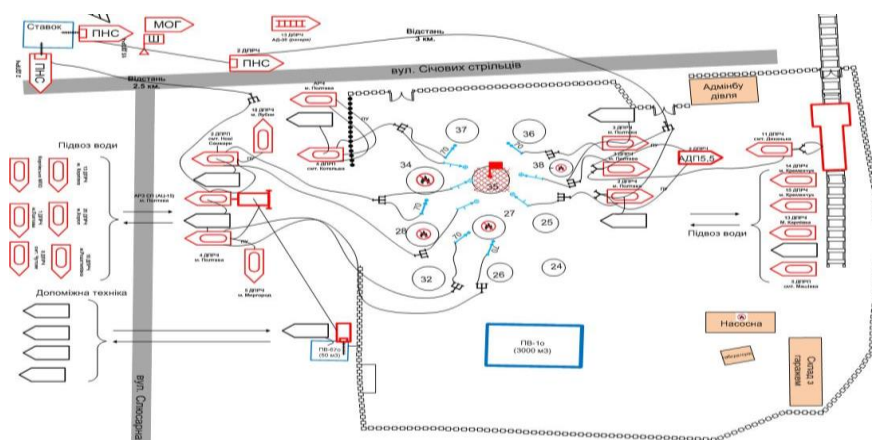


Рисунок 3 – Розташування сил і засобів

Для забезпечення безперебійної подачі вогнегасних речовин та гасіння пожежі, було організовано залучення пожежних потягів АТ «Укрзалізниця» у кількості 6 од. («Полтава-Південна», «Харків-Сортувальна», «Основа», «Лозова», «Кагамлицька», «Ромни») Південної залізниці, які здійснювали почергове підвезення вогнегасних речовин.

## ОРГАНІЗАЦІЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

23 год. 05 хв. 21.04.2023 року Пожежу локалізовано. Відкрите горіння відсутнє, продовжується охолодження резервуарів.

Гасіння пожежі ускладнювало висока температура в наслідок якої можливе загорання сусідніх резервуарів.

4. Сили та засоби, що залучались до ліквідації наслідків надзвичайної ситуації (мал. 4,5):

На ліквідацію пожежі залучалось 36 одиниць техніки, 144 чол. особового складу ДСНС, тактичний робот Magirus Wolf R1, 7 пожежних потягів Південної залізниці (14 цистерн по 60 тон, 17 чол.) та 10 одиниць допоміжної техніки фермерських господарств (8 цистерн для підвозу води та 2 екскаватори), квадрокоптер DJI Mavice 3 Fly More Combo.



Рисунок 4 – Сили і засоби, що залучались



Рисунок 5 – Тактичний робот

5. Передовий досвід в організації управління щодо застосування сил і засобів під час ліквідації НС:

Для управління силами і засобами утворювалися штаби на пожежі, необхідна кількість оперативних дільниць для охолодження резервуарів, гасіння нафтопродуктів в резервуарах та розлитих в обвалуванні, проводилось цілодобове використання квадрокоптерів, що дало змогу забезпечити ефективну та безпечну розвідку, візуалізацію обстановки, а також онлайн моніторинг ходу проведення рятувальних та інших невідкладних робіт, визначення небезпечних та проблемних ділянок, місць можливих обвалів конструкцій, першочергових напрямків залучення сил та засобів, перерозподілу особового складу та техніки з урахуванням виконаних завдань та використання комплексу супутникового зв'язку «Starlink» дало змогу забезпечити безперебійний обмін інформацією з місця ліквідації наслідків НС, координацію дій між усіма ланками управління та своєчасну звітність про хід проведення робіт.

Основні зусилля пожежно-рятувальних підрозділів зосереджувалися на недопущенні подальшого неконтрольованого зростання площі пожежі та перекидання вогню на вцілілі резервуари шляхом інтенсивного їх охолодження та зниження інтенсивності горіння розлитих нафтопродуктів шляхом подачі повітряно-механічної піни.

У разі загрози повторних обстрілів оперативні дії припинялися, особовий склад і техніка організовано відводилися в безпечне місце та укривалися.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Методичні рекомендації щодо організації оперативних дій підрозділів ДСНС під час гасіння пожеж на складах нафтопродуктів, що сталися внаслідок обстрілів в умовах ведення бойових дій.

УДК 614.8

## ВИБІР ІНТЕНСИВНОСТІ ПОДАЧІ ВОДИ НА ОХОЛОДЖЕННЯ РЕЗЕРВУАРА В УМОВАХ ПОЖЕЖІ

*Басманов О.Є., д-р тех. наук, професор,  
Олійник В.В., канд. техн. наук, доцент  
Національний університет цивільного захисту України*

Склади нафти і нафтопродуктів є основним місцем зберігання нафти і нафтопродуктів в процесі їх переробки і транспортування. З початку повномасштабної російської агресії нафтопереробні заводи, склади зберігання нафти і нафтопродуктів стали однією з цілей при ударах по критичній інфраструктурі. Основним методом локалізації пожежі на складах нафти і нафтопродуктів є охолодження водою резервуарів, що горять, та сусідніх з ними. Ситуація додатково ускладнюється дефіцитом сил та засобів, викликаним масованими ударами по критичній інфраструктурі, що призводить до одночасних викликів, перебоїв з подачею води та електрики тощо. Тому постає максимально ефективного використання води для охолодження резервуарів.

В [1] побудовано модель охолодження стінки вертикального сталевго резервуара водою, що стікає по ній, в умовах теплового впливу пожежі розливу. Модель дозволяє визначити розподіл температури по стінці резервуара при даній об'ємній інтенсивності подачі води і, тим самим, з'ясувати чи є охолодження достатнім.

В якості умови достатності охолодження пропонується використовувати нерівність

$$T(\varphi, z, t) \leq T_{\max}; \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi; \quad 0 \leq z \leq H, \quad (1)$$

де  $T(\varphi, z, t)$  – температура у точці  $(\varphi, z)$  на поверхні стінки вертикального сталевго резервуара висотою  $H$  в момент часу  $t$ ;  $T_{\max} = \text{const}$  – гранично припустима температура стінки резервуара. В якості такого значення доцільно обрати  $T_{\max} = 105^\circ\text{C}$ . При більших значеннях температури стінки процес кипіння інтенсифікується, внаслідок чого спостерігається відкидання водної плівки, утворюються незмочені ділянки, виникають клиноподібні струмені [2].

Традиційно охолодження має проводитися по всьому напівпериметру резервуара, оберненому в бік пожежі. При цьому і нормативні документи рекомендують певну інтенсивність подачі води, однакову для всього напівпериметра. В [3] запропоновано підхід до визначення оптимальної інтенсивності подачі води на охолодження стінки резервуара, який полягає в пошуку мінімально достатньої інтенсивності. Під достатньою розуміється така інтенсивність подачі води, яка забезпечує охолодження стінки до температури, що не перевищує априорі заданого граничного значення. При цьому припускається рівномірна інтенсивність охолодження по всьому напівпериметру з боку пожежі. Але щільність теплового потоку від пожежі не є однаковою для всієї поверхні стінки резервуара. Про це свідчить, зокрема, розподіл температури по стінці резервуара в умовах теплового впливу пожежі, отриманий в [4]. Це означає, що значення інтенсивності подачі води, отримане за алгоритмом, наведеним в [3], в дійсності є оптимальним лише для тієї частини стінки резервуара, яка нагрівається до максимальної температури. Для інших частин стінки така інтенсивність подачі води є надмірною.

Отже, з огляду на необхідність зменшення витрат води, доцільною є не рівномірна за довжиною периметра подача води на охолодження, а така, що забезпечує виконання умови (1).

Критерієм оптимізації є

$$I(\varphi) \rightarrow \min; \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi, \quad (2)$$

де  $I(\varphi)$  – об’ємна інтенсивність подачі води на охолодження стінки в точку на верхньому краї стінки з кутовою координатою  $\varphi$ . Критерій (2) разом з умовою (1) являють собою математичну постановку задачі оптимального вибору інтенсивності подачі води на охолодження вертикального сталевого резервуара в умовах пожежі. Результатом її розв’язання є функція  $I(\varphi)$ , яка описує розподіл інтенсивності подачі води на охолодження стінки периметра вертикального сталевого резервуара.

Оптимальна інтенсивність подачі води буде визначатися щільністю теплового потоку від пожежі, а також рівнем нафтопродукту в резервуарі та його типом. Вплив нафтопродукту пов’язаний із його охолоджувальною дією на стінку резервуара. Щільність теплового потоку від пожежі розливу, в свою чергу, визначається геометричними розмірами розливу, відстанню до резервуара, типом рідини, напрямком і швидкістю вітру. Все це обумовлює необхідність розв’язання задачі оптимізації (6.1), (6.2) для конкретних умов.

Введемо функцію

$$G(\varphi, I) = \max_{\substack{0 \leq z \leq H \\ 0 \leq t \leq t_{\max}}} (T_{\max} - T(\varphi, z, t, I)), \quad (3)$$

де  $T(\varphi, z, t, I)$  – температура у точці  $(\varphi, z)$  на поверхні стінки резервуара в момент часу  $t$  при сталій інтенсивності подачі води  $I$ ;  $t_{\max}$  – максимальний момент часу, до якого проводяться розрахунки розподілу температури по стінці. Цей час має бути не меншим, ніж час виходу температури стінки на усталений режим. Такий режим буде мати місце після досягнення розливом максимального розміру. При розрахунку значень  $G(\varphi, I)$  припускається, що охолодження стінки водою починається одночасно з пожежею.

Із побудови функції  $G(\varphi, I)$  випливає, що при фіксованому значенні кута  $\varphi = \varphi_0$  функція  $G(\varphi_0, I)$  є неспадною відносно інтенсивності подачі води  $I$ . При цьому

- $G(\varphi_0, I) < 0$  відповідає недостатній інтенсивності подачі води на охолодження;
- $G(\varphi_0, I) \geq 0$  відповідає достатній інтенсивності подачі води на охолодження.

Із зазначених нерівностей, а також з неспадності функції  $G(\varphi_0, I)$  за змінною  $I$  випливає, що розв’язання задачі оптимізації (1), (2) еквівалентно розв’язанню рівняння

$$G(\varphi, I) = 0; \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi. \quad (4)$$

Розв’язанням задачі (4) є  $I^*(\varphi)$  – розподіл інтенсивності подачі води вздовж периметра резервуара. Задача (4) є оберненою до задачі знаходження розподілу температури по поверхні стінки резервуара при заданій інтенсивності подачі води на охолодження.

Отже, розв’язання задачі (4) для кожного кута  $\varphi$  дозволяє скоротити витрати води на охолодження стінки резервуара за рахунок її нерівномірної подачі. З практичної точки зору доцільно розв’язувати задачу (4) з певним кроком  $\Delta\varphi$ .

## ЛІТЕРАТУРА

1. Basmanov O., Oliinyk V., Afanasenko K., Hryhorenko O., Kalchenko Y. Developing the model of water cooling an oil tank in the case of fire. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. Vol. 5/10 (131). Doi: 10.15587/1729-4061.2024.313827.
2. Воронцов Е. Г., Тананайко Ю. М. Теплообмен в жидкостных пленках. Київ: Техніка, 1972. – 194 с.
3. Basmanov O., Maksymenko M. Model for choosing optimal water flow rate for tank wall cooling. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2023. Vol. 2 (38). P. 4-16. Doi: 10.52363/2524-0226-2023-38-1
4. Oliinyk V., Basmanov O., Romanyuk I., Rashkevich O., Malovyk I Building a model of heating an oil tank under the thermal influence of a spill fire. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. Vol. 4/10 (130). P. 21-28. Doi: 10.15587/1729-4061.2024.309731

УДК 614.841

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГАСІННЯ КОМБІНОВАНИХ ПОЖЕЖ КЛАСУ А, В ТА D

*Ковалишин В.В., д-р техн. наук, професор, Марич В.М., канд. техн. наук, доцент,  
Ковалишин Вол. В., канд. техн. наук, Лозинський Р.Я., канд. техн. наук  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

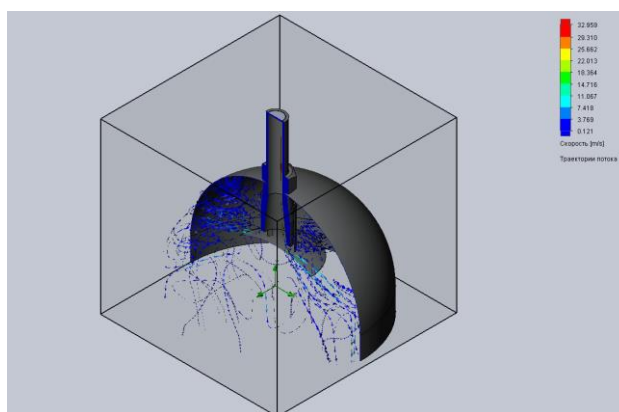
Гасіння пожеж класу D (за наявності сполук легких металів) та пожеж класу А,В є актуальним як в воєнний час так і в мирний період. Основну небезпеку пожеж даного класу становлять магній, алюміній та їх сплави, що використовують як в цивільній промисловості так військовій галузі при виготовленні запалювальних гранат [1].

Як правило, пожеж одного класу D не буває. Можуть виникати пожежі класу D з подальшим виникненням пожеж класу А, В або навпаки пожежі легкозаймистих речовин (ЛЗР) або твердих горючих речовин, з подальшим виникненням пожеж класу D. Для гасіння таких пожеж необхідно використовувати вогнегасні речовини комбінованої дії, та засоби їх подачі.

Аналізуючи результати моделювання насадки-заспокоювача та експериментальну перевірку адекватності змодельованих процесів в існуючій насадці-заспокоювач [2] визначимо основні показники, які потрібно врахувати для вдосконалення насадки-заспокоювача:

- збільшити довжину трубопроводу для безпечного гасіння пожежі;
- збільшити інтенсивність подавання порошку та врахувати можливість подавати піни;
- для виготовлення насадки-заспокоювача необхідно використовувати нержавіючий метал, який буде стійким до корозії;
- необхідно об'єднати конструкцію насадки-заспокоювача, з врахуванням стійкості та довговічності.

Під час врахування даних показників пропонуємо використовувати вдосконалену насадку заспокоювач рис. 1.



**Рисунок 1** – Вдосконалена насадка-заспокоювача

Під час гасіння комбінованої пожежі використовуємо переносну установка порошково-пінного гасіння, яка складається з ВВП-12 та ВП-12 зарядженим порошком КМ-3, а також вдосконалену насадку заспокоювач рис. 2.

Розпалюємо за допомогою факела магній. Даємо розгорітись магнію на 2/3 площі, в цей час починає горіти ящикотара (дерев'яні бруски). Вільне горіння відбувається 3 хвилини.

Спочатку подаємо вогнегасний порошок КМ-3 [3,4] з вогнегасника ВП-12, а потім накриваємо піною підвищеної стійкості або компресійною піною можливої площі горіння.



## ОРГАНІЗАЦІЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Пірометром вимірюємо температуру горіння з відстані 1,5 м. Вона становить 1500 °С. Подаємо порошок КМ-3 на ошурки магнію шаром приблизно 2 см і більше, щоб не було прогарів над ошурками, і як запропоновано у 2 розділі. Подавання струменю проводимо з відстані 0,25-0,35 м., рухаємось від ближнього до дальнього борта дека. Гасіння проводимо з навітряної сторони. Переводимо струмінь частково на дерев'яні матеріали, які горять на межі пожеж класу А і D. Пригашуємо горіння дерева до закінчення порошку. Але тління дерева продовжується, ящикотара (дерев'яні бруски), не накрита порошком, горить, горить і деко з мазутом та дизелем. Після цього подаємо піну низької кратності з вогнегасника ВВП-12. Після гасіння визначаємо шар порошку над сплавом магнію. Він становить 3,1 см.[5].



**Рисунок 2** – Гасіння комбінованої пожежі деревини і магнію після подавання порошку піною підвищеної стійкості

Гасіння макетної пожежі пройшло успішно. Порошок накрив магнієві ошурки, на верхньому шарі утворилась кірка. Піна, яка потрапила на цей шар, не зруйнувалась. Вибухів від потрапляння води на окремі частинки магнію від розкладання піни не спостерігалось. Крім того піною (компресійною піною) підвищеної стійкості накрили вогнище класу А, горіння дерев'яних брусків, ящиків. Горіння було ліквідоване за допомогою розробленої насадки-заспокоювача на площі 2 м<sup>2</sup> за 40 с.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Ковалишин В. В., Петровський В. Л., Веселівський Р. Б., Марич В. М., Ковалишин Вол. В., Великий Н. Р. Аналіз та проблеми гасіння комбінованих пожеж за наявності легких металів чи фосфорних сполук. Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, Львів, 1 жовтня 2022. – Львів: ЛДУБЖД, 2022. – С. 303-305;
2. Kovalyshyn V. V., Marych V. M., Novitskyi Y. M., Gusar B. M., Chernetskiy V. V., Mirus O. L. Improvement of a discharge nozzle damping attachment to suppress fires of class D. *Efst-ern-European Journal of Enterprise Technogies*. 2018. Vol. 5. № 5 (95). P. 68–76;
3. Вогнегасний порошок для гасіння легких металів, електроустановок під напругою за наявності магнію, алюмінію та їх сплавів. Ковалишин В. В., Марич В. М., Ковалишин Вол. В., Гусар Б. М., Кирилів Я. Б. Пат. на винахід 124876 Україна: МПК (2021.01), А62D 1/00 № а 2018 01936; заявл. 26.02.2018; опубл. 08.12.2021. Бюл. № 49. 4 с.;
4. Вогнегасний порошок спеціального призначення для комбінованого гасіння пожеж класу D, А, В. Ковалишин В. В., Гусар Б. М., Марич В. М., Ковалишин Вол. В. Пат. на корисну модель 145068 Україна: МПК (2020.01), А62D 1/00 № u 2019 11577; заявл. 02.12.2019; опубл. 25.11.2020. Бюл. № 22. 3 с.;
5. Звіт науково-дослідної роботи «Вдосконалення технології гасіння комбінованих пожеж за наявності легких металів чи фосфорних сполук», виконавці: Ковалишин В. В., Веселівський Р. Б., Марич В. М., Ковалишин Вол. В., Петровський В. Л., Пастухов П. В., Великий Н. Р., номер державної реєстрації № 0122U200807. Львів: ЛДУБЖД. 2023 – 123 с.

УДК 614.841

## ВИПРОБУВАННЯ ПІДКАСНИКІВ ДЛЯ ПОЖЕЖНИХ-РЯТУВАЛЬНИКІВ

Діана ПАВЛОВСЬКА,  
 Пархоменко В.-П.О., канд. техн. наук, доцент,  
 Пархоменко Р.В., канд. техн. наук, доцент  
 Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Обов'язковою частиною захисного одягу пожежного-рятувальника є підкасник. Підкасник – спеціальне захисне спорядження, яке одягається під каску пожежника та призначене для захисту шиї та голови, а також деяких ділянок обличчя від впливу небезпечних факторів пожежі та вогнегасних речовин під час гасіння пожеж і пожежно-рятувальних робіт. Щоб повною мірою захистити від небезпечних факторів пожежі та вогнегасних речовин підкасник повинен відповідати певним вимогам за розмірами, асортиментом матеріалів, зовнішнім виглядом та якістю виготовлення.

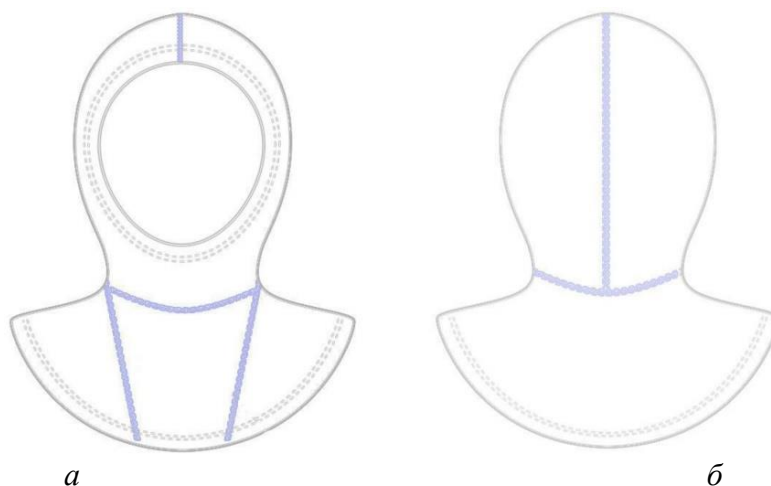


Рисунок – 1 Схематичне зображення підкасника для пожежного-рятувальника: вигляд спереду а та ззаду б

Підкасник виготовляється з двох шарів основного матеріалу, гладкопофарбованого арамідного трикотажного полотна переплетення кулірна гладь. Він складається із трьох деталей (основної, нагрудної та плечової) з'єднаних між собою чотирьохлінійною шестинитковою пласкою строчкою, який навіть має свій код стібка. Низ предмета обробляється швом упідгин з відкритим зрізом шириною  $(2,0 \pm 0,2)$  см тринитковою дволінійною пласкою ланцюговою строчкою. Усі кінці швів, а також розриви швів, фіксуються зворотнім стібком або закріпкою, кінці ниток – обрізані. У готових підкасників не допускаються пропуски стібків у строчках, скривлення швів, розриви строчок та інші дефекти.

До основних матеріалів та ниток ставляться певні вимоги, стосовно яких потім проводяться випробування. Має бути трикотажне гладкопофарбоване полотно із нефарбованих арамідних волокон (жовтого кольору), переплетення кулірна гладь (лицьовий і виворітний малюнки відрізняються один від одного. На лицьовій поверхні мають чітко проглядатись «кіски», які характерні для в'язаного полотна. На виворітній стороні мають добре виділятися горизонтальні смуги. Нитки для з'єднання усіх деталей повинні бути виготовлені із арамідних волокон у кольорі самого підкасника.

Одним з видів випробувань на якість матеріалів є стійкість до пілінгу, вона має складати не більше 5 пілей на  $100 \text{ см}^2$ . Типом переплетення має бути лиш кулірна гладь.

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

Кількість петельних рядків відповідати не менше 200 петель на 10 см, а кількість петельних стовпчиків відповідати не менше ніж 110 петель на 10 см. Також одним з видів випробувань для показника якості основного матеріалу є обмежене поширення полум'я. Зразок не повинен давати палаючих чи розплавлених фрагментів, полум'я не повинно досягати боків, чи верхнього краю проби, не повинно утворюватись дір, тривалість залишкового тління не має перевищувати 2 с, тривалість залишкового горіння не має перевищувати 2 с. При випробуванні на теплостійкість за температури  $(300 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , протягом 5 хвилин зразок не повинен обвуглюватись, руйнуватись або займатися та не повинен давати усадку більше ніж на 5 % в напрямку вздовж та поперек волокон. Ступінь тривкості пофарбування до прання при  $60 ^\circ\text{C}$ , ступінь тривкості пофарбування до сухого тертя, ступінь тривкості пофарбування до "поту", не менше 5, та вміст формальдегіду не має бути більше ніж 50 мкг/г.

Також є певні вимоги та випробування до всіх шарів основного матеріалу, тобто в загальному до підкасника. Теплопередача полум'я має бути не менше НТІ24 15,0 с; НТІ24-12 4,0 с. Теплопередача випромінювання за густини теплового потоку  $20 \text{ кВт/м}^2$ , не менше РНТІ24 25,0 с; РНТІ24-12 4,0 с. Зміна лінійних розмірів після прання та сушіння. Після випробувань на зміну лінійних розмірів зразок, що випробовується, не повинен давати усадку більше ніж на 5% у напрямку вздовж і поперек волокон.

Виробник або постачальник підкаснику для підтвердження якості продукції повинен надати оригінали, або відповідні копії завірені належним чином органом або організацією, що їх видав (у випадку надання протоколів та сертифікатів, що не належать виробнику або постачальнику додатково надається письмова згода власника на використання таких документів). Мають бути оригінали таких документів, як сертифікат експертизи зразка виданий незалежним органом або організацією на відповідність за розмірами, асортиментом матеріалів, зовнішнім виглядом та якістю виготовленн. Також основним документом є протоколи випробувань (вимірювань) на перевірку відповідності всіх вимог щодо якості основних матеріалів та пакету матеріалів видані незалежним органом або організацією, що проводить випробування (вимірювання), які акредитовані (атестовані) Національним агентством з акредитації України, із зазначеними в них відомостей про проведення відповідних лабораторних випробувань (вимірювань), виробника матеріалів, артиклю та іншої інформації, яка дає змогу ідентифікувати матеріал. Всі, без винятку, протоколи випробувань (вимірювань) обов'язково повинні містити дані щодо назв випробувального обладнання та засобів вимірювальної техніки, які застосовувались лабораторією під час проведення випробувань, а також їх метрологічні характеристики та відповідні дати чинності свідоцтв про верифікацію та калібрування. До протоколів обов'язково додаються зразки-свідки розміром  $20*30$  см для матеріалу. Зразки-свідки є невід'ємною частиною протоколів випробувань (вимірювань).

Проблемою використання особовим складом пожежних-рятувальників є те що велика кількість осіб не вміють правило доглядати за ними, що в свою чергу буде впливати як на якість підкасників та здоров'я рятувальників. Тому актуальною тематикою для подальших досліджень є проведення експериментів з дотримання вимог пожежних підкасників нових та вживаних взірців, в яких не вийшов термін придатності.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Наказ ДСНС України від 15.04.2024 року № 411 «Про затвердження технічних вимог на підкасник (пожежника захисний)».
2. Наказ МВС України від 15.06.2017 року № 511 «Про затвердження Порядку організації службової підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту».
3. Наказ ДСНС України від 29.03.2024 року № 349 «Про затвердження Норм забезпечення речовим майном і табельної належності, витрат і термінів пожежно-рятувальної та аварійно-рятувальної техніки, експлуатації пожежно-рятувального, технологічного і гаражного обладнання, інструменту, індивідуального оснащення та спорядження, ремонтно-експлуатаційних матеріалів, меблів та інвентарю підрозділів ДСНС України та установ і організацій сфери управління ДСНС».

## СЕКЦІЯ 5 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

УДК 656.13

### ВПЛИВ ЧИННИКІВ НА ТРИВАЛІСТЬ РУХУ ПОЖЕЖНОГО АВТОМОБІЛЯ ДО МІСЦЯ ВИКЛИКУ

*Паснак І.В., канд. техн. наук, доцент  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Відомо, що тривалість руху пожежного автомобіля до місця виклику безпосередньо впливає на тривалість вільного розвитку пожежі. В роботі [1] наведена залежність, яка дає змогу оцінити площу пожежі в залежності від тривалості її вільного розвитку та лінійної швидкості розповсюдження. Тут також бачимо, що навіть доволі невелике зменшення тривалості вільного розвитку пожежі дасть змогу суттєво зменшити площу пожежі та, відповідно, обсяг завданих нею збитків. Власне, досягти зменшення тривалості вільного розвитку пожежі можливо в тому числі шляхом оптимізації впливу чинників у процесі руху пожежного автомобіля. Тому, зменшення тривалості руху пожежного автомобіля до місця виклику (зокрема, шляхом дослідження особливостей впливу різноманітних чинників на цей процес) залишається актуальним завданням.

Варто відзначити, що на пропускну здатність вулично-дорожньої мережі мають вплив багато різноманітних чинників, серед яких дорожні та погодні умови, склад транспортного потоку, психофізіологічні особливості водіїв тощо. Аналіз чинників впливу на тривалість руху пожежного автомобіля до місця виклику розглядається у низці наукових публікацій, зокрема [1-4]. Однак, в умовах міста також доцільно розглядати також і вплив вуличного паркування транспортних засобів, що, своєю чергою, може впливати на транспортний потік. Особливо це помітно в центральних районах міста, де вплив паркування вдовж вулиць може мати вагомий вплив на рух транспортних засобів, у тому числі й оперативних, які прямують до місця виклику.

Також у контексті розвитку інтелектуальних транспортних систем, зокрема адаптивного управління світлофорними об'єктами, актуальним є питання забезпечення безперешкодного проїзду оперативним транспортом перехресть. Увімкнення заборонного сигналу світлофора для інших учасників дорожнього руху при наближенні оперативного автомобіля до перехрестя дасть змогу вивільнити перехрестя для безперешкодного проїзду такого транспортного засобу. Такий підхід, окрім зменшення ризику виникнення дорожньо-транспортних пригод, також дасть змогу зменшити тривалість доїзду до місця виклику автомобілів пожежно-рятувальної служби.

З викладеного бачимо, що існує доволі широкий спектр чинників, що тією чи іншою мірою можуть впливати на швидкість прибуття оперативних транспортних засобів до місця виклику. Тому, дослідження особливостей впливу чинників на тривалість руху пожежного автомобіля до місця виклику є доволі актуальним завданням, вирішення якого дасть змогу, своєю чергою, зменшити тривалість вільного розвитку пожежі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Pasnak, I., Prydatko, O., Gavrilyk, A., Kolesnikova, A., & Gangyr, Y. (2016). Analiz chynnykiv vplyvu na tryvalist sliduvannia pozhezhnoho avtomobilia do mistisia vyklyku. Scientific Journal of National Forestry University of Ukraine, 26(1), 286-291.

2. Hulida, E. M., Pasnak, I. V., & Vasilyeva, E. E. (2017). Methodology for reducing the duration of the free development of fire. *Safety & Fire Technology*, 48(4), 80-87.
3. Prydatko, V., Chalyu, D., Prydatko, O., & Kobko, V. (2023). Аналітичний огляд методів та параметрів оптимізації зон обслуговування рятувальних підрозділів. *Пожежна безпека*, 43, 123-136.
4. Pasnak, I., & Renkas, A. (2020). Optimization of the duration of emergency vehicle movement to the place of fire. *Transport problems*, 15(4, cz. 1), 117-124.

**УДК 614.842**

## **ВОДОПОГЛИНАННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИВІВ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗАЛЕЖНО ВІД НАПОВНЮВАЧІВ**

*Андрій БЕРЕЗОВСЬКИЙ, канд. техн. наук, доцент, Богдан КОПИЛ  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України*

Будівельні норми вимагають проектування з урахуванням міркувань безпеки, що часто суперечить сучасним, витонченим архітектурним стилям. Адже, вогнезахист металевих конструкцій є надважливим фактором в забезпеченні протипожежного захисту як конкретної будівельної конструкції так і всієї будівлі в цілому [1, 2]. У огляді [3] описані деякі недавні роботи, пов'язані з розробкою вогнезахисного покриття, що спучується, придатного для захисту негорючих підкладок, таких як конструкційна сталь, від вогню.

В роботі [4] показано, що інтумесцентні покриття, незалежно від природи полімерного зв'язуючого, в умовах вологості знижують вогнезахисні властивості в середньому на 10%. Втрата вогнестійкості покриття відбувається за рахунок вилугування пентаеритриту, поліфосфату амонію та деструкції полімеру в результаті гідролізу. Автори пропонують вводити наноглини в досліджувану систему, це створює бар'єрний ефект і максимально покращує хімічну формулу вогнезахисного покриття.

Із метою зменшення сорбції води високонаповнених водних дисперсій останнім часом як нанорозмірний модифікатор використовують гідрофобізований діоксид кремнію [4]. Діоксид кремнію, володіючи сильними електричними полями, виконує також роль стабілізатора водних дисперсій полімерів [5], запобігає осіданню наповнювачів, надає седиментаційної стійкості й тиксотропних властивостей високонаповненим водно-дисперсійним покриттям [6].

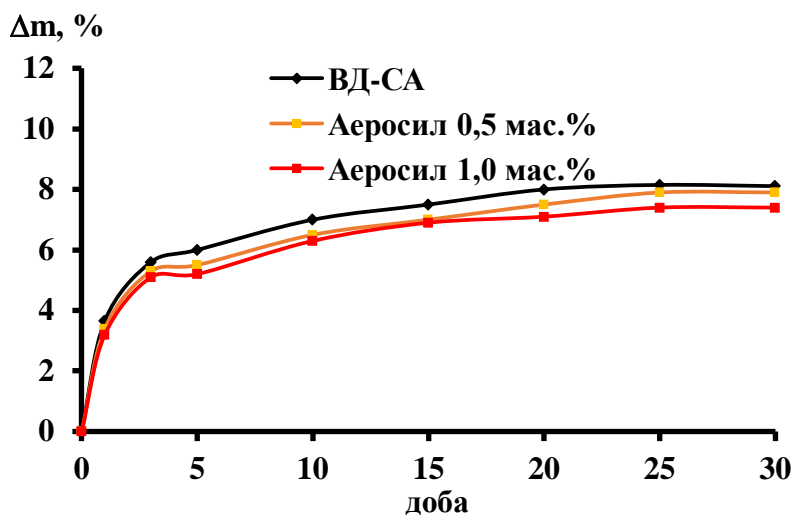
Для оцінки водопоглинання підготовлені скляні пластинки розміром 30×30×1 мм з дослідними покриттями занурювали у дистильовану воду (температура води 23 ± 2 °С), через задані проміжки часу (1, 3, 5, 10, 15, 20, 25 та 30 діб) пластинки послідовно виймали з води, залишки вологи ретельно видаляли фільтрувальним папером, витримували зразок протягом 1 години при температурі 40 °С і зважували. Зміну маси ( $\Delta m$ , %) для кожного зразка розраховували за наступною формулою:

$$\Delta m = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

де  $m_0$  і  $m_1$  – маса покриття до і після занурення в воду, відповідно, г.

Проводили три паралельні вимірювання зміни маси і визначали середнє значення. Похибка вимірів не перевищувала 5%.

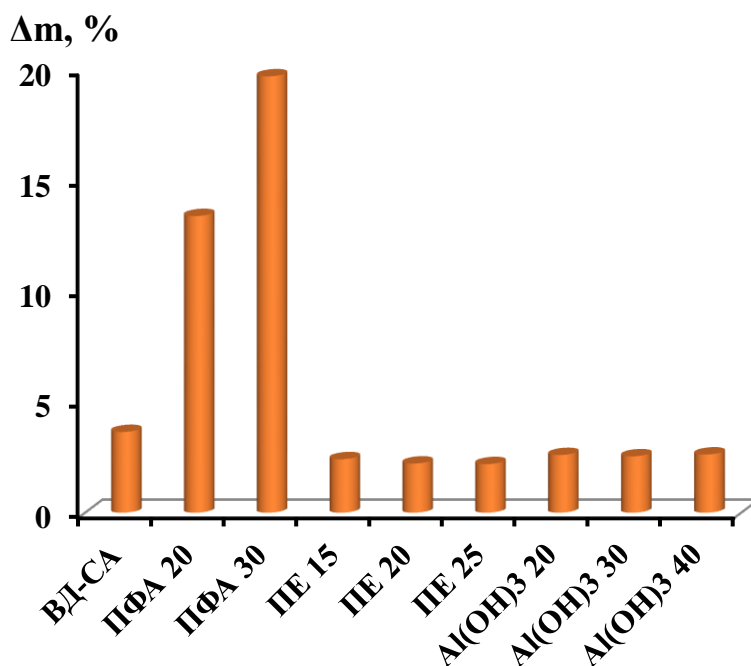
На рис.1 представлено залежності впливу кількісного вмісту гідрофобізованого аеросилу (0,5; 1,0 мас.%) на водопоглинання досліджуваної стирол-акрилової водної дисперсії (ВД-СА).



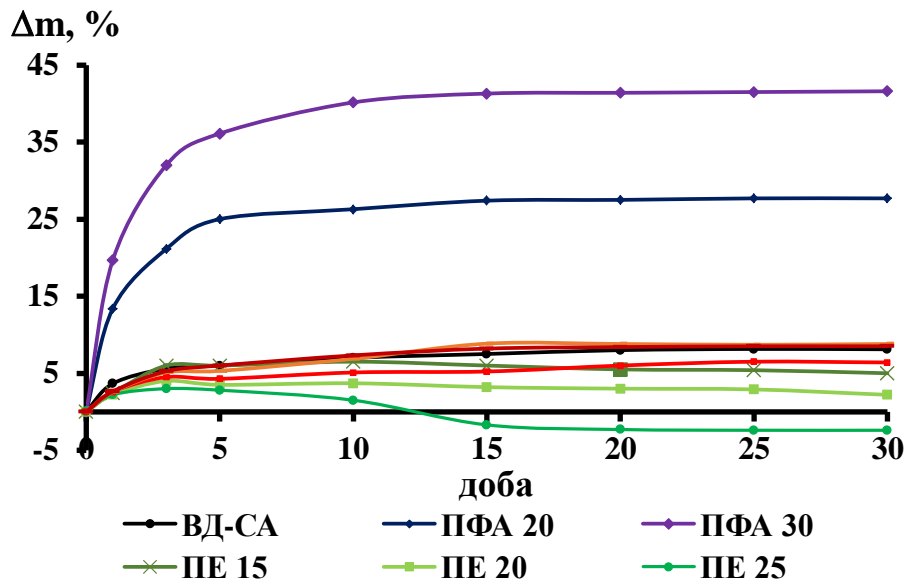
**Рисунок 1** – Залежність впливу кількісного вмісту аеросилу (0,5; 1,0 мас.%) на водопоглинання досліджуваної стирол-акрилової дисперсії

Наведенні залежності рис. 1 показують, що введення малих добавок аеросилу (0,5 та 1,0 мас. %) дозволяє знизити водопоглинання досліджуваних зразків ВД-СА на 2,5 – 9 % відповідно. Ймовірно, це пов'язано із заповненням вільних вакансій в об'ємі сформованої плівки частинками аеросилу з високою питомою поверхнею та формуванням граничного шару гідрофобізованого аеросилу на поверхні стирол-акрилової плівки.

На рис. 2 та рис. 3 представлено залежності впливу кількісного вмісту інтумесцентних наповнювачів (ПФА=20, 30; ПЕ=15, 20, 25;  $Al(OH)_3$ =20, 30, 40 мас.%) за перші 24 години (рис. 2) та протягом 30 діб (рис. 3) на водопоглинання досліджуваних плівок ВД-СА.



**Рисунок 2** – Залежність впливу кількісного вмісту інтумесцентних наповнювачів за перші 24 години експозиції (ПФА=20, 30; ПЕ=15, 20, 25;  $Al(OH)_3$ =20, 30, 40 мас.%) на водопоглинання досліджуваних плівок ВД-СА



**Рисунок 3** – Залежність впливу кількісного вмісту інтумесцентних наповнювачів (ПФА=20, 30; ПЕ=15, 20, 25;  $Al(OH)_3$ =20, 30, 40 мас.%) протягом 30 діб на водопоглинання досліджуваних плівок ВД-СА

На даних графіках (рис. 2 та рис. 3) можна побачити залежність показника водопоглинання від часу витримки зразків у воді. У перші 24 години експозиції у воді найбільшу водопоглинаючу дію проявляє фосфоровмісний антипірен ПФА (від 3,17 до 5,4 разів). Покриви, наповненні гідроксидом алюмінію в кількості 20 мас. % має менше водопоглинання (на 2 %) в порівнянні з ВД-СА. Водопоглинання зростає досить повільно та врівноважується, що свідчить про максимальне набухання полімерної плівки.

Зниження водопоглинання стирол-акрилових покриттів, наповнених при введенні гідрофобізованого аеросилу, імовірно, пов'язане з тим, що дрібнодисперсний аеросил із високою питомою поверхнею ( $300 \text{ м}^2/\text{г}$ ) формує більш щільно упаковану структуру, що призводить до зменшення дефектності поверхні стирол-акрилового покриття. Локалізація на поверхні дефектних структур частинок гідрофобізованого аеросилу також спричиняє зменшення змочування цих структур водою, унаслідок чого погіршується змочування поверхні стирол-акрилового покриття та знижується дефектність його структури.

Отримані результати водопоглинання стирол-акрилових покриттів можуть бути інтерпретовані з точки зору збільшення вкладу бар'єрного ефекту аеросилу в системах з високою в'язкістю, що зберігає хімічний склад інтумесцентного покриття. Розроблені покриття можуть експлуатуватися на межі вода-повітря, низьке водопоглинання свідчить про його високі захисні характеристики.

Подальшим напрямком досліджень буде вплив інтумесцентних наповнювачів на експлуатаційні характеристики водно-дисперсійних покриттів. Наявність таких досліджень було б основою для систематизації та узагальнення з метою створення водостійких вогнезахисних покриттів.

Отже, отримані результати можуть бути використані при розробці водостійких вогнезахисних покриттів для металоконструкцій на основі системи поліфосфат амонію/пентаеритрит/ алюмінію гідроксид /стирол-акрилова дисперсія.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Yasir M., Ahmad F., Yusoff P. S. M. M., Ullah S., Jimenez M. Latest trends for structural steel protection by using intumescent fire protective coatings: a review. *Surface Engineering*. 2019. № 36 (4). С. 334–363.

2. Андриющенко Л., Борисенко В., Горонескуль М., Кудін О. Інтумесцентні вогнезахисні покриття у сучасному будівництві (огляд). *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2019. № 1(29). С. 121-138.
3. Mariappan T. Recent developments of intumescent fire protection coatings for structural steel: A review. *Journal of Fire Sciences*. 2016. № 34(2). С. 120–163.
4. Березовський А., Копил Б., Іщенко І., Саєнко Н. Вплив співвідношення вогнезахисних компонентів на вогнезахисну ефективність покриттів металевих конструкцій на водній основі. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. 2023. 7(2), 19-28.
5. Демідов Д. В., Саєнко Н. В., Попов Ю. В., Биков Р. О., Уманська Т. І. Реологічні та енергетичні характеристики високонаповнених акрил-стирольних водних дисперсій. *Науковий вісник будівництва*. 2018. 94 (4), 171-177.
6. Makarov A. S., Andreeva I. A., Tretinnik V. Y. Rheological properties of polymer-containing aqueous aerosil dispersions, *Colloid Journal*. 2001. Vol. 63, №. 6, pp. 731-737.
7. Saienko N. V., Bikov R., Skripinets A., Demidov D. V. (2021). Research of the influence of silicate fillers on water absorption and microstructure of styrene-acrylic dispersion coatings. *In Materials Science Forum*. 2021. Vol. 1038, pp. 61-67. Trans Tech Publications Ltd.

## УДК 614.8

### ВПЛИВ НАСАДКИ «ЗАСПОКОЮВАЧА» НА ПОДАЧУ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ

*Великий Н.Р., ад'юнкт,  
Ковалишин В.В., д-р техн. наук, професор,  
Лозинський Р.Я., канд. техн. наук, доцент,  
Ковалишин Вол.В., канд. техн. наук, доцент  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Компресійна піна – це однорідна дрібноструктурна піна низької кратності, отримана шляхом змішування піноутворювача, води та стиснутого повітря або азоту [1]. Згідно проведеного аналізу можна зробити висновок, що системи з використання компресійної піни набирають стрімкого поширення, такі технології не передбачають використання великої кількості води і доволі широко застосовуються у багатьох країнах світу. Основні переваги компресійної піни: менші затрати часу на гасіння пожежі, менші витрати води та піноутворювача води (2-5 рази) і піни (5-15 разів), можливість подавання піни на велику відстань, а також гасіння електрообладнання [2]. При горінні легкозаймистих речовин на великій площі є необхідність їх ізолювати. Це можна зробити за допомогою компресійної піни. На основі досліджень УкрНДІЦЗ [3] кращі результати показали піноутворювачі підвищеної стійкості «Барс S-2». Проведено серію досліджень на вітчизняних піноутворювачах, «Пірена», «Барс S-1» «Барс S-2», і визначено кращий з них для створення компресійної піни. При горінні легкозаймистих речовин утворюється висока температура, що негативно впливає на можливості пожежних розрахунків, а саме – не дає можливості гасити пожежу з близьких відстаней.

Для проведення лабораторних досліджень було створено насадку «заспокоювач», яка також може використовуватись для гасіння комбінованих пожеж через подачу вогнегасного порошку та компресійної піни. Сама насадка кріпиться на трубу-подовжувач (Рис. 1.), що дозволяє пожежнику знаходитись на певній відстані від осередка пожежі.



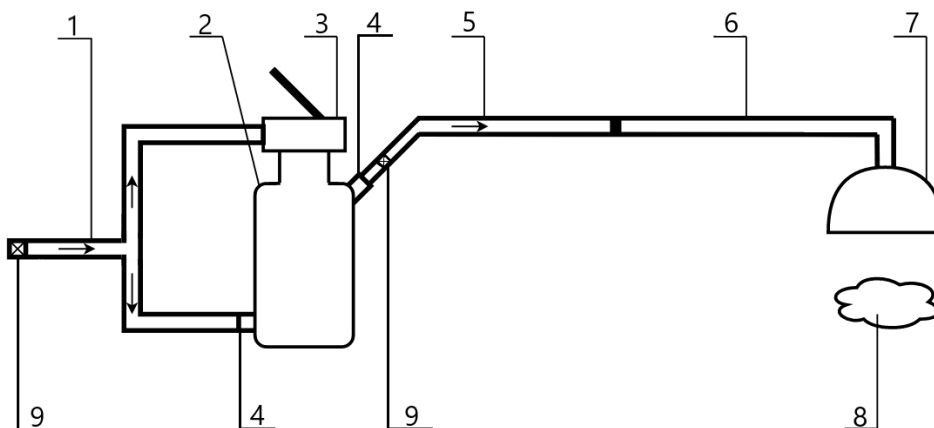


**Рисунок 1** – Загальний вигляд насадки «заспокоювача» та труби-подовжувача із запірними вентиллями

Насадка «заспокоювач» як і труба-подовжувач зроблені з нержавіючої сталі. Матеріал має високу температуру плавлення та є легким, що дає змогу довший час працювати в зоні високих температур. Принцип подачі компресійної піни через насадку «заспокоювач» доволі простий, але потребує злагодженої роботи як мінімум двох людей:

- I – тримає трубу-подовжувач та напрямляє насадку «заспокоювач» до осередку пожежі;
- II – відкриває запірні вентиллі та регулює тиск в редукторі.

Відповідно до поставленої задачі, генерування та подавання вогнегасної піни відбувається поетапно: подавання стисненого повітря через редуктор із створенням робочого тиску (5-10 атм) в корпусі вогнегасника (12л), в якому заправлений розчин піноутворювача (6%) з подальшим утворенням та подаванням компресійної піни до місця модельного вогнища через насадку-заспокоювач.



**Рисунок 2** – Схема для подавання компресійної піни з використанням насадки «заспокоювача»: 1 – трубопровід для подавання повітря; 2 – балон з 6% розчином піноутворювача Барс S-2; 3 – запірно-пусковий пристрій для регулювання кратності піни; 4 – штуцер для приєднання шлангів; 5 – шланг (рукав); 6 – труба-подовжувач; 7 – насадка заспокоювач; 8 – компресійна піна; 9 – запірний вентиль

В результаті, на виході, ми отримуємо густу компресійну піну низької кратності з високою стійкістю та хорошими показниками адгезії (Рис. 3.). Вогнегасні властивості та перспективи використання даного способу наразі вивчаються.



**Рисунок 3** – Загальний вигляд компресійної піни, яка була згенерована через насадку заспокоювач

Підсумовуючи вищевикладене можемо сказати, що використання насадки «заспокоювача» позитивно впливає на процес створення компресійної піни. В майбутньому будуть проведені більш детальні дослідження задля визначення витрати повітря, а також для встановлення оптимального тиску в редукторі. Плануються і випробування по гасінню ЛЗР та ГР компресійною піною із застосуванням насадки «заспокоювача».

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Вілінський Р.В. Гаврилюк А.Ф. Аналіз використання компресійної піни. Львівський державний університет безпеки життєдіяльності // Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: зб. наук. праць XV Міжнар. наук.-практ. конф. Молодих вчених, курсантів та студентів. Львів, 2020. С.16-17;
2. Kovalyshyn, V., Velykyi, N., Kovalyshyn, V., Voitovych, T., & Sorochych, M. (2021). ЗАСОБИ ОТРИМАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ. *Пожезна безпека*, 39, 94-104;
3. Розроблення технічного засобу пожежогасіння компресійною піною та дослідження його характеристик : звіт про НДР (остаточний) / ІДУ НД ЦЗ ДСНС України; – Київ, 2020. – 405 с. – № ДР 0119U100618;

**АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ**

*Кривошеї Б.І., канд. техн. наук, доцент, Калиновський А.Я., канд. техн. наук, доцент  
Національний університет цивільного захисту України*

На сьогодні в Україні відзначається високий рівень надзвичайних ситуацій, що призводить до значних людських жертв та травм. Це підкреслює важливість та необхідність проведення пошуково-рятувальних робіт, які є одними з основних видів аварійно-рятувальних заходів. Така діяльність є необхідною для мінімізації наслідків катастроф і збереження життя та здоров'я людей.

Основними факторами, що визначають необхідність проведення пошуково-рятувальних операцій, є: загроза життю та здоров'ю населення; небезпека вибухів, пожеж, обвалів; зниження концентрації кисню в повітрі до рівня менше ніж 18%; а також можливість обвалення, затоплення чи утоплення. Метою пошуково-рятувальних робіт є своєчасний пошук постраждалих, їх порятунок та надання екстреної медичної допомоги. Для здійснення таких заходів активно використовуються як наземна, так і авіаційна техніка.

З розвитком новітніх технологій значно підвищується ефективність пошуково-рятувальних робіт. Одним із важливих досягнень є застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА), що дає змогу оптимізувати процеси пошуку та рятування постраждалих. Це дозволяє оперативно здійснювати обстеження великих територій у важкодоступних районах, таких як ліси, гори та інші складні ландшафти. БПЛА використовуються для пошуку потерпілих після природних катастроф, таких як повені, землетруси, лавини.

Основними вимогами до БПЛА для виконання пошуково-рятувальних операцій є: оснащення камерами з високим розширенням, наявність GPS-наведення, здатність "зависати" на певній висоті, функція автоповернення в екстрених ситуаціях, підвищена автономність та дальність управління. Важливою характеристикою є можливість застосування БПЛА для різних видів пошуку, зокрема: контрольного, пошуку за викликом та пошуку на рубежі.

Контрольний пошук передбачає обстеження заданої території без попередніх даних про місцезнаходження об'єкта. Пошук за викликом здійснюється в тих випадках, коли є точні дані про місце розташування об'єкта, а пошук на рубежі застосовується для виявлення об'єкта, що перетинає визначену лінію. Вибір висоти польоту для БПЛА залежить від типу апарата та умов місцевості: для літакоподібних БПЛА висота не повинна перевищувати 500–600 м, а для квадрокоптерів — 200–300 м.

У процесі пошуково-рятувальних робіт необхідно точно фіксувати такі дані: час і координати виявлення постраждалих, їх фізичний стан, умови навколишнього середовища, а також будь-яку іншу інформацію, що може бути корисною для оперативного прийняття рішень. Водночас, ефективність застосування БПЛА значною мірою залежить від професіоналізму операторів, їх підготовленості та досвіду роботи з технікою.

Для підвищення кваліфікації пілотів БПЛА та інших фахівців, залучених до пошуково-рятувальних робіт, необхідно розробити спеціалізовані тренажери, що дозволяють відпрацьовувати реалістичні сценарії пошукових операцій. Крім того, для фахівців необхідно впроваджувати постійну систему навчання, включаючи підвищення кваліфікації і підготовку нових кадрів, що здатні ефективно використовувати безпілотні авіаційні комплекси.

Зазначену проблему можна вирішити також через залучення до навчального процесу фахівців із льотною та інженерною підготовкою, що дозволить створити кваліфіковані групи для ефективного застосування БПЛА в умовах ДСНС.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Про допуск до експлуатації безпілотних літальних апаратів: Наказ ДСНС України № 675 від 20.11.2018 р.

УДК 691.923

## АНАЛІЗ МЕТОДИКИ ВИМІРЮВАННЯ ЗМІЩЕННЯ ОБПЛЕТЕННЯ СТАТИЧНИХ МОТУЗОК ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ СТАНДАРТУ EN 1891-1998

*Мельниченко А.С., доктор філософії, Іваненко Я.С.  
Національний університет цивільного захисту України*

Обплетення та сердечник мотузки можуть зміщуватися відносно один одного, що може призвести до потенційно небезпечних ситуацій. Обплетення може стиснутися гармошкою, оголивши білі жили сердечника на кінці мотузки. Менш помітна і небезпечніша ситуація відбувається, коли під оплеткою не залишається сердечника і кінець мотузки є м'якою панчохою, яка і серйозних навантажень не витримає, і крізь страховочно-спусковий пристрій зі свистом прослизне.

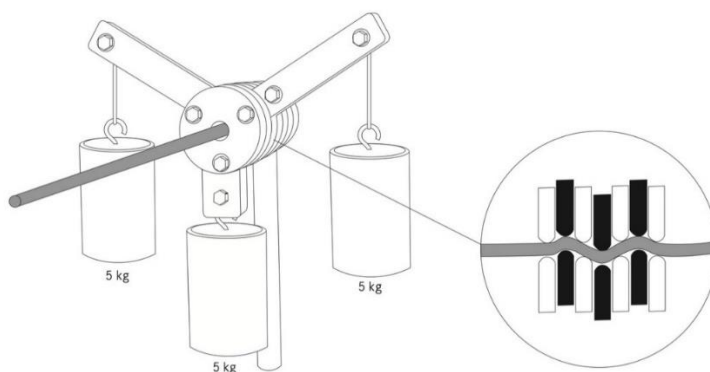
Основною причиною зміщення обплетення, як правило, виступають множинні спуски мотузкою. Втім, сучасні статичні мотузки рідко страждають від суттєвого зсуву обплетення, тим більше що все частіше виробниками застосовуються різні технології «склеювання» сердечника з обплетенням. Проте про можливість їх зміщення знати потрібно.

Вимога EN 1891: на відрізок мотузки довжиною 19,3 м зміщення обплетення щодо осердя не повинно перевищувати:

- для канатів типу А діаметром до 12 мм трохи більше  $20 + 10 (D - 9)$  мм;
- для канатів типу А діаметром від 12,1 до 16 мм трохи більше  $20 + 5 (D - 12)$  мм;
- для канатів типу В – 15 мм.

Так, наприклад, зміщення обплетення статичної мотузки типу А діаметром 11 мм не повинно перевищувати  $20 + 10 \times (11 - 9) = 40$  мм, або 2%. Відповідно, якщо загальна довжина нашої мотузки становить 50 м, то максимальне зміщення обплетення не повинно перевищувати 1 м.

Для визначення параметрів зсуву обплетення випробувальний зразок мотузки протягують через спеціальний пристрій, де вільному руху зразка перешкоджає зусилля, що призводить до зсуву оплетки щодо осердя.



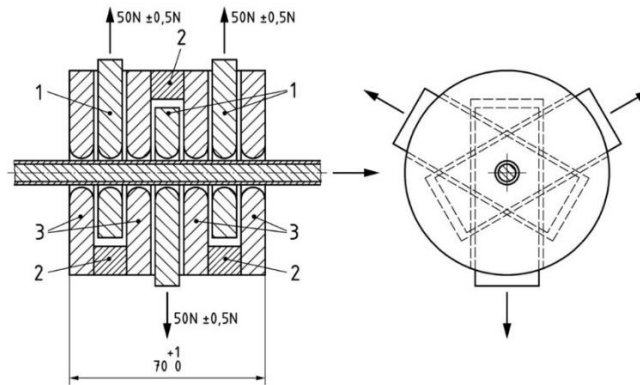
**Рисунок 1** – Пристрій для вимірювання зсуву оплетки мотузки.

Як випробувальний зразок використовується відрізок мотузки завдовжки 2250 мм. На одному кінці обплетення і сердечник зразка сплавляють воедино. Інший кінець обрізають під прямим кутом до осі мотузки.

Пристрій для вимірювання зсуву обплетення - це каркас, виготовлений із семи сталевих пластин. Чотири з них - фіксовані, а три - рухомі і здатні зміщуватися вздовж заданого вектора. Осі рухомих пластин розташовуються на одній площині під кутом  $120^\circ$  друг до друга. Кожна з семи пластин має отвір діаметром 12 (+1) мм для випробування мотузок діаметром до 12 мм і отвір діаметром 16 (+1) мм - для випробування мотузок діаметром від

## ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

12,1 до 16 мм. Рухомі пластини мають функцію блокування, при використанні якої отвори всіх пластин знаходяться на одній лінії вздовж центральної осі. Кожна з рухомих пластин здатна створювати навантаження у своєму напрямку 50 Н на випробуваний зразок, що приблизно еквівалентно 5 кг. Пристрій для зсуву обплетення фіксується горизонтально, при цьому зразок мотузки повинен лежати в одній площині з центральною віссю пристрою.



**Рисунок 2** – Схема пристрою для вимірювання зміщення обплетення: 1 - рухомі пластини; 2 - проставка; 3 - фіксовані пластини.

Перед початком випробування рухомі пластини повинні перебувати в заблокованому положенні з просвітом у центральній осі пристрою.

Оплавлений кінець випробуваного зразка мотузки (довжиною 2250 мм) протягують через пристрій на довжину 200 мм. Решта зразка мотузки повинна лежати в горизонтальній площині з центральною віссю пристрою і не піддаватися будь-яким навантаженням і вигинам. Потім рухомі пластини приводять у робочий стан і через кожну з них прикладають силу 50 Н до випробуваного зразка. Зразок мотузки протягують через пристрій зі швидкістю  $05 \pm 02$  м/с на відстань 1930 мм. Потім навантаження з випробуваного зразка знімають, блокуючи пластини, і акуратно протягують випробуваний зразок через пристрій у вихідне положення.

Випробування проводять чотири рази у вказаному порядку. Далі ще один раз, але, не знімаючи в кінці навантаження з рухомих пластин, проводять замір зсуву обплетення щодо осердя на відкритому кінці випробуваного зразка мотузки. Значення зсуву обплетення з точністю до міліметра ( $V$ ) використовують, щоб розрахувати відносне зміщення ( $S_s$ ) з точністю до 0,1% за формулою (1):

$$S_s = \frac{V}{1930} \cdot 100\% \quad (1)$$

Розраховане значення відносного зміщення дозволяє оцінити якість взаємодії обплетення і осердя випробуваної мотузки. Цей параметр є ключовим показником її надійності та довговічності в умовах експлуатації. Високе значення відносного зміщення свідчить про недостатню фіксацію обплетення щодо осердя, що може призводити до зниження ефективності мотузки під час навантажень. Випробування необхідно повторювати з використанням мотузок різних конструкцій та матеріалів, щоб визначити оптимальні характеристики для конкретних умов застосування.

## ЛІТЕРАТУРА

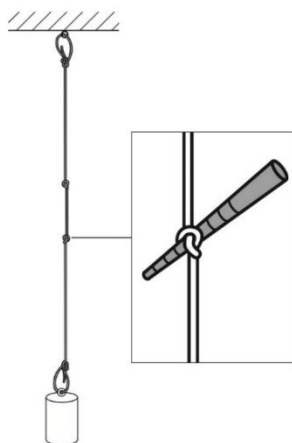
1. EN 1891:1998. European standard for «Ropes for mountaineering and rescue - Low stretch kernmantle ropes». European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
2. ДСТУ EN 1891:2014. Національний стандарт України для канатів із сердечником низького розтягування, адаптований з європейського стандарту EN 1891:1998.

УДК 691.923

## МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВУЗЛОВ'ЯЗАННЯ ТА УСАДКИ СТАТИЧНИХ МОТУЗОК ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ СТАНДАРТУ EN 1891-1998

*Мельниченко А.С., доктор філософії  
Національний університет цивільного захисту України*

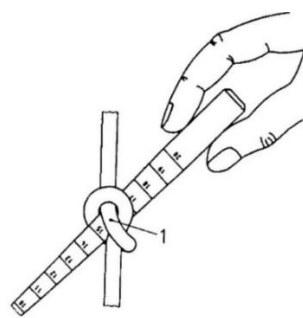
Коефіцієнт вузлов'язання визначає м'якість нової мотузки і, як наслідок, зручність в'язання на ній вузлів. Втім, на практиці жорсткість мотузки багато в чому залежить від її стану та історії експлуатації. Так, наприклад, на брудному або зледенілому мотузку в'язати вузли буде значно важче, якою б гнучкою вона не була спочатку.



**Рисунок 1** – Визначення коефіцієнта вузлов'язання згідно зі стандартом EN 1891-1998.

Вимоги EN 1891: коефіцієнт вузлов'язання ( $K$ ) повинен становити не більше 1,2.

Як випробувальний зразок використовується нова мотузка довжиною не менше 3 м, на якій зав'язується два одинарних простих вузла (overhand knot) на відстані  $250 \pm 50$  мм один від одного з петлями, спрямованими в протилежні сторони. Один з кінців зразка закріплюють і прикладають навантаження 10 кг протягом 1 хвилини так, щоб навантаження впливало на обидва вузли. Потім навантаження знижують до 1 кг і далі, не знімаючи навантаження, вимірюють внутрішній діаметр вузлів з точністю до 0,5 мм пристроєм як конічного калібру (мірного конуса), не допускаючи зміни ширини вузла під тиском вимірювального приладу.



1 Measuring point

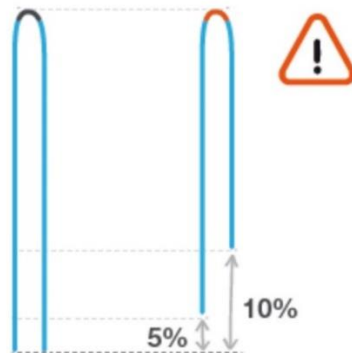
**Figure 2** — Determination of knotability  $K$

**Рисунок 2** – Визначення здатності до в'язання вузлів: 1 - точка виміру.

## ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Результат у вигляді коефіцієнта вузлов'язання (K) розраховується як середнє значення внутрішніх діаметрів обох вузлів, поділене на діаметр мотузки. Іншими словами, вузол повинен бути настільки щільним, щоб ширина його внутрішнього отвору була меншою за діаметр мотузки, помноженого на 1,2.

Окрім здатності до вузлов'язання, ще одним важливим параметром статичних мотузок є їхня усадка, яка визначає довговічність та стабільність розмірів мотузки під час експлуатації. Усадка — це незворотне вкорочування мотузки, що може суттєво впливати на її функціональні характеристики. Основною причиною цього явища є контакт мотузки з водою. У стандарті EN 1891 параметр усадки виражається як відсоток вкорочування мотузки після 24-годинного занурення у воду.



**Рисунок 3** – Якщо ваша мотузка має маркування середини, враховуйте, що усадка може відбуватися несиметрично щодо початкової середини мотузки.

Вимога EN 1891: визначити усадку мотузки.

Як випробувальний зразок використовується нова мотузка довжиною не менше 3 м. Один кінець зразка закріплюють і з відривом не менше 1300 мм від точки закріплення плавно прикладають навантаження 10 кг протягом 1 хвилини. Потім, не знімаючи навантаження, наносять на зразок дві мітки, розташовані на відстані 1000 мм один від одного (L<sub>A</sub>) і не менше ніж 100 мм від точки закріплення. Потім знімають навантаження і, переконавшись, що кінці мотузки оплавлені, занурюють випробувальний зразок на 24 години у воду з температурою 15 ± 5 °C і рН в діапазоні 5,5-8,0. Далі не пізніше ніж через 15 хвилин після отримання зразка з води знову прикладають навантаження 10 кг на 1 хвилину. І, не знімаючи навантаження, вимірюють відстань між двома раніше нанесеними мітками. Нову відстань (L<sub>B</sub>) визначають з точністю до міліметра.

Усадку розраховують за такою формулою (1) і виражають у відсотках з точністю до 0,1%.

$$R = \frac{L_A - L_B}{L_A} \cdot 100 \% \quad (1)$$

Ця величина дозволяє оцінити, наскільки змінилася довжина мотузки після впливу зовнішніх факторів, таких як волога та навантаження. Отримані результати допомагають визначити відповідність мотузки стандартам EN 1891, які встановлюють допустимі значення усадки. У разі перевищення цих значень мотузка вважається непридатною для використання у висотно-рятувальних роботах.

### ЛІТЕРАТУРА

1. EN 1891:1998. European standard for «Ropes for mountaineering and rescue - Low stretch kernmantle ropes». European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
2. ДСТУ EN 1891:2014. Національний стандарт України для канатів із сердечником низького розтягування, адаптований з європейського стандарту EN 1891:1998.

## ЛОГІСТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

*Коваленко Р.І., канд. техн. наук, доцент, Курдін І.Ю.  
Національний університет цивільного захисту України*

В умовах воєнного стану процес організації гасіння пожеж сильно ускладнився. Причинами цього є руйнування об'єктів критичної інфраструктури ворожими військами, знищення дорожнього покриття, а також перекриття доріг та їх мінування, проблеми зі зв'язком через роботу засобів радіоелектронної боротьби особливо у прифронтових районах. Часто і самі пожежно-рятувальні підрозділи стають мішенями для ворожих військ. Через руйнування об'єктів критичної інфраструктури виникають проблеми, зокрема, з водопостачанням у населених пунктах. Враховуючи вказані проблеми розробка і наукове обґрунтування організаційних і технічних заходів, які б дозволили удосконалити логістичне забезпечення процесу гасіння пожеж в умовах воєнного стану є актуальним напрямком досліджень.

З метою підвищення рівня безпеки особового складу і удосконалення процесу виконання ними оперативних завдань за призначенням в ДСНС було розроблено відповідні рекомендації [1]. Цими рекомендаціями визначено, що підрозділи, які дислокуються на прифронтових територіях доцільно комплектувати пожежними автоцистернами важкого типу з великим запасом води, що пов'язано саме з проблемами з водопостачанням у населених пунктах. Цього типу пожежних автоцистерн в підрозділах ДСНС не так і багато. Відповідно як альтернативу можна запропонувати використання комплексів контейнерного типу. Такі комплекси складаються з автомобіля, який обладнаний навантажувально-розвантажувальним механізмом гакового типу (рис. 1) та контейнерів, які можуть бути укомплектовані різним обладнанням або ємностями для доставки вогнегасних речовин.



**Рисунок 1** – Автомобіль-навантажувач з транспортним контейнером

Призначення таких контейнерів є різним. Вони набули значного поширення в розвинутих країнах світу. Контейнери для доставки вогнегасних речовин можуть мати різну ємність. Перевагами таких комплексів порівняно з пожежними автоцистернами «класичної» конструкції є те, що один автомобіль за умови наявності спеціалізованих контейнерів може забезпечувати виконання підрозділами різних завдань.



## ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Контейнери, які призначені для зберігання і доставки води до місць пожежогасіння можна поділити на дві групи:

- ті, що обладнані насосними установками з автономними силовими агрегатами (рис. 2а). Такі контейнери крім доставки води можуть також забезпечувати її подавання по рукавним лініям під тиском. Крім того, можливе встановлення також контейнера поблизу водойми або гідранту і забирання води з відти при цьому його цистерна у такому випадку може бути використана у якості проміжної ємності;

- ті, що не обладнані насосними установками і які можуть використовуватися тільки для зберігання і доставки запасу води (рис. 2б).



а



б

**Рисунок 2 – Контейнери для доставки води**

Таким чином, в умовах воєнного стану пропонується застосування контейнерних комплексів. Шляхом встановлення декількох контейнерів в підрозділі або розосередивши їх по території населеного пункту можна забезпечити певний резерв води. За умови недостатньої кількості пожежних автоцистерн у якості альтернативи можна використовувати контейнери, які обладнані насосними установками з автономними силовими агрегатами, що також дозволить їх використовувати для подавання води по рукавним лініям під тиском.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Рекомендації про особливості виконання органами управління та підрозділами ДСНС завдань за призначенням у населених пунктах і на територіях під час збройної агресії : затв. наказом ДСНС від 02.04.2024 р. № 375. URL: <https://dsns.gov.ua/upload/2/0/8/0/8/1/6/rekom.pdf> (дата звернення: 04.12.2024).

УДК 614.842

## ВЕНТИЛЯЦІЯ З НАГНІТАННЯМ СВІЖОГО ПОВІТРЯ ТА ДИМОВИДАЛЕННЯ В БУДІВЛЯХ ТА СПОРУДАХ ЯКІ ЗАЗНАЛИ РУЙНУВАНЬ ВНАСЛІДОК РАКЕТНОГО ОБСТРІЛУ ПІД ЧАС російсько – УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

Панчишин Ю.І.

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Станом на сьогоднішній час триває російсько – українська війна, під час якої особовий склад пожежно – рятувальних підрозділів та формувань ДСНС України виконує оперативні завдання не зважаючи на повітряні тривоги, ризикуючи власним життям заради життя українського народу [1]. Щоденно, ворог наносить авіаудари по території нашої Батьківщини, внаслідок яких гинуть люди та руйнується інфраструктура міст та населених пунктів.

Під час проведення пошуково – рятувальних операцій в будівлях та спорудах які зазнали пошкоджень та руйнувань внаслідок ракетного обстрілу виникають пожежі, люди знаходяться під будівельними завалами і безпосередньо в зоні не придатного для дихання середовища. Відповідно, внаслідок руйнувань люди зазнають як тілесні травми так і психологічні травми, а також великою загрозою для їхнього здоров'я є сильне задимлення, як зображено на рис. 1.



**Рисунок 1** – Приклади руйнувань будівель і споруд внаслідок ракетного удару під якими опинилися люди

Таким чином, проведення вентиляція з нагнітанням свіжого повітря в будівлях та спорудах під час гасіння пожежі чи ліквідації наслідків НС [2] значною мірою підвищить рівень безпечних умов праці на місці виклику для особового складу підрозділів ДСНС України, а також безпосередньо підвищить ступінь вижити для людей які опинилися під завалами і до того в умовах не придатного для дихання середовища.

Застосування сучасної автономної техніки для проведення вентиляції з нагнітанням свіжого повітря та димовидаленням продуктів згорання (диму) в будівлях та спорудах під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків НС значно підвищує рівень проведення пошуково – рятувальної операції на місці виклику для виявлення та порятунку життя людей.

На основі вище зазначених фактів пропонується використовувати в практичній діяльності пожежний димовсмоктувач Leader BATFAN 2 [3], який зображено на рис. 2.



**Рисунок 2** – Загальний вигляд пожежного димовсмоктувача Leader BATFAN 2

## **ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

Димовсмоктувач Leader BATFAN 2 – це універсальний, автономний, компактний, мобільний, акумуляторний прилад призначений для видалення продуктів згорання (диму), нагнітання свіжого повітря в задимлене приміщення, подачі піни високої кратності, а також подачі дрібнорозпиленого стуменя води для осадження хмари небезпечних хімічних речовин (далі - НХР). А також він оснащений ручкою для перенесення та ременем, він переноситься однією людиною, як зображено на рис. 3. Складається та легко поміщається у відсіку автомобіля. Оснащений однією батареєю NiMH з часом автономної роботи 45 хвилин, що дозволяє миттєво привести його в дію, не витрачаючи час на пошук розетки електромережі.



**Рисунок 3** – Перенесення димовсмоктувача до місця призначення одним газодимозахисником

За допомогою пожежного димовсмоктувача LEADER BATFAN 2 можна виконати наступні дії, а саме:

- нагнітання свіжого повітря, тобто подача повітря з надлишковим тиском в задимлене приміщення, як зображено на рис. 4.



**Рисунок 4** – Нагнітання свіжого повітря в задимлене приміщення

- видалення диму з приміщень за допомогою всмоктуючого рукава, як зображено поетапно на рис. 5.



**Рисунок 5** – Видалення диму з приміщень за допомогою всмоктуючого рукава

- подача піни високої кратності, як зображено поетапно на рис. 6.



**Рисунок 6** – Подача піни високої кратності

- подача дрібнорозпиленого стуменя води для осадження хмари небезпечних хімічних речовин (далі - НХР), як зображено поетапно на рис. 7.



**Рисунок 7** – Подача дрібнорозпиленого стуменя води для осадження хмари НХР

Отже, можна зробити висновок, що застосовуючи під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків НС пожежного димовсмоктувача LEADER BATFAN 2 значною мірою підвищується рівень безпечних умов праці для особового складу пожежно-рятувальних підрозділів в екстремальних ситуаціях, так як даний пристрій може працювати автономно без залучення особового складу, що значною мірою підвищує ефективність його застосування та збереження життя і здоров'я людей.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ ДСНС України № 375 від 02.04.2024 «Рекомендації про особливості виконання органами управління та підрозділами ДСНС завдань за призначенням у населених пунктах і на територіях під час збройної агресії». Режим доступу: <https://dsns.gov.ua/upload/2/0/8/0/8/1/6/rekom.pdf>
2. Наказ МВС України від 26.04.2018 № 340 «Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту та Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0801-18>
3. Режим доступу: <https://vatropromet.hr/en/electric-fan-battery-batfan-2-45min-product-1125/>
4. Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=NhSbhJ326FQ&t=178s>

**УДК 614.8**

### РОЗРОБКА ДОСЛІДНОГО ЗРАЗКА СИСТЕМИ ГЕНЕРУВАННЯ ТА ПОДАВАННЯ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ

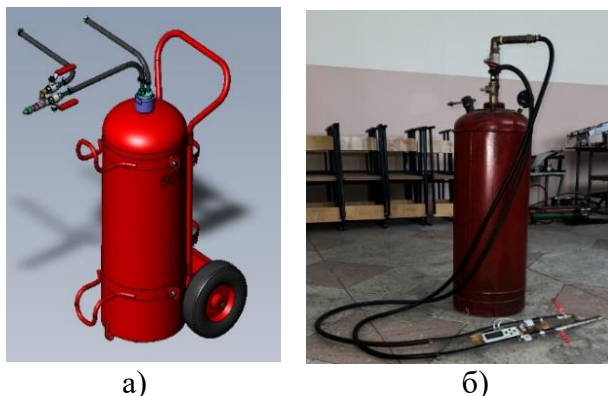
*Грищенко Д.В., Виноградов С.А., канд. техн. наук, доцент, Шахов С.М., PhD  
Національний університет цивільного захисту України*

## ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Ефективним вогнегасним засобом [1, 2] для гасіння пожеж класу А є компресійна піна, що утворюється у системах Compressed Air Foam Systems – CAFS (піногенерувальна система зі стисненим повітрям).

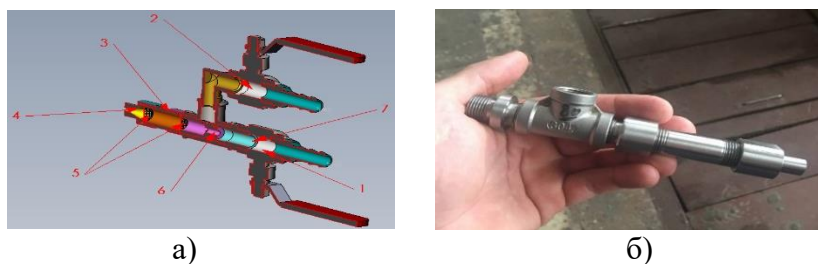
Для попереднього визначення числових параметрів системи, було проведено моделювання генерування піни за допомогою математичної моделі [3, 4]. Застосування таких моделей передувє проектуванню різних конструкцій, особливо складних, побудованих на внутрішніх взаємодіях окремих структурних одиниць. Використана математична модель дає змогу аналітично отримати оптимальні геометричні та технологічні параметри системи із виявлянням впливу технологічних параметрів на процес генерування піни.

На рис. 2 подано 3D-модель та фото розробленої системи генерування та подавання компресійної піни із оригінальним стволом для гасіння лабораторних модельних вогнищ.



**Рисунок 1** – Система генерування та подавання компресійної піни для гасіння лабораторних вогнищ: а) 3D-модель; б) фото зразка

На рис. 3 зображено 3D-модель та фото оригінального ствола.



**Рисунок 2** – Ствол для генерування та подавання компресійної піни: а) 3D-модель; б) фото зразка ствола у розрізі, де: 1 – дросель регулювання витрати водного розчину піноутворювача; 2 – дросель регулювання витрати стиснутого повітря; 3 – піногенератор; 4 – сопло; 5 – пакети сіток; 6 – змішувач; 7 – втулка

Змішування повітря із розчином піноутворювача передбачено через 3 отвори діаметром 1 мм, розташованих по діаметру змішувача з кроком 120 градусів, за Т-подібним способом генерування. Для варіювання інтенсивності подавання піни у стволі передбачені змінні конусоподібні сопла з вхідним діаметром 11 мм та вихідними діаметрами 0,8 мм, 1 мм, 1,5 мм, 2 мм. Для отримання високодисперсної однорідної піни встановлюються сітки з розміром квадрата у світлі 1×1–2×2, із діаметром дроту 0,32–0,66 мм. Для спінування суміші водного розчину піноутворювача та повітря використовується пористий елемент. Порозність пористого елемента впливає на якісні показники піни (це розмір пухирця, однорідність розмірів пухирців та стійкість піни) та кількісні показники функціонування установки (продуктивність, л/хв, споживана потужність, кВт). Величина порозності пористого елемента регулюється за рахунок його густини в об'ємі піногенератора. На рис. 4 подано фотографії елементів оригінального ствола та 3D-модель.



**Рисунок 3** – Елементи розробленого ствола: а) елементи у 3D-виді; б) фото виготовлених деталей

У результаті роботи запропоновано систему компресійної піни для дослідження її властивостей із вмістом модифікованих добавок при зміні складу рідини та повітря, що її утворюють.

Попередньо розроблено пневмогідрравлічну схему, що використовувалась як підґрунтя для врахування особливостей фізичних процесів, які відбуваються при генеруванні піни у зразку, що виготовлявся. На підставі результатів математичного моделювання визначено необхідні технічні параметри системи, які задовольняють вимоги, що висувались до дослідного зразка. Виготовлена система має наступні параметри: кратність – 4–20; робочий тиск системи – 4–8 бар; плавне регулювання витрат водного розчину / піноутворювача – 2–20 л/хв; плавне регулювання витрат газової фракції – 8–450 л/хв. Зокрема передбачено можливість регулювання витрат водного розчину піноутворювача та повітря, роботу в залежному та автономному режимі, регулювання інтенсивності подавання піни за допомогою сопел різних діаметрів, регулювання порозності пористого тіла у піногенераторі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Shakhov S.M. The efficiency of the compressed air foam, water and gel extinguishing agent on the standard model fire class A / S.M. Shakhov, S.A. Vinogradov // Safety & Fire Technology. – 2020. – №1(56). С. 154–160.
2. Galla, S. Experimental comparison of the fire extinguishing properties of the firesorb gel and water / S. Galla, B. Stefan-icky, A. Majlingova // 7th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. – 2017. – №17(51). С. 439-446.
3. Шахов С.М. Математичне забезпечення для проектування систем генерування компресійної піни / С.М. Шахов, С.А. Виноградов, А.І. Кодрик, О.М. Тітенко // Науковий вісник НЛТУ України. – 2020. – № 3(30). С. 111-115.
4. Shakhov S.M. Mathematical modeling of gas-liquid flow in compressed air foam generation systems / S.M. Shakhov, S.A. Vinogradov, A.I. Kodrik, O.M. Titenko, O.V. Parkhomchuk // Technology audit and production reserves. – 2020. – № 4/3(54). С. 29-35.

УДК 358.2:94(477)“2014/2024”

### СУЧАСНІ ЗАСОБИ РОЗМІНУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ ТА ОБ'ЄКТІВ В ХОДІ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

*Красота І.В., канд. іст. наук, Чужа Б.В.*

*Науково-методичний центр кадрової політики Міністерства оборони України, м. Київ*

*Будовицький В.В.*

*Головне управління ДСНС України, м. Київ*

В останні три роки найбільший вплив на продовольчу безпеку на глобальному рівні здійснили три війни, це в першу чергу російсько-українська війна, а також громадянська війна в Судані та війна Ізраїлю з ХАМАС. Російсько-українська війна продовжує знищувати

## ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

виробництво сільськогосподарської продукції в Україні та впливати на постачання продовольства у світі [1].

Одним з факторів, що безпосередньо впливає на сільськогосподарську діяльність є забруднення території України вибухонебезпечними предметами (ВНП) та вибуховими речовинами (ВР).

З початку широкомасштабного військового вторгнення російської федерації на території України станом на 01.12.2024 тільки піротехнічними підрозділами Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) знешкоджено (знищено) більше 547 тис. од. ВНП та знищено майже 3 тис. кг вибухової речовини, у тому числі 3732 авіаційних бомб. Обстежено територію площею понад 167685 Га [2]. Аналізуючи ці цифри можна зробити висновок, що ліквідація наслідків бойових дій, а саме: розмінування територій та об'єктів в ході російсько-української війни є пріоритетним завданням для сил безпеки та оборони України.

Якщо на початку 2014 року засоби розмінування в основному були радянського виробництва, то під кінець 2024 року з'явилося багато нових засобів, а їх кількість значно збільшилась. Сучасні засоби розмінування можна класифікувати у декілька груп (табл. 1).

**Таблиця 1**

Класифікація засобів розмінування, які застосовують в ході російсько-української війни під час розмінування території в Україні

Група	Підгрупа	Категорія	Принцип застосування	Приклад засобу розмінування
Наземні	Переносні індивідуальні	Легкі	Особисто сапер, піротехнік	Щуп, кішка
		Середні		міношукачі
		Важкі		бомбошукачі
	Мінні трали	Середні	екіпаж машини	ножові трали
		Важкі		каткові трали
	Машини (заряди) розмінування	Легкі	Особисто сапер	ЗРП (Тропа)
		Середні	Розрахунок або екіпаж	УР-77, УР-83П
		Важкі		ІМР-2, БМР-64
	Мінно-розшукові тварини	Легкі	Кінолог	МРС (МРЦ)*
	Мобільні робототехнічні комплекси	Легкі	Дистанційно оператор (екіпаж)	MarkV-A1
Середні		Vozena 5		
Важкі		Проход (БМР-3)		
Повітряні	БПЛА роторні	Легкі	Дистанційно оператор (екіпаж)	Кажан
	БПЛА крило	Середні		Ваурактар
		Важкі		Орлан-10

Примітка: \* МРС – Мінно-розшукові собаки, МРЦ – Мінно-розшукові щури

Перша, найбільша група – наземні засоби розмінування, які застосовуються для розвідки на наявність ВНП, а також їх знищення або знешкодження. Сучасні наземні засоби розмінування це не тільки старі та надійні щуп, кішка та міношукач, а і недоступні до недавнього часу в Україні наземні мобільні робототехнічні комплекси та мінно-розшукові собаки.

Друга група (повітряні) – БПЛА, які на сьогодні стрімко розвиваються і як наслідок, знайшли своє місце серед засобів розмінування, наразі їх застосовують в основному для розвідки місцевості на наявність мін та інших ВНП.

Окремо необхідно відзначити, що з'явилась велика група дистанційно-керованих (робототехнічних) засобів для розмінування об'єктів і місцевості, в основному іноземного виробництва [3].

Розглянемо наземні мобільні робототехнічні комплекси (НМРТК) (табл. 2). Наприклад, групи розмінування Збройних Сил (ЗС) України та Державної спеціальної служби транспорту (ДССТ) отримали від країн-партнерів такі НМРТК для проведення робіт з розмінування, зокрема: дистанційно керовану систему розмінування Bozena 5 (Словаччина), DOK ING MV-4 (Республіка Хорватія) та інші НМРТК [4].

Водночас до піротехнічних підрозділів ДСНС надійшли такі НМРТК: DOK ING MV-4 та DOK ING MV-10 (компанія DOK ING, Хорватія), GCS-200 (компанія GCS, Швейцарія-Німеччина), Mine Wolf MW 370 (компанія Minewolf Systems) та DIGGER D 250 (компанія Digger DTR) зі Швейцарії, REVIVAL P (компанія Improtex, Азербайджан), PT-300 D:MINE (компанія FAE GROUP S.p.A., Італія), ARMTRAC 400 (компанії Armtrac Ltd, Британія).

Таблиця 2

Основні тактико-технічні характеристики наземних мобільних робототехнічних комплексів (НМРТК), які застосовують під час розмінування території в Україні

Найменування НМРТК	Ширина смуги розмінування, м	Глибина розмінування, см	Продуктивність розмінування, кв. м /год	Діапазон дистанційного керування, км
Bozena 5	до 2,6	до 35	до 6000	до 5,0
DOK ING MV-4	до 1,8	до 30	до 2184	до 1,5
DOK ING MV-10	до 2,4	до 30	до 4500	до 1,5
GCS-200	до 2,1	до 28	до 1800	до 1,0
Mine Wolf MW 370	до 3,0	до 35	до 2500	до 1,0
DIGGER D 250	до 3,0	до 30	до 2000	до 0,5
REVIVAL P	до 2,0	до 30	до 2500	до 2,0
PT-300 D:MINE	до 2,5	до 25	до 2000	до 0,8
ARMTRAC 400	до 2,2	до 35	до 3000	до 2,0

За результатами аналізу НМРТК, які застосовують під час розмінування території в Україні, з'ясовано такі данні: ширина смуги розмінування – від 1,8 до 3 метрів, середня глибина розмінування – 30 см, продуктивність розмінування в межах від 2000 до 6000 квадратних метрів на годину, а відстань дистанційного керування від 500 метрів до 5 кілометрів, що дозволяє забезпечити достатню безпечну дистанцію для оператора НМРТК.

Отже, враховуючи порівняльний аналіз сучасних засобів розмінування територій та об'єктів, які застосовуються в ході російсько-української війни, можна дійти таких висновків:

1. Засоби розмінування поділяються за завданнями, сферою застосування та способами використання;

2. В ході російсько-української війни застосовуються в основному наземні мобільні робототехнічні комплекси іноземного виробництва;

3. З появою на озброєнні БПЛА їх застосовують, як для мінування територій та знищення об'єктів, так і для розвідки та розмінування територій від ВВП.

3. Найбільш перспективним напрямком розвитку сучасних засобів розмінування буде розробка та виробництво вітчизняними оборонними підприємствами безпілотних та роботизованих комплексів розвідки та розмінування територій від вибухонебезпечних предметів на рівні світових стандартів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Щорічник СІПРІ 2023. Озброєння, роззброєння та міжнародна безпека / URL : <https://razumkov.org.ua/images/2024/07/24/2024-SIPRI-SUMMARY-1-SITE.pdf> (дата звернення: 02.12.2024).



2. Оперативна інформація ДСНС щодо ліквідації наслідків ведення бойових дій рф та роботи піротехнічних підрозділів / URL : <https://www.kmu.gov.ua/news/operatyvna-informatsiia-dsns-shchodo-likvidatsii-naslidkiv-vedennia-boiovykh-dii-rf-ta-roboty-pirotekhnichnykh-pidrozdiliv1122024> (дата звернення: 02.12.2024).

3. Горбулін В.П. Світова глобальна проблема розмінування: український вектор. Вісник Національної академії наук України. 2022. №2. С.3 – 13 / URL : <https://visnyk-nanu.org.ua/ojs/index.php/v/article/view/321/325> (дата звернення: 16.11.2024).

4. Воєнно-історичний опис російсько-української війни: В63 Вип. 16: червень 2023 року / Міністерство оборони України, Апарат Головнокомандувача Збройних Сил України, Генеральний штаб Збройних Сил України та Центр досліджень воєнної історії Збройних Сил України. – Київ, 2023. – 209 с.

**УДК 614**

## **ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖОГАСІННЯМ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ**

*Поліванов О.Г., PhD, викладач кафедри ІтаАРТ Національного університету цивільного захисту України*

*Нагорна В.В., диспетчер чергової зміни ОКЦ ГУ ДСНС України у Рівненській області*

Тема використання сучасних технологій для моніторингу та управління пожежогасінням в умовах воєнного часу є надзвичайно актуальною. Сучасні технології, такі як дрони, сенсори, супутникові системи та штучний інтелект, можуть значно покращити ефективність реагування на пожежі та надзвичайні події спричинені в тому числі внаслідок збройної агресії російської федерації.

Визначено [1], що використання дронів стає все більш популярним. За допомогою дронів можливо:

- проводити моніторинг в реальному часі що дозволяє рятувальникам відстежувати розвиток пожежі й оцінювати її масштаб;
- забезпечити високий доступ до важкодоступних місць, що робить їх ідеальними для спостереження за пожежами в віддалених місцях;
- створювати детальні карти зони пожежі, що допомагає у плануванні дій рятувальників і оцінці шкоди;
- знизити ризик для життя пожежно-рятувальних підрозділів, оскільки інформація може бути отримана без безпосередньої присутності людей у небезпечній зоні;
- зберігати та аналізувати дані про температуру, вологість, а також швидкість вітру, що важливо для оцінки ризику розповсюдження вогню, небезпечних хімічних речовин;
- передавати дані безпосередньо до штабу ліквідації наслідків пожеж чи НС, забезпечуючи швидкий обмін інформацією.

Таким чином, дрони є важливим інструментом у боротьбі з пожежами, надаючи рятувальникам необхідну інформацію для швидкого та ефективного реагування на надзвичайні ситуації.

В той же час, в [2] встановлено, що використання супутникових зображень дозволяє моніторити великі території та оцінювати масштаби загорянь, проводити аналіз вегетації, збирати метеорологічні дані, моделювати поширення вогню тощо. Це особливо важливо в умовах бойових дій, коли можуть бути перешкоди для наземних служб. Ці технології суттєво підвищують ефективність моніторингу і управління підрозділів ДСНС, зменшуючи ризики для життя, майна та навколишнього середовища.

В [3] підкреслюється, що впровадження алгоритмів штучного інтелекту можуть аналізувати дані з різних джерел, передбачати розвиток пожеж та оптимізувати маршрути для рятувальних підрозділів. Окрім того, сучасні технології забезпечують ефективну комунікацію між рятувальниками, що підвищує їхню спроможність координувати дії під час ліквідації пожеж.

Мобільні застосунки надають актуальну інформацію про найближчі небезпечні зони та оптимальні маршрути евакуації.

Як розглядається в [4] важливим напрямком також є розробка дронів-розмінувальників які відіграють ключову роль у сучасних операціях з розмінування. Перевагами їх використання є:

- безпека - мінімізує ризик для життя саперів, дозволяючи дистанційно проводити виявлення та знищення мін і вибухівки;
- технологічні переваги - сучасні технології, такі як радіолокація, інфрачервона і лазерна системи, значно підвищують ефективність виявлення загроз;
- швидкість і мобільність - дрони здатні швидко обстежувати великі території, що дозволяє оперативно реагувати на небезпеки у зонах конфліктів або катастроф;
- зниження витрат - використання безпілотних технологій зменшує потребу у великій кількості людських ресурсів та знижує витрати на проведення операцій;
- гуманітарні місії - дрони-розмінувальники особливо важливі у післяконфліктних зонах, де безпека цивільного населення залишається пріоритетом.

Таким чином, дрони-розмінувальники є важливим інструментом у забезпеченні безпеки і стабільності, зокрема в зонах підвищеного ризику.

В умовах військових дій, внаслідок артилерійських обстрілів або інших факторів, ризик виникнення пожеж значно зростає. Сучасні технології можуть стати основним інструментом у боротьбі з цими викликами, знижуючи втрати та покращуючи ефективність реагування. Інвестування в ці технології та їх інтеграція в системи управління надзвичайними ситуаціями стане ключем до успішного моніторингу та управління пожежогасінням у кризових умовах.

Інтеграція сучасних технологій у систему пожежогасіння має вирішальне значення для підвищення ефективності, швидкості реагування та безпеки в боротьбі з пожежами. Впровадження автоматизованих систем моніторингу, дронів для виявлення загроз, смарт-технологій для управління ресурсами та IoT (інтернет речей) дозволяє забезпечити більш точне виявлення пожеж та прогнозування їх розвитку.

Ці технології сприяють зменшенню людських помилок, автоматизують процеси та забезпечують оперативну інформацію для служб швидкого реагування. Розумні системи контролю можуть миттєво сповіщати про потенційні загрози, вказуючи на найбільш вразливі зони, що дозволяє уникнути значних матеріальних втрат та зберегти людські життя.

Крім того, інтеграція технологій забезпечує ефективніше навчання та підготовку рятувальників через використання віртуальної та доповненої реальності. Так, сучасні технології не тільки покращують фізичні аспекти пожежогасіння, а й створюють нові можливості для підвищення готовності суспільства до надзвичайних ситуацій.

Таким чином, впровадження інноваційних рішень у систему пожежогасіння є необхідним кроком для забезпечення максимального захисту від пожеж і зниження ризиків для населення та матеріальних цінностей.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Business Watch Group. The role of drones in modern fire safety and security. Business Watch Group. Режим доступу: <https://www.businesswatchgroup.co.uk/the-role-of-drones-in-modern-fire-safety-and-security/> (дата звернення: 01.12.2024).
2. Njambi R. Track forest fires with satellite imagery: The normalized burn ratio and other techniques. UP42. Режим доступу: <https://up42.com/blog/track-forest-fires-satellite-imagery-normalized-burn-ratio> (дата звернення: 02.12.2024).
3. Ghaffarian S., Taghikhah F. R., Maier H. R. Explainable artificial intelligence in disaster risk management: Achievements and prospective futures. International Journal of Disaster Risk Reduction. 2023. Т. 98. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.104123> (дата звернення: 04.12.2024)
4. Maki K., Habib M. Humanitarian Demining: Reality and the Challenge of Technology – The State of the Arts // International Journal of Advanced Robotic Systems. – 2007. – Vol. 4. – P. 19 Режим доступу: DOI: 10.5772/5699. (дата звернення: 06.12.2024)

**ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПЕЧНОСТІ ДІЛЯНОК ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ  
ЗА КОЕФІЦІЄНТОМ БЕЗПЕКИ**

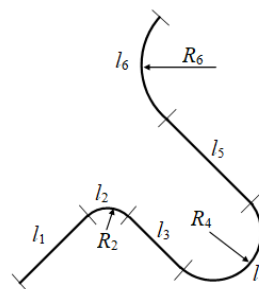
*Ірина БАЧИНСЬКА, Віктор ШЕВЧУК, канд. техн наук, доцент  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Автомобільний транспорт найнебезпечніший із всіх видів транспорту. Щороку в світі відбувається близько 55 мільйонів дорожньо-транспортних пригод (ДТП), в яких щорічно гине понад 300 тисяч людей і приблизно в 30 разів більше цієї кількості отримують травми.

Понад 10% ДТП стаються з причин незадовільного стану дорожньої інфраструктури та відсутністю засобів організації дорожнього руху з них понад 5 % стається загоряння транспортних засобів.

Максимальна швидкість руху, яку може розвинути автомобіль на дорозі обмежується різноманітними перешкодами (підйоми, схили, криволінійні ділянки дороги, незадовільне дорожнє покриття, обмеження, зумовлені правилами дорожнього руху і ін.).

Для того, щоб оцінити як повинна змінюватись безпечна швидкість руху автомобіля за тих, чи інших дорожніх умов будують графік швидкості. При чому для розрахунку швидкості руху на кожній з ділянок дороги не беруть до уваги обмеження швидкості, що накладаються вимогами правил дорожнього руху (обмеження в швидкості в населених пунктах, на переїздах залізничної колії, на перетинах інших доріг, на поворотах малих радіусів, у зоні дії дорожніх знаків та ін.), а враховують лише обмеження за максимальною швидкістю руху, забезпеченою конструкцією автомобіля. Цим самим немов би враховується вплив можливої недисциплінованості водіїв або їх недостатньої досвідченості.



а)

б)

**Рисунок 1** – Загальний вигляд а та схема досліджуваної дорожньої мережі б

Для визначення коефіцієнта безпеки досліджуваної дорожньої мережі рис. 1 використовувались показники дорожньої мережі отримані шляхом натурних обстежень табл. 1. Відповідно до статистичних даних на ділянці дороги рис. 1 станом на 01.12.24 року сталося 13 ДТП, з них 5 відбулося загоряння транспортних засобів.

**Таблиця 1**

Характеристика досліджуваної дорожньої мережі

Показник	Ділянка	Значення	Показник	Ділянка	Значення
Довжина ділянки S, км.	1	1,55	Поздовжній ухил на ділянці $i_{пов}, \%$	1 спуск	3,2
	2	0,13		2 спуск	1,2
	3	2,25		3 підйом	3,6
	4	0,19		4 підйом	1,0
	5	2,80		5 підйом	2,1
	6	0,20		6 спуск	0,8

Продовження табл. 1

Покриття дороги – асфальтобетонне					
Радіус кривої $R$ , м	2	80	Поперечний ухил на ділянці $i_{non}$ , %	2	2,5
	4	59		4	1,5
	6	130		6	0,6

Результати дослідження дорожньої мережі за коефіцієнтом безпеки наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати дослідження безпечності ділянок дорожньої мережі за коефіцієнтом безпеки

Ділянка дороги	Довжина ділянки $S$ , км.	Швидкість автомобіля $V_{ki}$ (км/год) наприкінці прямолінійної ділянки	Критична швидкість заносу автомобіля $V_{zi}$ (км/год)	Критична швидкість перекидання автомобіля $V_{nepi}$ (км/год)	Коефіцієнт безпеки $K_{без}$ для криволінійних ділянок дороги
1	1,55	211,5			
2	0,13		72,34	110,67	0,34
3	2,25	177,5			
4	0,19		61,5	95,03	0,35
5	2,80	215			
6	0,20		90,5	141,07	0,42

За результатами досліджень, побудовано графік зміни швидкості руху автомобіля та коефіцієнта безпеки вздовж досліджуваної ділянки дороги рис. 2.

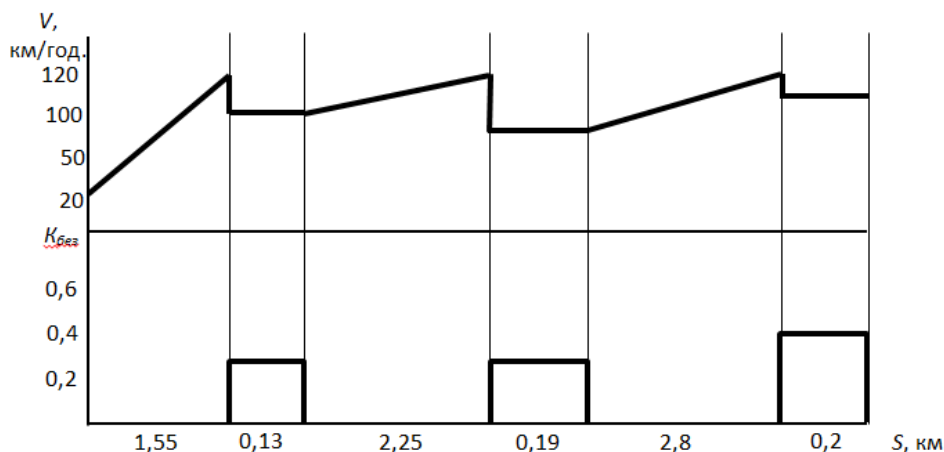


Рисунок 2 – Графік зміни швидкості руху автомобіля та коефіцієнта безпеки

За результатами досліджень встановлено, що коефіцієнт безпеки  $K_{без}$  для криволінійних ділянок дороги 2-ої, 4-ої та 6-ої відповідно становить 0,34; 0,35 та 0,42.

За умови, коли коефіцієнт безпеки менший 0,4, ділянка дороги вважаються дуже небезпечними для руху.

Для досліджуваної ділянки дороги необхідно розробити додаткові заходи щодо організації дорожнього руху з метою зниження ймовірності виникнення ДТП.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Шевчук В.В., Сукач О.М., Миронюк О.С. Засоби організації дорожнього руху. Дорожні знаки: навч. посіб. Вид. 2-ге, доповнене /. Львів : Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 2024. 130 с.: іл.

2. Мигаль Г. В., Протасенко О. Ф. Безпека та організація дорожнього руху: навч. посіб. Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського, 2021. 85 с.

## ЩОДО ПИТАНЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ: ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ

*Товарянський В.І., канд. техн. наук, доцент  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

З метою ефективною ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій використовується пожежно-рятувальна техніка. Зокрема, для гасіння пожеж в населених пунктах, на об'єктах промисловості, а також для виконання ряду спеціальних робіт в процесі пожежогасіння, використовуються пожежно-рятувальні транспортні засоби [1]. Дана техніка представлена рядом автоцистерн, автомобілів цільового призначення [2], а також спеціальних пожежних автомобілів – автодрабин, автопідіймачів тощо. Окрім цього, до цієї категорії техніки відносяться аварійно-рятувальні машини спеціального призначення, які за своїм функціональним призначенням насамперед використовуються для виконання аварійно-рятувальних робіт [3].

Застосування пожежно-рятувальної техніки в умовах сьогодення має важливе значення. Відомими українськими виробниками пожежно-рятувальної техніки є ТОВ «ПК ПОЖМАШИНА», ТОВ «Компанія ТІТАЛ», а також компанія, яка відносно нещодавно розвинула свій технічний потенціал – ТОВ «Валідус Спецавто» [2]. Ці суб'єкти економічної діяльності, не зважаючи на складну ситуацію в країні, продовжують усіма зусиллями виробляти техніку для протипожежного захисту об'єктів в умовах воєнного стану. Серед позитивних тенденцій в процесі їх виробництва зауважено «ефект усунення» технічно-застарілих моделей шасі колісних транспортних засобів, забезпечуючи в межах співпраці виробничі підсистеми своїх потужностей сучасними зразками таких відомих виробників, як: Hyundai, ISUZU, Scania, MAN, Tatra та ін. Поступове удосконалення спостерігається й за напрямом виготовлення додаткових систем пожежно-рятувальних автомобілів, зокрема: водопінних комунікацій, додаткових трансмісій, а також систем керування приладами пожежогасіння. Проте, окреслюється низка проблемних питань, зокрема щодо безпечності використання протипожежної техніки. Пожежно-рятувальні автомобілі в умовах сьогодення виконують функції за призначенням як в громадському, житловому, промисловому секторах, так і в природних екосистемах чи об'єктах стратегічного значення. Значні площі замінованих територій країною-агресором, ведення бойових дій із застосуванням вибухових боєприпасів, недостатня пристосованість технічних засобів параметрам їх захисту в умовах потенційної небезпеки зумовлюють необхідність розроблення науково-технічних рішень та рекомендацій, спрямованих на вдосконалення пожежно-рятувальної техніки. До таких рішень відносяться: впровадження технологій бронезахисту шасі транспортного засобу; забезпечення додаткового захисту середовища, де перебуває особовий склад; додатковий захист органів та систем керування транспортного засобу, та ін. Вище окреслені теоретично-практичні аспекти є невід'ємною складовою, яка спрямована для реалізації подальших досліджень за напрямом експлуатації пожежно-рятувальної техніки.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Politika V., Ziemelis M., Pundure J. Optimal solutions for special machinery and equipment norms required by the latvian state fire and rescue service. 21 st International Scientific Conference Engineering for Rural Development. 2022. 125–137.
2. Руденко Д. В. Пожежні автомобілі цільового призначення: навчальний посібник. Д. В. Руденко, В. В. Попович. Львів: ЛДУ БЖД, 2019. 194 с.
3. Про затвердження Положення про визначення та застосування спеціальних транспортних засобів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту: наказ МВС України № 99 від 06.02.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0232-20#Text>.

УДК 614.8-052

## СОРБЦІЯ ВАЖКОГО ГАЗУ ДРІБНОДИСПЕРСНИМ ПОТОКОМ ВОДИ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

*Лесько А.С., ад'юнкт,  
Кулаков О.В., канд. техн. наук, доцент  
Національний університет цивільного захисту України*

24 лютого 2022 року розпочався відкритий військовий напад Російської Федерації на Україну. Ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій (НС), викликаних бойовими та диверсійними діями, на хімічно небезпечних об'єктах (ХНО), де обертаються небезпечні хімічні речовини (НХР), значно збільшилася.

НС на ХНО звичайно супроводжуються витоком НХР з технологічних апаратів. Основним завданням при ліквідації таких НС є локалізація витoku, зупинка подальшого розповсюдження НХР й запобігання їх потрапляння в навколишнє середовище [1].

Одним із способів ліквідації НС з викидом небезпечних газоподібних НХР на ХНО є осадження газової хмари дрібнодисперсним потоком води. На сьогодні відомий математичний апарат для прогнозування процесу осадження водою небезпечних газів, що є легшими за повітря (наприклад, [2]).

Опишемо математично процес сорбції важкого небезпечного газу дрібнодисперсним водним потоком. Важким вважаємо небезпечний газ, що має густину більше 0,8 відносно до густини повітря [3].

Після початку процесу осадження спочатку відбувається дифузія важкого газу, що знаходиться у повітрі, до поверхні краплі. Коефіцієнт дифузії  $D_g$  важкого газу можна визначити зі співвідношення:

$$D_g = D_0 \cdot \frac{P_0}{P} \cdot \left( \frac{T}{T_0} \right)^{1,75}, \quad (1)$$

де  $D_0$  – коефіцієнт дифузії важкого газу за нормальних умов ( $P_0 = 10^5$  Па,  $T_0 = 273$  К);  $P$ ,  $T$  – реальні тиск та температура.

За формулою Смолуховського-Ейнштейну визначимо частоту зіткнень молекул газу з краплею води довільного розміру:

$$k_{\text{coll}} = 4\pi \cdot (R_g + R_{\text{drop}}) \cdot (D_g + D_{\text{drop}}), \quad (2)$$

де  $R_g$  – радіус молекули важкого газу;  $R_{\text{drop}}$ ,  $D_{\text{drop}}$  – радіус та коефіцієнт дифузії краплі дрібнодисперсного потоку води.

При використанні для осадження дрібнодисперсного потоку можна вважати  $R_{\text{drop}} \approx 0,5$  мм й, відповідно,  $R_g \ll R_{\text{drop}}$ ,  $D_g \gg D_{\text{drop}}$ , що з рівняння (2) дозволяє отримати

$$k_{\text{coll}} = 4\pi \cdot R_{\text{drop}} \cdot D_g. \quad (3)$$

Частота зіткнень молекул важкого газу з поверхнею краплі води:

$$I_{\text{coll}} = k_{\text{coll}} \cdot C_{\text{drop}} \cdot C_g. \quad (4)$$

## ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

де  $C_g$  - концентрація хлору в атмосфері,  $C_{\text{drop}}$  - концентрація крапель води, що утворюються для осадження.

Наступним етапом сорбції є проникнення молекул важкого газу крізь поверхневий шар молекул води у краплі. Коефіцієнт масової акомодатії розрахуємо з використанням [1]:

$$\alpha = 1 - \int_{E_{g-d}}^{E_{d-d}} f(E_g, T_g) dE_g, \quad (5)$$

де  $E_g$ ,  $T_g$  – енергія та температура молекул газу;  $E_{d-d}$ ,  $E_{g-d}$  – енергія міжмолекулярного зв'язку між молекулами води й води та важкого газу відповідно.

Після захвату молекул важкого газу поверхнею краплі води за рахунок міжмолекулярної взаємодії, молекули газу проникають у приграничний поверхневий шар. Інтенсивність насичення приграничного шару краплі води молекулами абсорбованого важкого газу можна оцінити за допомогою рівняння Генрі. Коефіцієнт насичення поверхневого шару води абсорбованим газом можна математично описати формулою:

$$\theta_{\text{sorb}} = \frac{R_0 \cdot T}{\sigma} \cdot H \cdot P \cdot \tau, \quad (6)$$

де  $R_0$  – універсальна газова стала;  $\sigma$  – коефіцієнт поверхневого натягу абсорбенту;  $H$  – постійна Генрі;  $\tau$  – характерний час процесу.

Кінцевим етапом сорбції є дифузія важкого газу у весь об'єм краплі. Враховуючи рівняння (4), (6) та коефіцієнт акомодатії  $\alpha$ , швидкість абсорбції важкого газу визначається:

$$V_{\text{sorb}} = I_{\text{coll}} \cdot \theta_{\text{sorb}} \cdot \alpha \cdot \sqrt{\frac{D_{\text{drop}}}{\pi \tau}}. \quad (7)$$

Інтенсивність процесу визначається коефіцієнтом дифузії  $D_{\text{drop}}$  газу в воді.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України: Кодекс від 02.10.2012 № 5403-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text> (дата звернення 09.12.2024).
2. Melnichenko A., Kustov M., Basmanov O., Tarasenko O., Bogatov O., Kravtsov M., Petrova O., Pidpala T., Karatieieva O., Shevchuk N. Devising a procedure to forecast the level of chemical damage to the atmosphere during active deposition of dangerous gases. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2022. Volume 1 (10 (115)). P. 31–40. DOI: [10.15587/1729-4061.2022.251675](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251675).
3. Правила безпеки в газовому господарстві коксохімічних підприємств і виробництв. Затверджено Наказом Держгірпромнагляду 27.03.2007 N 61. URL: [https://zakononline.com.ua/documents/show/280444\\_280509](https://zakononline.com.ua/documents/show/280444_280509) (дата звернення 09.12.2024).
4. Кустов М.В., Калугін В.Д. Прогнозування інтенсивності осадження газоподібних токсичних хімічних речовин атмосферними опадами. East European Science Journal. 2016. Вип. 2(6). С. 52–59.

УДК 614.842.616

**АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОЖЕЖНИХ РОБОТІВ**

*Руденко Д.В., канд. техн наук, доцент, Старчак В.Я.  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Враховуючи сьогоднішні умови воєнного стану, внаслідок збройної агресії РФ проти України, підрозділи ДСНС України виїжджають на виклики які пов'язані не лише з пожежами, які виникають в побуті, але й внаслідок влучань по будівлям ворожих ракет та безпілотних літальних апаратів, що в свою чергу ускладнює процес ліквідації загорання та в подальшому проведення розвідки місцевості, розбір завалів та рятуванню людей. Особливо небезпечно проводити гасіння або рятувальні роботи в період ймовірного повторного обстрілу цієї ж території. Однак у деяких випадках середовище пожежі може бути складним і змінним, з різним ступенем витоку токсичних газів (ракетного палива), вибухо-небезпечних речовин, а також накопиченням невідомих небезпечних матеріалів, що значно впливає на проведення розвідки та безпеку особового складу ДСНС України.

Раннє втручання та легкий доступ до недоступних (важкодоступних) місць під час гасіння пожежі, розбору завалів внаслідок обстрілів, надзвичайно важливі для ще живих людей та захисту особового складу від небезпек. З розвитком робототехніки виникла та стала популярною серед дослідників ідея гасіння пожеж за допомогою безпілотних роботизованих транспортних засобів (наземних або повітряних). Тому важливим завданням є розробка недорогих, потужних, економічних і практичних пожежних роботів.

Таким чином, існує потреба в спеціальній техніці, яка могла б ефективно боротися з пожежами, наслідками надзвичайних ситуацій в умовах воєнного стану, а також зменшити небезпеку, на яку наражається особовий склад підрозділів ДСНС. Якщо брати до уваги сучасні технології ведення воєнних дій, то не є секретом в застосуванні військових роботів. Тому, пожежні роботи, так само можуть забезпечити допомогу в професійній діяльності пожежно-рятувальних підрозділів на належному рівні. Сучасний пожежний робот став надзвичайно універсальним і справжнім багатофункціональним пристроєм.

У 1980-х і 1990-х роках [1] відбувся значний технологічний прогрес, який значно розширив можливості пожежних роботів. Інновації в датчиках, системах керування та матеріалах дозволили розробити більш міцні та надійні машини. Тепер ці роботи були оснащені тепловізійними камерами, детекторами газу та вдосконаленими навігаційними системами, що зробило їх більш ефективними у виявленні та боротьбі з пожежами. Одним із найпомітніших досягнень цього періоду було впровадження гусеничних пожежних роботів. Ці роботи мали гусениці замість коліс, що дозволяло їм більш ефективно пересуватися по нерівній місцевості. Це зробило їх особливо корисними на відкритому повітрі та в зонах лиха, де традиційним роботам на колесах було важко працювати. В XXI столітті, пожежні роботи зазнали значних змін. Сучасні пожежні роботи тепер багатофункціональні, здатні виконувати широкий спектр завдань, окрім гасіння пожеж. Ці роботи можуть проводити екстрені рятувальні роботи, надавати дані в режимі реального часу в командні центри і навіть виконувати пошуково-рятувальні місії в небезпечних середовищах.

Інтеграція штучного інтелекту (ШІ) і робототехніки кардинально змінила ситуацію. Пожежні роботи на основі штучного інтелекту тепер можуть аналізувати дані з різних датчиків, щоб приймати рішення в режимі реального часу, підвищуючи ефективність і результативність. Ці роботи можуть автономно переміщатися в складних середовищах, виявляти джерела пожежі та застосовувати відповідні заходи пожежогасіння без втручання людини.

Існують різні типи пожежних роботів, призначених для допомоги в різних аспектах пожежогасіння. Серед поширених типів, це [2]:



## **ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

1. Безпілотні наземні транспортні засоби (UGV): ці роботи розроблені для роботи на землі та можуть пересуватися по пересіченій місцевості чи небезпечних середовищах, щоб допомагати пожежникам, перевозячи обладнання, воду або виконуючи такі завдання, як розвідка.

2. Безпілотні літальні апарати (БПЛА): дрони, оснащені тепловізійними камерами або іншими датчиками, можуть використовуватися для повітряної розвідки, щоб оцінити масштаби пожежі, визначити місцезнаходження гарячих точок або керувати зусиллями з гасіння пожежі.

3. Роботи з дистанційним керуванням: їх можна використовувати для виконання різноманітних завдань, як-от поводження з небезпечними матеріалами, розрізання сміття чи навіть безпосередньо гасіння пожежі за допомогою води чи піни.

4. Автономні системи пожежогасіння: ці системи можуть включати комбінацію роботів, датчиків і ШІ для виявлення, оцінки та боротьби з пожежами без прямого втручання людини.

В Європі, наприклад, пожежні роботи представлені виробниками [3, 4, 5, 6, 7, 8] ANGATEC (Франція), SHARK-ROBOTICS (Франція), ROSENBAUER (Німеччина), DOK-ING (Хорватія), MILREM ROBOTICS (Естонія), LUF FIRE-FIGHTER (Австрія). Пожежні роботи розробляються з метою підтримки пожежно-рятувальних підрозділів під час різних операцій у сфері логістики під час гасіння пожеж або ліквідації аварій різного характеру. Роботизоване гусеничне шасі дозволяє точно керувати транспортним засобом і маневрувати на пересіченій місцевості, а також забезпечує надзвичайно високу стабільність. Пожежні роботи з модульною системою зручно застосовувати для доставки пожежних рукавів, пожежних стволів, димовсмоктувачів для забезпечення вентиляції задимлених приміщень, маніпулятором виконувати різні аварійно-відновлювальні роботи. Встановлення водяних або водо-пінних стволів дозволяє подавання вогнегасних засобів з продуктивністю до 3000 л/хв та ефективне застосування для гасіння промислових, складських, тунельних і лісових пожеж.

Пожежні роботи пропонують підвищену безпеку, зменшуючи вплив особового складу пожежного (рятувальника) на небезпечне середовище. Вони збирають важливу інформацію та оцінюють ситуацію до того, як увійде особовий склад, надаючи цінну інформацію про інтенсивність пожежі, структуру та потенційну небезпеку. Оснащені камерами високої роздільної здатності та технологією тепловізору, що дозволяє здійснювати спостереження та розвідку, оперативно вносити корективи у гасінні пожежі або ліквідації надзвичайної ситуації, важливо, що камери надають дані в реальному часі, підвищуючи обізнаність про ситуацію для кращого прийняття рішень щодо стратегій пожежогасіння, шляхів евакуації та розподілу ресурсів. Це забезпечує безпеку як особовому складу, так і постраждалим.

Також, деякі пожежні роботи призначені для роботи на вузьких вулицях і в закритих приміщеннях. Їхня механічна структура розроблена як двошарова система, що дозволяє їм працювати в середовищах з високою температурою. Можуть працювати на сходах в будівлях, підніматися на схили під кутом 30 градусів.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Інтернет ресурс - <https://www.gxsuprobot.com/The-Evolution-of-Fire-Fighting-Robots-A-Historical-Overview-id47562576.html> (режим доступу станом на 06.12.2024)
2. Інтернет ресурс - <https://www.linkedin.com/pulse/how-many-type-fire-fighting-robot-world-jiang-ada-bg8ac> (режим доступу станом на 06.12.2024)
3. Інтернет ресурс - <https://www.angatec.com> (режим доступу станом на 06.12.2024)
4. Інтернет ресурс - <https://www.shark-robotics.com> (режим доступу станом на 06.12.2024)
5. Інтернет ресурс - <https://www.rosenbauer.com> (режим доступу станом на 06.12.2024)
6. Інтернет ресурс - <https://dok-ing.hr> (режим доступу станом на 06.12.2024)
7. Інтернет ресурс - <https://milremrobotics.com> (режим доступу станом на 06.12.2024)
8. Інтернет ресурс - <https://www.luf60.at> (режим доступу станом на 06.12.2024)

УДК 351.86

## РОЛЬ ПІРОТЕХНІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ БЕЗПЕКИ ТА ВІДНОВЛЕННІ ТЕРИТОРІЙ

*Кустов М.В., д-р техн. наук, професор, Карпов А.А.  
Національний університет цивільного захисту України.*

Актуальність теми розмінування є надзвичайно високою, особливо в умовах сучасних конфліктів, зокрема в Україні. Після бойових дій на території, яка була охоплена конфліктом, можуть залишатися тисячі боєприпасів (міни, снаряди, тощо). Це представляє величезну загрозу для цивільного населення, яке може випадково натрапити на такі небезпечні предмети.

Розмінування є складною і багатогранною проблемою, що вимагає комплексного підходу. Сучасні наукові дослідження дають змогу створювати дедалі ефективніші методи та технології для вирішення цього завдання [1]. Однак, незважаючи на досягнуті результати, проблема розмінування залишається актуальною і потребує подальших зусиль з боку науковців, інженерів та міжнародної спільноти.

Тема технічних засобів запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій тісно пов'язана з розмінуванням та піротехнічною складовою в контексті запобігання небезпеці, яка виникає від вибухонебезпечних предметів (ВНП) після бойових дій, природних катастроф або техногенних аварій.

До технічних засобів, що застосовуються в цих процесах, належать:

- Мінно-піротехнічні засоби — спеціалізовані інструменти для виявлення мін, снарядів та інших вибухових пристроїв. Це можуть бути ручні металошукачі, роботизовані системи для дистанційного розмінування, а також системи для знешкодження вибухонебезпечних предметів.

- Роботи та дрони — безпілотні технології, які здатні обстежувати території з високим рівнем небезпеки, знижуючи ризики для людей. Дрони використовуються для огляду важкодоступних ділянок, а роботи для знешкодження мін або снарядів.

- Спеціалізовані транспортні засоби — для доставки піротехніків у небезпечні зони та проведення роботи на місцях. Це можуть бути броньовані машини, які дозволяють працювати у зонах з високим ризиком;

- Електромагнітні методи розмінування – перспективний напрям вирішення зазначених вище проблем, який дає змогу виявляти неметалеві компоненти мін і боєприпасів, що не розірвалися [2].

Принцип роботи електромагнітних методів виявлення та знешкодження ВР заснований на тому, що електромагнітні датчики дають змогу виявити аномалії відбитого електромагнітного випромінювання й таким чином локалізувати місце їх знаходження. Однак, ґрунтові умови, наявність металевих предметів у ґрунті, а також інші фактори можуть спотворювати результати вимірювань [3]. Аналіз сигналів, отриманих з електромагнітних датчиків, вимагає високої кваліфікації фахівців. Електромагнітні методи в основному ефективні для виявлення мін, розташованих близько до поверхні.

Електромагнітні методи розмінування відіграють важливу роль у гарантуванні безпеки персоналу та є перспективним напрямом досліджень [4]. Незважаючи на наявні обмеження, вони продовжують удосконалюватися, і в найближчому майбутньому можна очікувати на появу нових, ще більш ефективних рішень.

Основними аспектами запобігання надзвичайним ситуаціям через виявлення та знешкодження ВНП є: виявлення вибухонебезпечних предметів, знешкодження вибухонебезпечних предметів, запобігання нещасним випадкам та загибелі цивільного населення, інфраструктурні заходи, програми та міжнародна співпраця [5].

## **ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

Одним із важливих аспектів запобігання нещасним випадкам є навчання людей правилам безпеки в районах, де можуть бути присутніми ВВП. Це включає в себе інформування про небезпеку мін та снарядів, а також вказівки, як діяти при виявленні підозрілих предметів.

У разі виявлення ВВП, особливо в районах, де є велика концентрація боєприпасів, необхідно провести евакуацію людей для мінімізації загрози для життя. Це є важливим етапом в організації безпеки, особливо в зоні бойових дій.

Розмінування доріг, шляхів сполучення, житлових районів та стратегічно важливих об'єктів є критичним для забезпечення безпеки. Це дозволяє відновити нормальне життя, відновити транспортне сполучення та продовжити будівельні роботи.

Під час гуманітарних операцій важливо забезпечити безпеку працівників, які надають допомогу в постраждалих районах. Розмінування цих територій перед відправленням гуманітарної допомоги знижує ризики для життя.

Для ефективного запобігання надзвичайним ситуаціям в зоні конфлікту або катастрофи часто залучають міжнародні організації (наприклад, ООН, Міжнародний комітет Червоного Хреста), які займаються проведенням розмінувальних операцій, навчанням місцевого населення, а також наданням технічних засобів для знешкодження вибухонебезпечних предметів.

Міжнародний досвід у сфері розмінування та знешкодження вибухонебезпечних предметів дозволяє розробляти нові технології та методи роботи, зокрема для мінімізації загрози в умовах, де наявність ВВП є серйозною проблемою.

Спільні зусилля державних структур, піротехнічних служб та міжнародних організацій є важливими для ефективного виконання розмінувальних операцій, що дозволяє швидко відновлювати нормальне життя та підтримувати безпеку на територіях, які зазнали наслідків надзвичайних ситуацій.

Технічні засоби запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій є ключовим елементом стратегії боротьби з вибухонебезпечними предметами, зокрема у постконфліктних зонах та районах катастроф. Піротехнічні засоби відіграють незамінну роль у забезпеченні безпеки людей, ефективному відновленні інфраструктури та зниженні ризиків виникнення нових надзвичайних ситуацій. Завдяки новітнім технологіям, таким як роботизовані системи та дрони, процес розмінування стає більш безпечним і точним. Поряд із цим важливим аспектом є навчання та підготовка спеціалістів, а також співпраця на міжнародному рівні, що дозволяє прискорити знешкодження ВВП і знизити кількість жертв. Отже, застосування технічних і піротехнічних засобів є необхідною умовою для безпеки населення, стабільності в постраждалих регіонах і ефективного відновлення після надзвичайних ситуацій.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Mikulic, D., Mikulic, D. (2013). Design of demining machines. Springer London, 73-152. Doi: 10.1007/978-1-4471-4504-2\_5.
2. Kustov, M., Karpov, A. (2023). Sensitivity of explosive materials to the action of electromagnetic fields. Проблеми надзвичайних ситуацій. Харків: НУЦЗ України, 1(37), 4-17. Doi: 10.52363/2524-0226-2023-37-1.
3. Salam, A., Raza, U., Salam, A., Raza, U. (2020). Electromagnetic characteristics of the soil. Signals in the Soil: Developments in Internet of Underground Things, 39-59. Doi: 10.1007/978-3-030-50861-6\_2.
4. Krivtsun, V., Nanivska, L. (2023). Factors affecting the demining process. Social Development and Security, 13(5), 38-44. Doi: 10.33445/sds.2023.13.5.5.
5. Барбашин В.В., Назаров О.О., Рютін В.В., Основи організації піротехнічних робіт. Харків, 2011. С. 334

УДК 614.8.084:351.865:323.28

## РОЗРОБКА ХЕМІРЕЗИСТИВНИХ ГАЗОВИХ СЕНСОРІВ НА ОСНОВІ НАНОСТРУКТУР ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ

*Шевченко Р.І., д-р техн. наук, професор, Крадожон В.А., ад'юнкт,  
Карпенко К.М., курсант  
Національний університет цивільного захисту України*

Вивчення стану техногенної та природної безпеки в Україні в останні роки свідчить про збільшення кількості надзвичайних ситуацій, особливо в секторі небезпечної виробничої інфраструктури. В першу чергу це надзвичайні ситуації техногенного характеру, особлива небезпека яких пов'язана з викидами небезпечних хімічних речовин у навколишнє середовище. Зниження рівня безпеки внаслідок експлуатації будівель, споруд, обладнання та інженерних мереж на межі вичерпання ресурсів і скорочення терміну експлуатації об'єктів життєзабезпечення створюють потенційну небезпеку для життя і діяльності людей. Це вимагає, з одного боку, проведення комплексу превентивних заходів, а з іншого - розробки сучасного інструментарію для боротьби з надзвичайними ситуаціями техногенного характеру на об'єктах хімічної промисловості в умовах надмірних виробничих навантажень. Одним із шляхів вирішення цього протиріччя є комплексне використання методів попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури за рахунок використання хемірезистивних газових сенсорів на основі наноструктур.

Метою роботи є розробка та використання хемірезистивних газових сенсорів на основі наноструктур для попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури.

Оксиди металів дедалі більше привертають увагу дослідників у контексті створення газових сенсорів. Це зумовлено їхньою низькою вартістю, великою площею чутливої поверхні, а також простотою експлуатації таких пристроїв. До того ж існує широкий спектр методів виготовлення газових сенсорів на основі оксидів металів, що враховує використання як органічних, так і неорганічних матеріалів для формування чутливої поверхні [1]. Сенсори, створені на основі оксидів металів, ефективно реагують на різні токсичні, хімічно небезпечні та вибухонебезпечні речовини.

Це відкриває широкі перспективи для їх використання та стимулює пошук методів розробки газових сенсорів резистивного типу з високими експлуатаційними характеристиками [3]. Серед металевих оксидів, які найбільше підходять для виявлення горючих, відновних або окисних газів, можна виділити такі:  $\text{In}_2\text{O}_3$ ,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{GeO}_2$ ,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ,  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Nd}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{SnO}_2$  тощо [1]. Особливий інтерес викликає неорганічний оксид металу  $\text{ZnO}$ , що вирізняється високою біосумісністю, ефективною здатністю до перенесення електронів, хімічною стабільністю, високою механічною міцністю та нетоксичністю [2]. Додатковою перевагою є велика кількість методів отримання шару  $\text{ZnO}$ , які можуть бути як хімічними, так і вакуумними. Залежно від методу виготовлення, морфологія шару оксиду цинку може змінюватися від одновимірних до тривимірних структур. Серед прикладів одновимірних структур на основі  $\text{ZnO}$  можна виділити наноголки, нанострижні, наноспіралі, нанодропи тощо.

Проектування датчиків потребує моделювання сигналу сенсора залежно від параметрів чутливого шару та зовнішніх факторів, таких як температура й відносна вологість. Це робить дослідження впливу відносної вологості на робочі характеристики газового сенсора на основі оксиду цинку актуальним завданням. Установлення закономірностей, що визначають

взаємозв'язок між цими параметрами, є важливим для підвищення ефективності роботи таких пристроїв.

Для отримання зразків газового сенсора на основі ZnO використовували метод магнетронного розпилення постійного струму. В експерименті застосовували вакуумну установку ВУП-5М. Мішенню для формування плівки був цинк високої чистоти (99,99 %). Відстань між магнетроном і підкладкою становила 70 мм, а потужність магнетрона — 0,2 Вт/см<sup>2</sup>. Як інертний газ використовували аргон високої чистоти, а кисень — як активний. Тиск у вакуумній камері під час процесу досягав  $3 \times 10^{-5}$  мм рт. ст., а робочий тиск суміші аргону та кисню становив  $(2,1-2,6) \times 10^{-2}$  мм рт. ст. Температура підкладки підтримувалася на рівні 300 °С, а швидкість осадження плівки — 12 Å/с. Товщина плівок, виміряна за допомогою гелієво-неонового лазера з довжиною хвилі 633 нм, становила 2–2,5 мкм.

Для виготовлення сенсора на плівки наносили алюмінієві контакти методом вакуумного осадження через спеціальну маску. Товщина алюмінієвих плівок становила 300 нм, а залишковий тиск у камері —  $10^{-4}$  Па. Контакти з'єднували із зовнішніми проводами за допомогою електропровідного клею "Kontaktol Silver" (Польща).

Вимірювання змін вологості проводили в герметичному тестовому боксі об'ємом  $5,5 \times 10^{-4}$  м<sup>3</sup>. Вологість регулювали подачею гарячої води (95 °С) через капілярну трубку діаметром 0,3 мм, а контроль здійснювали цифровим термогігрометром із виносним датчиком та LCD-дисплеєм. Зразок сенсора на основі ZnO встановлювали в боксі, і дослідження проводили за кімнатної температури. Опір сенсора контролювали в режимі реального часу за допомогою електронного реєстратора, який фіксував усі проміжні параметри. Похибка експериментальних даних не перевищувала 5 %.

В результаті дослідження встановлено, що реакція газового сенсора на зміни відносної вологості повітря має обернено пропорційну залежність від його чутливості. Зі збільшенням рівня відносної вологості понад 45 % чутливість сенсора, яка є ключовим параметром його роботи, починає знижуватися. При досягненні вологості 87 % сенсор перестає реагувати на присутність цільового газу.

Також, проведено дослідження стабільності газового сенсора на основі ZnO, зокрема його стійкості до деградації протягом 10 днів. Встановлено, що опір чутливого шару сенсора після припинення впливу підвищеної вологості (понад 40 %) повертається до початкового значення протягом 10 хвилин, навіть без застосування додаткових заходів для зниження вологості в тестовій камері.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Deng, X., Sang, S., Li, P., Li, G., Gao, F., Sun, Y. et al. (2013). Preparation, Characterization, and Mechanistic Understanding of Pd-Decorated ZnO Nanowires for Ethanol Sensing. *Journal of Nanomaterials*, 2013, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2013/297676>.

2. Бурій О. А., Убізький, С. В. (2017). Наноструктуровані газові сенсори: сучасний стан і перспективи досліджень. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Серія: Радіоелектроніка та телекомунікації, 885, 113–131. Доступно за посиланням: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2018/jun/13517/17.pdf>.

3. Попов, О., Іващенко, Т., Маркіна, Л., Яцишин, Т., Яцишин, А., Литвиненко, О. (2023). Особливості спеціалізованих програмних засобів для оцінки наслідків аварій на хімічно небезпечних об'єктах. Системи, прийняття рішень та контроль в енергетиці V, 779–798. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7\\_45](https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_45).

УДК 351.862

## МОДЕЛЮВАННЯ ПОЖЕЖІ В ЇДАЛЬНІ ВІЙСЬКОВОГО ЛІЦЕЮ

*Цвіркун С.В., канд. техн. наук, доцент, Мельник В.П., канд. техн. наук, доцент,  
Яценко Д. І., Удовенко М.Ю.  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗУ*

Їдальня — заклад громадського харчування загальнодоступний або для обслуговування певного контингенту споживачів з різноманітним асортиментом страв. Їдальня — місце з масовим перебуванням людей, отже, пожежа загрожуватиме насамперед їхнім життям. Пожежі на підприємствах громадського харчування можуть виникнути як через порушення заходів пожежної безпеки при проектуванні та будівництві виробничої будівлі, так і через недотримання протипожежного режиму, а саме:

- недотримання режимів ведення технологічного процесу при тепловій обробці продуктів;
- пошкодження виробничих ємностей, апаратури і трубопроводів;
- відсутність постійного нагляду за справністю тепло- і газовикористовуючого устаткування;
- несвоєчасне проведення ремонту виробничого обладнання.

Кухня є одним з центральних приміщень у їдальні. Це приміщення, де готують їжу на професійному обладнанні. Обладнати кухню всім необхідним означає не тільки встановити професійні печі для приготування їжі та холодильне обладнання для її зберігання, але й прокласти всі необхідні комунікації, створивши такі умови роботи, які б відповідали усім вимогам пожежної та електробезпеки.

Як показує практика, однією з найбільш розповсюджених причин виникнення пожеж на кухні є займання горючої пило-жирової суміші, яка накопичується в вентиляційних каналах, витяжних системах і системах димовидалення, якими оснащують приміщення.

Провівши попередній аналіз було прийняте рішення провести розрахунки настання небезпечних чинників пожежі в приміщенні з осередком пожежі кухня.

Вихідні дані щодо пожежної навантаги («Їдальня, зал ресторану і т.п.»):

- нижня температура згоряння 13,8 МДж/кг;
- лінійна швидкість розповсюдження полум'я 0,0045 м/с
- питома масова швидкість вигорання 0,015 кг/м<sup>2</sup>с
- димоутворююча здатність 82 Нпм<sup>2</sup>/кг
- споживання кисню 1,437 кг/кг
- виділення вуглекислого газу 1,285 кг/кг
- виділення чадного газу 0,0022 кг/кг
- виділення хлористого водню 0,006 кг/кг.

Для визначення небезпечних чинників пожежі був використаний програмний комплекс FDS (Fire Dynamic Simulator). Вибір даного програмного комплексу обумовлений складною геометрією стелі (покрівлі) об'єкту, що унеможлиблює використання більш простих методик розрахунку небезпечних чинників пожежі.

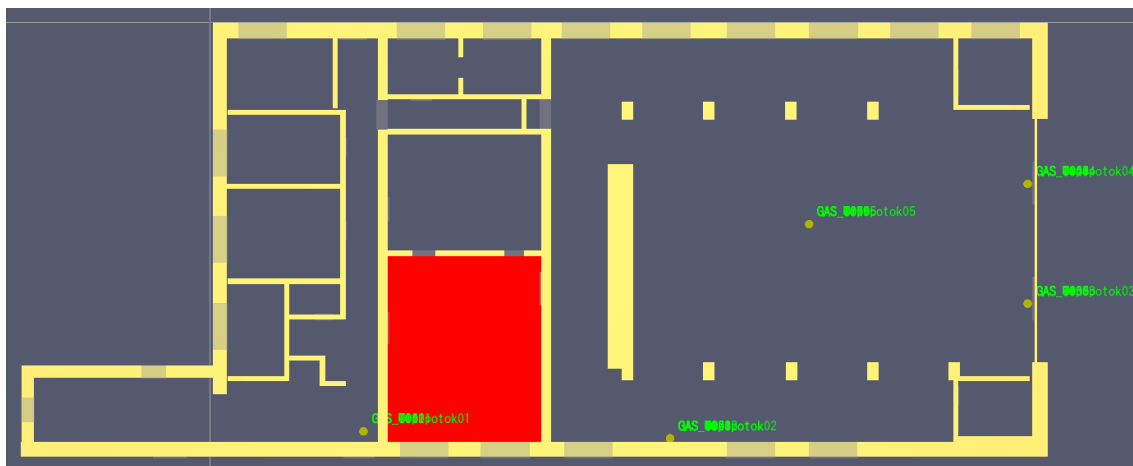


Рисунок 1 – Розташування датчиків, що вимірюють небезпечні чинники пожежі.

Таблиця 1.

Час досягнення критичного значення небезпечних чинників пожежі

Сценарій пожежі/ датчики	Час досягнення небезпечного чиннику пожежі*						
	Вміст CO	Вміст CO <sub>2</sub>	Вміст HCl	Занижений вміст O <sub>2</sub>	Підвищена температура	Втрата видимості	Тепловий потік
Датчик 1	415	-	223	387	322	154	-
Датчик 2	-	-	373	-	-	288	-
Датчик 3	571	-	317	-	-	225	-
Датчик 4	544	-	309	-	-	226	-
Датчик 5	582	-	366	-	-	256	-

При отриманні графічних і аналітичних результатів розрахунку полів НЧП місця розташування розрахункових точок брались в місцях найбільш тривалого перебування людей за відповідним сценарієм.

Червоним кольором позначена зона з безпечними умовами перебування з урахуванням параметру «втрата видимості».

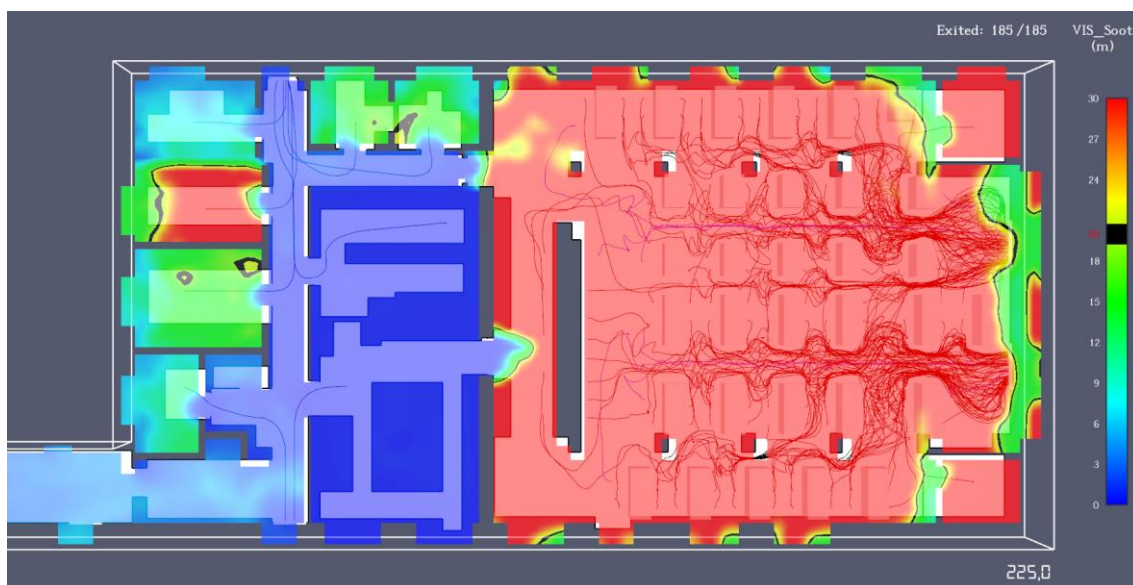


Рисунок 2 – Блокування евакуаційних виходів для персоналу (225 секунди)

За результатами визначення часу настання негативного впливу небезпечних чинників пожежі можна зробити висновки щодо блокування евакуаційних виходів та проведення оптимального розміщення відвідувачів та меблів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Правила пожежної безпеки в Україні. Наказ МВС від 30.12.2014 № 1417.
2. ДБН В.2.5-56:2014 “Системи протипожежного захисту”. Зі Зміною № 1.
3. ДСТУ 8828:2019 “Пожежна безпека”.
4. ДБН В.2.2 40 2018 “Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення”.
5. ДБН В.2.2-3:2018 “Заклади освіти”
6. ДБН В.2.2-25:2009 “Підприємства харчування (заклади ресторанного господарства)”.

#### УДК 629.33

### ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ГАСІННЯ ДЛЯ ГАСІННЯ ВЕЛИКИХ ПОЖЕЖ

*Назаренко С.Ю., канд. техн. наук, доцент, Максимов О.П.  
Національний університет цивільного захисту України*

Забезпечення безпеки населення є однією із основних функцій будь якої держави світу. Ця функція реалізується за рахунок створення різних формувань, зокрема, підрозділів цивільного захисту. Підрозділи цивільного захисту займаються проведенням профілактичних робіт відповідної направленості та проводять ліквідацію небезпечних подій і надзвичайних ситуацій, які виникають на певній території. Серед небезпечних подій та надзвичайних ситуацій найбільшу частоту виникнення мають пожежі.

Незважаючи на сучасні технології пожежогасіння, збитки від пожеж продовжують збільшуватися. Причиною цьому є безвідповідальність, недбалість, а так само зневага елементарними правилами протипожежної безпеки з боку людей, адже пожежа - це горіння, що стихійно розвивається, не передбачене технологічними процесами, що завдає матеріальних збитків, шкоди життю і здоров'ю людей.

Пожежна безпека може бути забезпечена заходами пожежної профілактики та активного пожежного захисту. Пожежна профілактика спрямована на попередження виникнення пожеж та зменшення наслідків від них, оскільки гасіння пожежі є дуже трудомістким, складним і небезпечним процесом.

Пожежі у містах та населених пунктах виникають при порушенні правил протипожежної безпеки через несправність електропроводки, поширення вогню при лісових, торф'яних та степових пожежах, при замиканні електропроводки під час землетрусів. При пожежі у населених пунктах сильний вітер може розносити займистий матеріал та іскри на значні відстані та цим поширювати пожежу. Пожежі у містах та населених пунктах надають морально-психологічний вплив на людей та порушують нормальну життєдіяльність.

Особливу небезпеку становлять пожежі на підприємствах нафтової, газової, хімічної промисловості та об'єктах енергетики.

Під час ліквідації пожеж важливе значення має саме подача води до осередку пожежі, найбільше це питання стосується при гасінні великих та масштабних пожеж. На які, як правило потрібна велика кількість вогнегасних речовин, а саме води.

У зв'язку з цим гостро постає питання обґрунтування технології застосування рукавних систем великої пропускної спроможності, що включає процес прокладання рукавних ліній, їх роботу, звільнення лінії від залишків вогнегасних речовин.

Огляд технічних можливостей пожежних підрозділів показав, що, починаючи з середини ХХ століття, для гасіння великих пожеж застосовуються насосна станція на шасі ЗіЛ (подача насосної установки (НУ) до 100 л/с) та рукавний автомобіль АР-2 (рис. 2) (запас



## ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

рукавів діаметром 150 мм до 1900) м), конструкція яких не зазнала істотних змін до теперішнього часу.



Рисунок 1 – ПНС-110 (131) 131А



Рисунок 2 – АР-2 (131) 133А

Однак, досвід гасіння великих пожеж, виявив необхідність застосування більш потужних засобів подачі вогнегасних речовин, розробка яких активно велася в останньому десятилітті. Як приклад пожежна насосно-рукавна станція. Пожежна насосно-рукавна станція ПНРС-220-800(6317) (рис. 3) призначена для прокладання напірних магістральних рукавних ліній, забезпечення безперебійної подачі води для живлення автоцистерн в місцях з її дефіцитом, створення запасу води в штучних водоймах та відкачування води із затоплених місць.



Рисунок 3 – Пожежна насосно-рукавна станція ПНРС 220/800 6317 F9

Поява пожежних автомобілів з насосними установками високої продуктивності вимагала забезпечення їх напірними рукавами і рукавною арматурою з відповідною пропускною здатністю.

З проведеного аналізу можна дійти невтішного висновку, що спостерігається тенденція збільшення масштабів пожеж, їх ліквідації пожежно-рятувальні і аварійні служби використовують напірні рукави, технологія застосування яких вивчені. Для обґрунтування технології застосування рукавних систем важливим є питання визначення їх гідравлічних характеристик. Дані гідравлічних характеристик (пропускна здатність, втрати напору) напірних пожежних рукавів, що застосовуються в даний час, були визначені ще в 40-х роках ХХ століття. За минулий період у галузі виробництва та експлуатації рукавів відбулися значні зміни.

Однак останнім часом для створення внутрішнього та зовнішнього покриття, а також просочення застосовуються нові матеріали (каучук, поліуретани, совілени та ін.). Матеріали при полімеризації та в процесі нанесення їх на внутрішню частину рукава утворюють

поверхні з різною шорсткістю, яка в свою чергу впливає на рух водяних розчинів по рукавах.

Працівники протипожежних служб для розрахунку максимальних довжин рукавних ліній та необхідних напорів на насосах користуються застарілими даними, отриманими на виробках, які в даний час не випускаються та для роботи не застосовуються. Викладений матеріал дозволяє говорити про актуальність питання обґрунтування технології застосування рукавних систем великої пропускної спроможності (100л/с) для гасіння масштабних пожеж.

Великий внесок у дослідження цієї проблематики зробили фахівці, які працюють у різний час Інституті державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту та Національного університету цивільного захисту України. Всі дослідження, що проводилися в даній галузі, були спрямовані на вивчення гідравлічних параметрів пожежних напірних рукавів з діаметрами умовного перерізу не більше 80 мм. Для пожежних напірних рукавів з діаметром умовного перерізу 150 мм на сьогоднішній день немає науково-обґрунтованих даних їх гідравлічних характеристик. А також досі дослідники в цій галузі не дійшли єдиної думки щодо впливу шорсткості на втрати натиску в рукавах.

УДК 629.33

### ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ ТЕХНІКИ

*Назаренко С.Ю., канд. техн. наук, доцент, Передрій І.О.  
Національний університет цивільного захисту України*

Для виробництва протипожежної техніки застосовують сучасні машинні технології. Експлуатація машин супроводжується процесами зношування, фізичним та моральним старінням. У результаті погіршуються техніко-економічні показники використання техніки. Для підтримки техніки у справному стані необхідно слідкувати за їх технічним станом, своєчасно та якісно проводити технічні обслуговування та ремонти, здійснювати зберігання техніки за оптимального витрачання трудових та матеріальних ресурсів.

Значною мірою ефективність роботи протипожежної техніки залежить від технічного стану двигунів внутрішнього згорання. За деякими типами машин частку дизельних двигунів доводиться до 50% відмов, а трудомісткість виконуваних робіт з їх усунення сягає 40% від загального часу.

Аналізуючи відмови дизельних двигунів, можна сказати, що за надійністю, системи та механізми у двигуні розподіляються таким чином:

- система живлення – до 45% відмов;
- циліндрпоршнева група – до 20%;
- газорозподільний механізм – до 15%;
- системи охолодження та мастила - до 10%.

Таким чином, своєчасне та якісне діагностування технічного стану циліндрпоршневої групи та систем паливо- та подачі повітря дозволить забезпечити високу технічну готовність техніки та виконання технологічних процесів у задані терміни, скоротити експлуатаційні витрати, підвищити ефективність діяльності аварійно-рятувальних формувань.

Основними зовнішніми ознаками несправності циліндрпоршневої групи і систем паливо- і подачі повітря є перевитрата масла, ускладнений пуск дизеля і нестійка робота, зниження потужності та економічності.

Основою підтримки дизельних двигунів у справному стані є система технічного обслуговування та ремонту (ТО та Р) машин.

Значною мірою ефективність ТО та Р дизелів залежить від ступеня досконалості методів та засобів діагностування їх технічного стану.

Підвищення ефективності використовуваної техніки досягається шляхом впровадження

## ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

сучасних методів та засобів технічного діагностування, яке у свою чергу є найважливішою частиною планово-запобіжної системи технічного обслуговування та ремонту машин. Технічне діагностування дає можливість збільшити міжремонтний ресурс вузлів та агрегатів, виключити необґрунтоване розбирання механізмів, знизити час ремонту з технічних причин, скоротити трудомісткість технічного обслуговування та експлуатаційні витрати, що значно підвищує ефективність використання протипожежної техніки.

Технічне діагностування дає можливість контролювати технічний стан машин у процесі експлуатації та прогнозувати їх ресурс до чергового ремонту у відповідність до отриманих показників [1, 2]. Воно дозволяє не тільки оцінювати технічний стан вузлів та агрегатів машин, але й дає можливість визначати об'єми та види необхідних робіт безрозбірними методами.

Сучасні методи та засоби технічного діагностування машин дають можливість оцінки технічного стану значної частини систем і механізмів машин без або з частковим їх розбиранням, а також прогнозувати термін служби окремих вузлів та агрегатів. Це дає можливість контролювати технічний стан техніки та знижує час її простою, забезпечуючи цим значне зниження експлуатаційних витрат. Своєчасне діагностування дозволяє скоротити витрату запасних частин і пально-мастильних матеріалів (ПММ), оскільки виконуються тільки дійсно необхідні операції з ремонту та регулювання. Виявлені та усунені вчасно суттєві несправності в системах живлення, запалення, агрегатах ходової частини та трансмісії допоможуть покращити паливно-економічні показники на 5-10%, підвищити потужність двигуна та у 2-3 рази підвищити екологічні показники при роботі машини.

Основними завданнями технічного діагностування є: контроль технічного стану відповідно до вимог технічної документації; пошук причин відмови (несправності); збирання вихідних даних для прогнозування технічного стану; підтримка надійності машин.

Вплив діагностування протипожежної техніки на виконання дій за призначенням представлено на рис. 1.

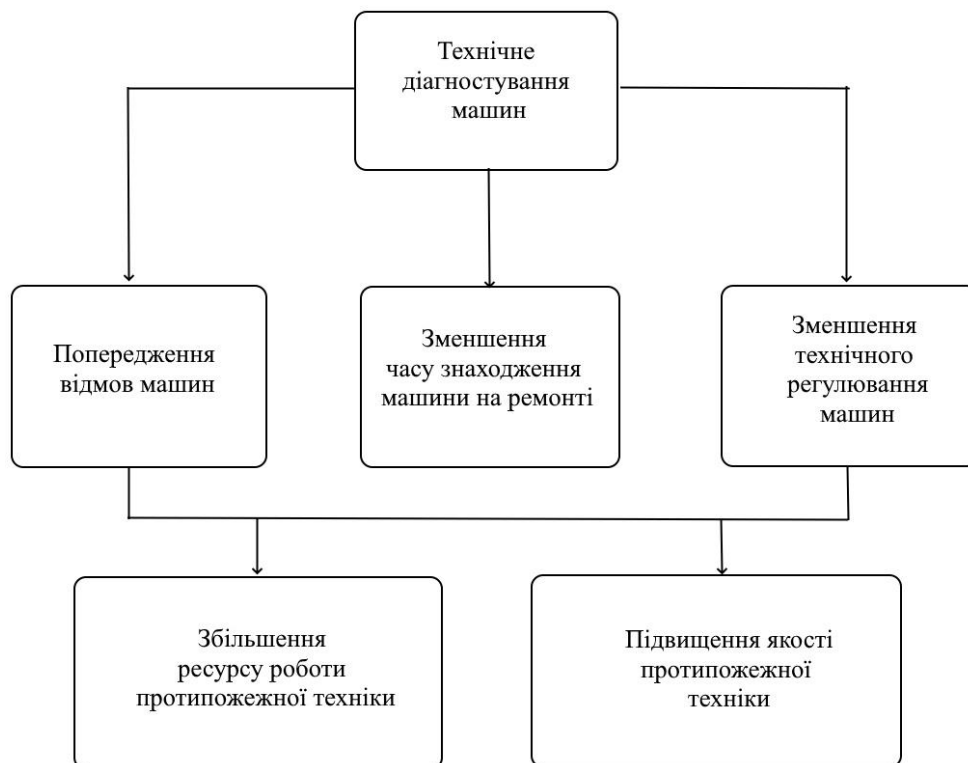


Рис.1. Вплив технічного діагностування протипожежної техніки на виконання дій за призначенням

Технічне діагностування протипожежної техніки рекомендується проводити за всіх

видів періодичного технічного обслуговування, закінчення міжремонтних термінів, за технічною потребою.

Важливість технічного діагностування протипожежної техніки обумовлена необхідністю забезпечення надійності та оперативності в умовах надзвичайних ситуацій. Відомо, що правильне діагностування може суттєво знизити ризик непередбачених виходів з ладу техніки.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Viktor Anisimov, Vadym Ryaboshapka, Semjons Ivanovs. Calculation of the performance indicators of machine and tractor aggregates using biofuel // journal of Research and Applications in Agricultural Engineering; 61(3), Poznan: Przemysowy Instytut Maszyn Rolniczych (PIMR), Branzowy Ośrodek Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej, 2016. (Journal Article, ind Agris, Cabi). PP. 16 - 20.

2. Viktor Anisimov, Vadym Ryaboshapka Modeling of machine-tractor units workflow on the use of biofuels // Materials international scientific conference [«Conserving soils and water»]. – Burgas, Bulgaria. 2016. PP. 74 – 75.

## СЕКЦІЯ 6 МЕНЕДЖМЕНТ БЕЗПЕКИ

УДК 342.951

### АДМІНІСТРАТИВНО-ПРАВОВІ ЗАСАДИ КООРДИНАЦІЇ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ СУБ'ЄКТІВ ПРОТИМІННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

*Ботнарєнко О.М., канд. юрид. наук, доцент, докторант Харківського національного  
університету внутрішніх справ*

Завдання та функції суб'єктів забезпечення протимінної діяльності визначаються законодавством та підзаконними нормативно-правовими актами, вони поділяються між органами державної влади та місцевого самоврядування, центрами протимінної діяльності та гуманітарного розмінування і операторами відповідно. Кожен із суб'єктів має свою зону відповідальності та роль у вирішенні питання мінімізації шкоди від дії вибухонебезпечних предметів.

В теорії науки існує підхід, що вбачає ототожнення споріднених термінів «завдання» та «функція». Він полягає у розумінні і взаємозв'язку цих понять у контексті діяльності організації, суб'єкта чи системи. Хоча терміни «завдання» і «функція» часто використовуються разом і можуть виглядати подібними, вони мають різні акценти та ролі в організації або структурі.

Наприклад, на думку В. Я. Малиновського, поняття «функція» в системі державного управління є багатозначним. Розрізняють функції виконавчої влади в цілому, функції органів виконавчої влади, їх структурних підрозділів і функції посадових осіб, окремих державних службовців [1].

Ми ж опираємося на позицію частини науковців, які вбачають, що завдання – це конкретна мета або ціль, яку потрібно досягти в рамках певної діяльності. Завдання відповідають на питання «що потрібно зробити?». Вони можуть бути короткостроковими (тактичними) або довгостроковими (стратегічними). Завдання визначаються як конкретні дії, які допомагають досягти кінцевого результату. У свою чергу, функція – це більш загальне поняття, яке стосується ролі або постійної діяльності суб'єкта в процесі досягнення поставлених завдань. Функції відповідають на питання «як це повинно бути зроблено?». Вони визначають регулярні, повторювані дії або процеси, необхідні для виконання завдань.

Як приклад, завдання забезпечення безпеки під час проведення робіт з розмінування тісно пов'язане з функціями координації роботи команд, контролю якості розмінування та моніторингу дотримання правил безпеки. Ці функції є ключовими елементами для досягнення головної мети — безпечного та ефективного очищення території від вибухонебезпечних предметів. Ці елементи взаємодіють і підсилюють одне одного.

Координація роботи команд розмінування є основою для безпеки, оскільки від злагодженої взаємодії між різними підрозділами залежить оперативність і ефективність робіт. Чіткий розподіл завдань і зон відповідальності допомагає уникнути помилок і зменшує ризик непередбачуваних ситуацій, що можуть загрожувати життю. Кожен член команди повинен чітко знати свої обов'язки, щоб робота велася синхронно, з мінімальними ризиками.

Контроль якості виконання робіт гарантує, що розмінування відбувається належним чином та за технологічними стандартами. Це безпосередньо впливає на безпеку, оскільки неякісне виконання робіт може призвести до залишення небезпечних об'єктів на території.

Тому контроль якості — це не лише оцінка ефективності роботи, а й перевірка того, наскільки точно дотримані всі заходи безпеки під час розмінування.

Моніторинг дотримання правил безпеки — це постійний процес, який забезпечує запобігання помилок в роботі, та, як наслідок, попередження нещасним випадкам. Під час розмінування важливо, щоб усі члени команд суворо дотримувалися інструкцій щодо використання захисного спорядження, технічних засобів виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів. Моніторинг допомагає своєчасно виявити порушення та попередити можливі небезпеки.

Таким чином, ці функції працюють як взаємопов'язані механізми, що забезпечують виконання завдання безпечно та якісно. Координація дозволяє уникнути хаосу та непорозумінь, контроль якості гарантує результативність, а моніторинг безпеки знижує ризики для життя і здоров'я учасників робіт.

Ототожнення термінів «завдання» і «функція» може виникати через те, що обидва поняття часто взаємопов'язані і працюють у тісному комплексі. Завдання визначають, що необхідно зробити, а функції – як це зробити. У деяких контекстах, зокрема в управлінських чи адміністративних структурах, завдання і функції можуть перекликатися, оскільки виконання певних функцій може бути водночас і завданням. Наприклад, завдання з організації процесу навчання саперів може включати в себе функції підготовки програм, контролю за їх виконанням, оцінки результатів. Таким чином, певні функції можуть виступати як конкретні завдання у рамках ширшої мети.

Відповідно до ч. 1 ст. 17 Закону України «Про центральні органи виконавчої влади» основними завданнями центральних органів виконавчої влади є:

- 1) надання адміністративних послуг;
- 2) здійснення державного нагляду (контролю);
- 3) управління об'єктами державної власності;
- 4) внесення пропозицій щодо забезпечення формування державної політики на розгляд міністрів, які спрямовують та координують їх діяльність;
- 5) здійснення інших завдань, визначених законами України [2].

Розподіл центральних органів виконавчої влади в контексті протимінної діяльності може бути здійснений на основі того, наскільки безпосередньо ці органи беруть участь у вирішенні питань, пов'язаних із розмінуванням, знешкодженням вибухонебезпечних предметів, а також забезпеченням безпеки на звільнених територіях. Ці органи можна умовно поділити на дві групи:

- 1) органи, в завданнях яких прямо зазначено питання протимінної діяльності;
- 2) органи, що здійснюють функції з протимінної діяльності в межах завдань більш широкого масштабу;
- 3) органи, завдання та функції яких не мають прямого зв'язку з протимінною діяльністю, а їх діяльність носить міжгалузевий характер.

Такий розподіл центральних органів виконавчої влади в контексті протимінної діяльності є зручним з точки зору розуміння адміністративно-правової ролі конкретного органу державної влади. Ключовими аспектами адміністративно-правової ролі є організація діяльності суб'єктів протимінної діяльності (стосується планування, визначення пріоритетів та ресурсів для проведення розмінування; важливою складовою є залучення та координація операторів протимінної діяльності, які фактично виконують фізичне очищення територій від вибухонебезпечних предметів); розробка та ухвалення нормативно-правових актів (органи державної влади, відповідальні за протимінну діяльність, створюють правову базу, яка регулює порядок проведення таких робіт, визначає стандарти безпеки, процедури сертифікації тощо); нагляд та контроль (органи виконавчої влади виконуючи наглядову функцію забезпечують дотримання законодавства, що стосується безпеки на розмінованих територіях, вони також контролюють якість робіт, зокрема видачу сертифікатів на підтвердження безпеки території після розмінування); координація взаємодії між різними органами та структурами (успіх протимінної діяльності значною мірою залежить від

співпраці між органами державної влади, а також з міжнародними організаціями та партнерами, які забезпечують фінансову, технічну або експертну підтримку в цьому процесі).

Поділ на органи з прямими повноваженнями і органи, що здійснюють протимінну діяльність в рамках ширших завдань, дозволяє не тільки чітко розподілити відповідальність, але й уникнути дублювання функцій, що могло б призвести до неефективності та втрат ресурсів. Центральні органи виконавчої влади, що спеціалізуються на протимінній діяльності, повинні мати більш сфокусовані завдання, тоді як інші органи здійснюють такі функції як частину ширшої компетенції з безпеки, відновлення тощо.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Малиновський В. Я. Державне управління : навч. посіб. / В. Я. Малиновський. – [Вид. 2-ге, допов. та перероб]. – К. : Атіка, 2003. – 576 с.
2. Про центральні органи виконавчої влади [Електронний ресурс] : Закон України від 17.03.2011 № 3166-VI : станом на 15 листопада 2024 р. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3166-17#Text> (дата звернення: 07.10.2024). – Назва з екрана.

## **РОЛЬ УПРАВЛІННЯ ЛЮДСЬКИМИ РЕСУРСАМИ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ КОРПОРАТИВНОЇ БЕЗПЕКИ**

*Любов Перетятко, канд. екон. наук, доцент,  
Лілія Балаш канд. екон. наук, доцент  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Управління людськими ресурсами (HR) відіграє ключову роль у забезпеченні корпоративної безпеки, адже люди є одним з найбільших факторів, що впливають на рівень ризиків та захисту в організації. Політика найму, навчання та мотивації співробітників може мати суттєвий вплив на здатність організації запобігати загрозам та реагувати на них.

### **1. Політика найму**

Правильний підхід до найму є першим етапом у забезпеченні безпеки організації. Вибір співробітників із відповідними навичками, досвідом і моральними якостями дозволяє знизити ризики, пов'язані з людським фактором, такі як шахрайство, несанкціонований доступ до конфіденційної інформації або внутрішні загрози.

#### **Ключові аспекти:**

- **Перевірка репутації та фону кандидатів:** Під час відбору важливо проводити детальну перевірку історії роботи, кримінального фону та інших аспектів, що можуть вказувати на потенційні ризики.
- **Аналіз психологічних рис:** Деякі організації використовують психометричні тести для оцінки особистісних рис кандидатів, що може допомогти виявити схильність до неетичних або небезпечних дій.
- **Вибір кандидатів, які поділяють корпоративні цінності:** Важливо, щоб нові співробітники поділяли цінності та принципи організації, що дозволяє створити безпечну й етично відповідальну культуру. Важливо, щоб нові співробітники не лише мали професійні навички, але й були готові поділяти національні та корпоративні цінності, що особливо актуально під час війни. Така відповідність дозволить підтримати стабільність та цілісність організації, сприяючи моральній підтримці колективу. Особливо важливим є вміння відрізнити кандидатів, які мають високий рівень лояльності до держави та організації, щоб запобігти можливим ризикам, таким як шпигунство чи саботаж. Питання моральних переконань стає особливо актуальним.

Важливо, щоб нові співробітники демонстрували високий рівень етики та здатність діяти в інтересах організації та держави, навіть коли це вимагає складних рішень.

## 2. Навчання

Постійне навчання та розвиток співробітників є необхідними для того, щоб підтримувати високий рівень безпеки в організації. Відсутність знань або застарілих навичок може стати причиною помилок, що знижують ефективність безпеки.

### Ключові аспекти:

- **Навчання з безпеки та конфіденційності:** Співробітники повинні бути ознайомлені з політиками і процедурами безпеки, включаючи захист персональних даних, інформаційної безпеки та управління доступом до важливої інформації.
- **Навчання з реагування на кризові ситуації:** Співробітники повинні бути підготовлені до того, як діяти в умовах надзвичайних ситуацій, таких як атаки на систему, витоки даних або фізична загроза.
- **Регулярне оновлення знань:** Технології та загрози швидко змінюються, тому навчання повинно бути регулярним, щоб співробітники могли реагувати на нові виклики безпеки.

## 3. Мотивація та утримання співробітників

Мотивація співробітників відіграє важливу роль у забезпеченні корпоративної безпеки. Задоволені та мотивовані працівники з меншою ймовірністю вчиняють неправомірні дії або стають джерелом загроз для організації.

### Ключові аспекти:

- **Підвищення відповідальності:** Працівники повинні відчувати, що їхня робота важлива для загальної безпеки організації. Це може бути досягнуто через систему винагород і визнання за активну участь у забезпеченні безпеки. Технічні навички є критично важливими для забезпечення безпеки даних та підтримки критичної інфраструктури організації. Важливо, щоб кандидати мали високий рівень кваліфікації в цій сфері, а також були здатні оперативно реагувати на загрози.
- **Участь у прийнятті рішень:** Важливо, щоб співробітники відчували свою причетність до процесу забезпечення безпеки, зокрема через участь у розробці політик, оцінку ризиків і впровадження заходів безпеки.
- **Створення корпоративної культури довіри:** Культура довіри та відкритості допомагає запобігти внутрішнім загрозам, адже працівники будуть схильні повідомляти про порушення безпеки без страху перед покаранням.

Роль управління людськими ресурсами в забезпеченні корпоративної безпеки є стратегічно важливою. Від політики найму до мотивації співробітників, правильний підхід до управління персоналом допомагає створити надійну систему безпеки в організації. Вона дозволяє не тільки мінімізувати зовнішні загрози, а й уникати можливих внутрішніх ризиків, що виникають через некомпетентність або неетичну поведінку співробітників.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Шляховий, І. В. Управління людськими ресурсами: теорія, практика та інновації. К.: КНЕУ.- 2019.
2. Тимченко, Т. М. Корпоративна безпека: теорія і практика. К.: Наукова думка.- 2021.
3. Карпенко, Л. В. Менеджмент корпоративної безпеки: основи та практичні аспекти. Харків: ХНЕУ.- 2018.



## ВИКЛИКИ HR-ІНДУСТРІЇ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ

*Христина МАТКІВСЬКА, ад'юнкт денної форми навчання докторантури,  
ад'юнктури ЛДУ БЖД*

Війна між Україною та росією спричинила значні зміни в усіх аспектах життя, зокрема і в безпеко-орієнтованих середовищах. Це, у свою чергу, наклало суттєві виклики на функціонування HR-індустрії. Найголовніше зберегти не просто команду, а людей та налагодження комунікацій таким чином, щоб це було комфортно, результативно та дієво.

Одним із ключових завдань для спеціалістів з управління персоналом під час війни є забезпечення безпеки співробітників. Мобілізація, постійні сигнали повітряної тривоги, загроза ракетних ударів, руйнування інфраструктури та примусова евакуація створюють нестабільність у робочих процесах. Організації повинні швидко розробляти кризові плани для своїх працівників, що передбачають евакуацію до безпечніших регіонів. Одним із рішень для забезпечення безпеки працівників є впровадження автоматизованих кадрових процесів та можливості дистанційного залучення працівників та особового складу.

Сучасні виклики HR-індустрії для таких організацій, як Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС), мають свою специфіку через складність завдань, пов'язаних із управлінням людськими ресурсами у сфері кризового реагування.



**Рисунок 1** – Основні виклики HR-індустрії в умовах війни

1. Психологічна стійкість персоналу. Робота в ДСНС пов'язана зі значними стресовими навантаженнями. Забезпечення психічного здоров'я співробітників через тренінги, психологічну підтримку та програми відновлення – критичний аспект HR-політики.

2. Цифровізація HR-процесів. У сучасних умовах HR-відділи ДСНС повинні використовувати автоматизовані системи для обліку кадрів, навчання, оцінки ефективності й управління графіками. Цифрові рішення сприяють оптимізації часу й ресурсів.

3. Постійне навчання і перепідготовка. Ситуації, з якими стикаються співробітники ДСНС, постійно змінюються. Тому необхідно регулярно оновлювати навчальні програми та

проводити тренінги для працівників з урахуванням нових викликів, таких як реагування на природні катастрофи, воєнні конфлікти чи техногенні аварії.

4. Адаптація до умов війни. В умовах війни HR-індустрія стикається з такими проблемами: ротація кадрів через мобілізацію, забезпечення безпеки персоналу в зоні бойових дій, управління стресом і емоційним вигоранням через екстремальні умови роботи.

5. Мотивація і соціальний пакет. Забезпечення конкурентного рівня заробітної плати, додаткових пільг та соціального захисту є важливим для утримання персоналу. Особливо це стосується компенсацій за ризики, пов'язані з професією.

6. Кризовий HR-менеджмент. HR має бути готовим до швидких змін, таких як надзвичайні ситуації або масштабні катастрофи. Це включає планування людських ресурсів, ротацію працівників і мобілізацію резервів. Інвестиції в розвиток HR-процесів є ключовими для покращення роботи ДСНС, адже саме людський фактор визначає успіх у реагуванні на надзвичайні ситуації.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Фурсін О. О. Технологічні засади комунікації як соціального феномена: можливості та перспективи розвитку: матеріали наук.-практ. конф., Київ, 30 травня 2023 року. Київ: ТОВ «Твори», 2023. С. 49-52.

2. Царук М.О. Україна долучилася до Програми «Цифрова Європа»: що це означає. URL: <https://thedigital.gov.ua/news/ukraina-doluchilasya-do-programi-tsifrova-evropa-shcho-tse-oznachae>

3. Цимбалюк С. О. Технології управління персоналом: навч. посіб. К.:КНЕУ, 2009. 399 с.

УДК: 351.78:005.334

### МЕНЕДЖМЕНТ ГІБРИДНИХ ПРОЄКТІВ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ

*Роман РАТУШНИЙ, Андрій РАТУШНИЙ, Дмитро АНДРУХІВ  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

*Гібридні проєкти стають важливим інструментом у системі управління цивільним захистом, дозволяючи ефективно адаптуватися до викликів сучасних надзвичайних ситуацій. Їх унікальність полягає у поєднанні елементів класичного проєктного управління з інноваційними методологіями, що забезпечують гнучкість і результативність. У дослідженні розглянуто особливості планування та реалізації гібридних проєктів із використанням сучасних технологій, таких як портфельно-гібридний підхід і системно-ціннісний аналіз. Особливу увагу приділено проблематиці територіальних систем безпеки, які залишаються вразливими до загроз. Запропоновані методи спрямовані на підвищення цінності проєктів для стейкхолдерів і створення ефективної архітектури управління системою безпеки.*

*Ключові слова: гібридні проєкти, управління цивільним захистом, портфельно-гібридний підхід, системно-ціннісний аналіз, територіальні системи безпеки, проєктне середовище, методи прогнозування.*

*Hybrid projects are becoming an important tool in the civil protection management system, allowing for effective adaptation to the challenges of modern emergencies. Their uniqueness lies in the combination of elements of classical project management with innovative methodologies that ensure flexibility and efficiency. The article discusses the peculiarities of planning and implementing hybrid projects using modern technologies, such as the portfolio-hybrid approach and system-value analysis. Particular attention is paid to the problems of territorial security*

*systems that remain vulnerable to threats. The proposed methods are aimed at increasing the value of projects for stakeholders and creating an effective security management architecture.*

**Keywords:** *hybrid projects, civil protection management, portfolio-hybrid approach, system-value analysis, territorial security systems, project environment, forecasting methods.*

Однією з основних цілей політики реформування системи цивільного захисту є створення апарату керування сучасного типу, який зможе застосувати сучасні технології (соціальні, інформаційні, управлінські та ін.). В систему таких змін покладений новий курс розвитку Єдиної державної системи цивільного захисту в основу якої входить ряд завдань, таких як: модернізація організаційно-штатної структури, забезпечення ефективності державного управління у сфері цивільного захисту, удосконалення системи реагування на надзвичайні ситуації, підготовка, перепідготовка та підвищення кваліфікації фахівців з питань цивільного захисту, а також ряд законів та інших нормативних актів, які складають правову основу цивільного захисту.

На думку більшості учених, у суспільстві зростають вимоги до керівників управлінь служб цивільного захисту – як менеджерів інтелектуальної еліти суспільства, тому повинна підвищитись якість підготовки та використання спеціальних знань в сфері цивільного захисту. Сьогодні менеджер розглядається як професійний працівник системи управління, який об'єднує в собі і посаду, і спеціальність, і класифікаційний рівень. Професіоналізм управлінця характеризується не стільки збільшенням масштабів управління, скільки динамікою управлінських процесів, підвищенням соціальної та юридичної відповідальності керівника перед суспільством. Проблема моральної регуляції для управлінця має передусім практичне значення. Як керівник, управлінець мусить бути не лише зразком моральної поведінки, але і вміти виховувати високі моральні якості у колег і підлеглих, а також уміло керувати їх моральним станом і приймати управлінські рішення, які мають певне філософське обґрунтування.

Одним з найважливіших якостей менеджерів цивільного захисту є професійна здатність працівників виконувати поставлені непрості завдання. Для ефективної роботи працівники органів і підрозділів цивільного захисту повинні вміти чітко планувати і розподіляти робочий час та ефективно використовувати його.

Показником їх професійної діяльності є швидкість прийняття управлінських рішень, якісне виконання поставлених завдань.

Управління систем безпеки має свої специфічні особливості, обумовлені змістом та умовами роботи. Оскільки робота керівника служби цивільного захисту багатофункціональна і залежить від ситуацій, йому доводиться виконувати різні функції: організаційні, мотиваційні, контролюючі та інші.

Досвід минулих років засвідчив, що вирішення важливих проблем інноваційного характеру, які вирішуються в умовах надзвичайних ситуацій неможливе без впровадження принципово нових методів управління, зміни стилю керівництва, розширення і поглиблення гласності, особливо тоді, коли йдеться мова за безпеку людей слід підходити з точки зору проєктного менеджменту.

Нині Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) проводить реформування територіальних систем безпеки (ТСБ), які функціонують неефективно, що зумовлює значні втрати людей, природних матеріальних ресурсів під час надзвичайних ситуацій (НС) та в особливий період воєнного стану. Розроблена стратегія реформування ДСНС, регіональні комплексні програми цивільного захисту населення і територій від НС, а також реалізовані локальні проєкти розвитку ТСБ, не приносять бажаних результатів. Це пов'язано із тим, що окремі проєкти реалізуються без системного оцінення їх цінності та використання сучасних методологій управління проєктами та їх портфелями. Найбільш незахищеними від НС залишаються окремі сільські територіальні громади, які розташовані на значних відстанях від чинних пожежно-рятувальних формувань (ПРФ). Вони потребують першочергової реалізації проєктів розвитку ТСБ окремих регіонів, що забезпечать створення

максимальної цінності для їх стейкхолдерів. Проекти розвитку ТСБ переважно фінансуються системно із державного та регіональних бюджетів, вони мають специфічне проектне середовище, а їх продукти системно впливають на ефективність реформованих ТСБ регіону. Для оцінення цінності продуктів проектів розвитку ТСБ слід моделювати виконання гібридних проектів. Відповідно планування та реалізацію проектів розвитку ТСБ та ГП у межах окремого регіону слід виконувати системно. Це потребує реалізації портфельів проектів розвитку територіальних систем безпеки (ПРТСБ) та якісного управління ними. Водночас вище зазначене свідчить про потребу розроблення методології портфельно-гібридного управління, яка включає системно-ціннісні підходи, моделі, методи і засоби управління.

Забезпечити отримання максимальної цінності для стейкхолдерів проектів розвитку ТСБ можна завдяки використанню методології портфельно-гібридного управління ПРТСБ, що передбачає розроблення та використання методів, моделей та інструментальних засобів, які враховуватимуть як особливості специфічного проектного середовища (наявність та територіальне розташування населених пунктів на території ОТГ, чисельність жителів, а також наявність потенційно-небезпечних об'єктів у кожному із населених пунктів ОТГ, наявність та стан мережі доріг, доступність ресурсів, наявність джерел та обсяг фінансування окремих проектів тощо). Також важливою складовою, яка значною мірою впливає на цінність проектів розвитку ТСБ, є скінченна кількість варіантів параметрів об'єктів конфігурації, що значною мірою впливають на множину можливих їх сценаріїв їх реалізації, а також архітектуру ПРТСБ. Вибір ефективних варіантів параметрів об'єктів конфігурації, сценаріїв реалізації проектів розвитку ТСБ, а також архітектури ПРТСБ з-поміж наявної їх множини можливо здійснити на підставі моделювання їх продуктів – гібридних проектів, що реалізуються кожною із створених елементарних ТСБ. Саме це моделювання забезпечить адекватне прогнозування показників цінності, які лежать в основі формування ефективних ПРТСБ та розроблення їх концептуальних планів.

Гібридними проектами будемо називати проекти, які періодично повторюються, або ж продукти (послуги) яких є унікальними, однак характеризуються споживчими властивостями, які є притаманні наявним продуктам чи послугам. Характерною особливістю таких проектів є наявність певного досвіду (знань) щодо їх реалізації або ж наявність досвіду (знань) щодо використання продуктів чи послуг з частково однаковими споживчими властивостями.

Для управління гібридними проектами використовується операційно-проектне управління. На відміну від класичного проектного управління воно відрізняється наявністю знань з управління проектами, що відбулися у минулому, або ж наявністю досвіду (знань) з використання продуктів чи послуг з частково однаковими споживчими властивостями зі створюваними продуктами (послугами).

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бондаренко В.В. Обґрунтування портфельів проектів реінжинірингу систем пожежогасіння сільських поселень [Текст] : автореф. дис ... канд. техн. наук : спец. 05.13.22 «Управління проектами та програмами» / В.В. Бондаренко. – Львів, 2014. – 18 с.
2. Григоренко Н. В. Зарубіжний досвід побудови систем надання державних послуг у сфері цивільного захисту / Н. В. Григоренко // Теорія та практика державного управління. – 2015. – Вип. 2. – С. 290-297.
3. Грицюк Ю. І. Формування портфеля проектів з удосконалення системи безпеки життєдіяльності / Ю. І. Грицюк, О. Б. Зачко // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів: РВВ НІТУ України. – 2009. – Вип. 19.11. – С. 259-266.
4. Ідентифікація та особливості управління гібридними проектами / О. В. Сидорчук, Р. Т. Ратушний, О. М. Сіваковська, О. В. Шелега // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Серія: «Технічні науки». – К.: НТУ, 2014. – Вип. 14, ч 1. – С. 216 - 220.
5. Методичні рекомендації для органів місцевого самоврядування щодо організації та

забезпечення пожежної безпеки на території об'єднаних територіальних громад / [Демчук В.В., Єременко С.А., Пруський А.В. та ін.]// Інститут державного управління у сфері цивільного захисту. – К: ДСНС, 2017. – 42с. – Режим доступу: <http://www.dsns.gov.ua/ua/Metodichni-materiali.html>

**УДК 334.1**

## **УПРАВЛІННЯ ФІНАНСОВОЮ БЕЗПЕКОЮ ПІДПРИЄМСТВ**

*Содома Р.І., канд. екон. наук, доцент,  
доцент кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Фінансова безпека підприємства, як одна з ключових складових економічної безпеки, заслуговує на особливу увагу через її значущість у забезпеченні захисту фінансової сфери діяльності. Вона не лише впливає на поточну ефективність роботи, але й формує основу для подальшого розвитку. Центральним елементом системи управління фінансовою безпекою є механізм управління, який об'єднує необхідні компоненти й визначає порядок реалізації заходів для протидії внутрішнім і зовнішнім загрозам з метою захисту пріоритетних фінансових інтересів підприємства.

Розробка такого механізму має індивідуальний характер, що ускладнює створення єдиного методологічного підходу. Водночас це відкриває можливість визначити загальні методичні основи, які окреслюють складові механізму та етапи його формування. Подальші дослідження мають бути спрямовані на уточнення принципів, функцій, а також методів, інструментів та важелів, що доцільно застосовувати в управлінні фінансовою безпекою з урахуванням особливостей фінансово-господарської діяльності підприємства.

Кожна система управління фінансовою безпекою підприємств є унікальною через особливості фінансово-господарської діяльності та вплив зовнішнього фінансового середовища.

Для забезпечення фінансової безпеки важливо визначити суб'єкти безпеки, так, на найвищому рівні розташовуються керівники підприємства, зокрема фінансовий директор. Другий рівень займають керівники структурних підрозділів, які безпосередньо пов'язані з фінансовими процесами, такі як головний бухгалтер та головний економіст. На третьому рівні перебувають бухгалтери, аналітики, аудиторі, фінансові менеджери та інші фахівці, що займаються збиранням, аналізом, перевіркою та обробкою обліково-аналітичної інформації.

Послідовність формування механізму управління фінансовою безпекою підприємства передбачає такі етапи:

1. Формування організаційної структури суб'єктів фінансової безпеки в межах системи економічної безпеки підприємства із визначенням обов'язків, завдань та формуванням комунікаційних зв'язків.

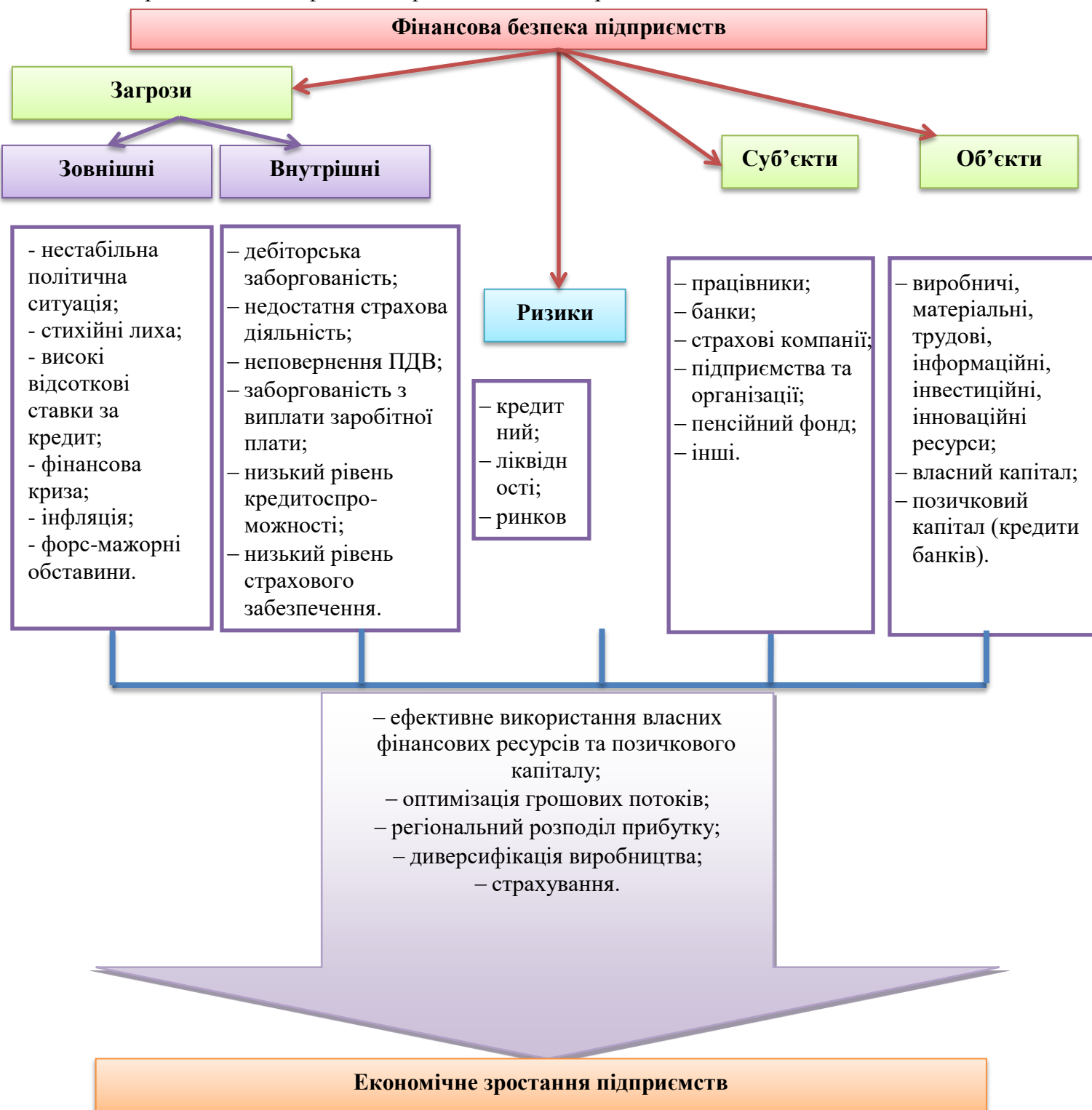
2. Організація обліково-аналітичної системи забезпечення фінансової безпеки підприємства шляхом внесення необхідних змін в обліково-аналітичну систему управління підприємством, що спрямовано на зменшення фінансових ризиків та своєчасне виявлення ключових внутрішніх та зовнішніх загроз.

3. Оцінювання зовнішнього та внутрішнього фінансового середовища з метою визначення поточного рівня фінансової безпеки підприємства та виявлення переліку зовнішніх та внутрішніх загроз, їх класифікація та ієрархічне впорядкування щодо здатності та доцільності реалізації захисних заходів.

4. Прогнозування зміни внутрішнього та зовнішнього середовища з метою зменшення фінансових ризиків, запобігання виникненню та зменшення негативної дії ключових загроз.

5. Регулювання фінансової безпеки підприємства шляхом реалізації захисних заходів.

6. Контролювання рівня фінансової безпеки підприємства та результативності дій суб'єктів безпеки. формована послідовність визначає лише суть основних етапів, а зміст та тривалість виконання значною мірою залежить від масштабів діяльності певного підприємства, специфіки його фінансово-господарської діяльності та інших чинників.



**Рисунок 1** – Місце кредитних відносин у забезпеченні фінансової безпеки підприємств\*  
Джерело: Авторська розробка на основі джерел [1; 2].

Під фінансовою безпекою підприємств розуміємо сукупність таких структурних компонентів, використання яких характеризується стійкістю до зовнішніх та внутрішніх загроз, можливістю запобігти ймовірності появи того чи іншого фінансового ризику та

## **МЕНЕДЖМЕНТ БЕЗПЕКИ**

забезпечити ефективне використання власних фінансових ресурсів і позичкового капіталу (кредити банку), оптимізацію грошових потоків, раціональний розподіл прибутку, диверсифікацію виробництва та страхування продукції, тобто досягти стійкого економічного розвитку. Отже, фінансова безпека є важливою складовою економічної безпеки, оскільки:

☑ підприємства реалізують свої функції через використання власних фінансових ресурсів та залученого капіталу;

☑ через управління грошовими коштами здійснюється вплив на виробничу діяльність;

☑ комплексний підхід до вирішення проблем передбачає поєднання структурних компонентів фінансової безпеки (загрози, ризику, суб'єкти та об'єкти).

Фінансова безпека підприємства – це стан, за якого підприємство має достатні фінансові ресурси для виконання своїх зобов'язань, зберігає фінансову незалежність і стійкість, а також забезпечує захист ключових фінансових інтересів від внутрішніх і зовнішніх загроз. Вона створює умови для стабільного довгострокового розвитку відповідно до обраної фінансової стратегії. Основними фінансовими інтересами підприємства є збільшення його ринкової вартості, підвищення рентабельності активів і власного капіталу, забезпечення фінансових ресурсів на кожному етапі розвитку, досягнення фінансової стабільності та формування позитивного ділового іміджу. Загальний рівень фінансової безпеки держави залежить від фінансової стабільності окремих регіонів і їхньої взаємодії, що сприяє сталому розвитку всіх територіальних одиниць.

Саме фінансова безпека створює фінансові (які є складовою економічних) умови для ефективного використання фінансових ресурсів підприємств, забезпечення стабільності фінансових результатів, цілей та стратегії розвитку.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Содома Р.І. Саміло А.В. Марутяк Г.С. (2022) Моніторинг фінансово-економічної безпеки регіонів в сучасних умовах. Цифрова економіка та економічна безпека. 1 (01) 2022. с. 118-123. (UA)

2. Ruslana Sodoma, Dmytro Kobylkin, Tetiana Shmatkovska, Ihor Pavuk (2024) Management of infrastructure development projects of Ukraine and rural areas. *Scientific Papers Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development"* Volume 24, Issue 3/2024 p. 821-832 [https://sci.ldubgd.edu.ua/bitstream/123456789/14621/1/volume\\_24\\_3\\_2024%20WOS.pdf](https://sci.ldubgd.edu.ua/bitstream/123456789/14621/1/volume_24_3_2024%20WOS.pdf) (EN)

## **ПЕРСПЕКТИВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ ТА ПОМ'ЯКШЕННЯ НАСЛІДКІВ НА ВИКЛИКИ**

*Вадим ТЮТЮНИК, д-р техн. наук, професор,  
Олександр ЯЦЕНКО, канд. екон. наук, доцент  
Національний університет цивільного захисту України*

Критична інфраструктура (ОКІ) України включає: паливно-енергетичний сектор; цифрові технології; захист інформації; харчову промисловість та агропромисловий комплекс; державний матеріальний резерв; охорону здоров'я; ринки капіталу та організовані товарні ринки; фінансовий сектор; транспорт і пошту; системи життєзабезпечення; промисловість; сектор громадської безпеки; цивільний захист населення і територій; охорону навколишнього природного середовища; сектор оборони; правосуддя; сектор виконання кримінальних покарань, тримання під вартою та утримання військовополонених; державну реєстрацію; наукові дослідження та розробки; фінансовий сектор; сектор вибори та референдуми; соціальний захист; інформаційний сектор, а також сектор державної влади та

місцевого самоврядування. Їх стійкість та відновлюваність забезпечує стабільність функціонування та сталий розвиток держави.

Згідно ЗУ “Про критичну інфраструктуру” під стійкістю критичної інфраструктури розуміється стан критичної інфраструктури, за якого забезпечується її спроможність функціонувати у штатному режимі, адаптуватися до умов, що постійно змінюються, протистояти та швидко відновлюватися після впливу загроз будь-якого виду.

Генезисно аналізуючи міжнародний досвід у зазначеному напрямку, зокрема Міністерства внутрішньої безпеки Сполучених Штатів Америки (DHS), де термін «стійкість» трактується, як «здатність адаптуватися до змінних умов, протистояти загрозам порушення функціонування та швидко відновлюватися після криз». А також Директива президента США 2013 року (PPD-21) 15 передбачає завдання щодо забезпечення безпеки та стійкості і дає такі визначення щодо завдань політики у сфері захисту критичної інфраструктури, а саме: стійкість ОКІ – «спроможність підготуватись та адаптуватися до змінних умов, а також протистояти загрозам порушень функціонування та швидко відновлюватися від цілеспрямованих атак, аварій, природних загроз та інцидентів»; забезпечення безпеки ОКІ – «зменшення ризику критичної інфраструктури від втручання, атак або ефектів, спричинених природними катастрофами або людською діяльністю, за рахунок реалізації заходів із фізичного захисту або кіберзахисту».

Отже, спостерігається зміщення акценту з діяльності, спрямованої на забезпечення безпеки, на запобігання порушенням функціонування умовного критичного об'єкта, переважно через зловмисні дії, із поступовим урахуванням загроз природного та техногенного характеру. При цьому особлива увага приділяється створенню додаткових механізмів захисту, враховуючи військові дії РФ проти України.

Водночас, термін «стійкість» зосереджується на формуванні спроможностей для підготовки до запобігання і реагування на загрози (інциденти), адаптації до нових умов роботи та відновлення нормального функціонування, охоплюючи також аспекти, притаманні поняттю «захист».

Міжнародні експерти відзначають, що в практиці United States of America стійкість розглядається як цінність, якість і бажана характеристика суспільства та держави (системи), а також як її основоположний елемент. Аналіз використання поняття «стійкість» демонструє його застосування для визначення двох ключових інструментів формалізації діяльності системи національної безпеки: 1) як вимоги до діяльності, що охоплює врахування різних типів загроз і здатність реагувати на них протягом усього циклу розвитку ситуації (події чи інциденту). Це створює основу для методологічного виміру діяльності; 2) як цільового стану, що передбачає розвиток спроможностей ширшої системи, яка відповідає поставленим цілям і визначає вимір діяльності.

У національному законодавстві забезпечення безпеки та стійкості КІ часто визначається як один із ключових елементів формування національної стійкості. Водночас виникає потреба у чіткому розмежуванні завдань, що стосуються стійкості критичної інфраструктури, і більш широких питань національної безпеки. Наразі завдання забезпечення національної стійкості є пріоритетом для нашої держави. У зазначеному Президентом України Володимиром Зеленським Плані внутрішньої стійкості України, визначено десять складових: «Єдність», «Фронт», «Зброя», «Гроші», «Енергетика», «Безпека», «Громади», «Людський капітал», «Культурний суверенітет» та «Політика героїв». Повністю План внутрішньої стійкості України з усіма додатками буде представлений у грудні 2024 року. За словами Президента, документ фактично стане першою Українською доктриною, яка має провести державу від війни до миру.

Одним із важелів реалізації стійкості держави є необхідність забезпечення на відповідному рівні інформаційної безпеки держави організаційно-технічними складовими якої є заходи з кібербезпеки та кібергігієни, особливо в умовах війни.

Розглянувши ключові проблеми кіберзахисту ОКІ України, проаналізувавши реальні приклади атак, необхідно наголосити що сучасними викликами кіберзагроз є: 1) збільшення



кількості атак, спрямованих на порушення роботи ОКИ; 2) використання складних атак, атаки на Supply Chain Management (SCM) та DDoS, включаючи ransomware. Ці атаки використовують такі вразливості ОКИ України.

Технічні вразливості: використання застарілих операційних систем (наприклад, Windows XP або Windows 7); відсутність оновлень безпеки у системах управління (SCADA та ICS); недостатня сегментація мереж, що дозволяє атакуючим швидко поширюватися.

Соціальні вразливості: низька поінформованість співробітників про кіберзагрози; використання слабких паролів або повторне їх застосування.

Організаційні недоліки: неповне дотримання стандартів ISO/IEC 27001 у сфері інформаційної безпеки; слабкий контроль за підрядниками, які мають доступ до критичних систем.

До недоліків існуючих заходів кіберзахисту також можна віднести: нестачу кваліфікованих кадрів у сфері кібербезпеки, а також застарілі системи IT-інфраструктури в деяких секторальних об'єктах КІ, несумісність технологій і недостатній рівень фінансування та модернізації систем безпеки.

Таким чином, кіберзахист ОКИ є багатогранне завдання, яке потребує технічного, організаційного та законодавчого підходу. Реалізація запропонованих заходів та зміцнення співпраці з міжнародними партнерами дозволяє Україні суттєво підвищувати стійкість до кіберзагроз. Ефективний захист критичних систем питання національної безпеки та основа сталого соціально-економічного розвитку держави і суспільства. Кібербезпека на ОКИ реальна загроза як під час війни так і після воєнного періоду, яка потребує скоординованих зусиль держави, бізнесу та міжнародних партнерів. Україна має продовжувати модернізацію своїх систем, інвестувати в освіту майбутніх фахівців та удосконалювати нормативно-правову базу. Боротьба з кіберзагрозами не тільки реакція на атаки, а й профілактика, що забезпечується створенням на ОКИ відповідних систем управління інформаційною безпекою як частин загальної системи менеджменту, на засадах використання методів оцінки ризиків (бізнес-ризиків) для розробки, впровадження, функціонування, моніторингу, аналізу, підтримки та поліпшення інформаційної безпеки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Конституція України, прийнята на п'ятій сесії Верховної Ради України 28 червня 1996 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>
2. Закон України «Про національну безпеку України» від 21 червня 2018 року № 2469-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text>
3. Закон України «Про критичну інфраструктуру» від 16 листопада 2021 року № 1882-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>
4. Закону України «Про основи національного спротиву» від 16 липня 2021 року № 1702-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1702-20#Text>
5. Закону України «Про боротьбу з тероризмом» від 20 березня 2003 року № 638-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/638-15#Text>
6. Закон України «Про правовий режим воєнного стану» від 12 травня 2015 року № 389-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text>
7. Особливості цивільного захисту в умовах воєнного конфлікту: Колективна монографія. За редакцією Роберто Мугаверо, Володимира Андронova та Максима Кустова. (Розділ 1 Вадим Тютюник, Олександр Яценко, Ольга Тютюник) Харків–Рим, 2023.
8. Наказ Державної служби України з надзвичайних ситуацій «Про затвердження Положення про технічний захист інформації у Державній службі України з надзвичайних ситуацій» від 11 грудня 2013 року № 755. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0755388-13#Text>

УДК 651.11

## МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ КІЛЬКІСНОГО АНАЛІЗУ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

*Ірина БАЧИНСЬКА, Віктор ШЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Проблема аварійності на дорогах України є надзвичайно актуальною проблемою. Зважаючи на те, що рівень автомобілізації в Україні один із найменших у Європі, а це 232 автомобілів на 1000 осіб, рівень смертності в результаті ДТП в нашій країні приблизно у два рази більший ніж середній показник країн Євросоюзу (ЄС) при рівні автомобілізації населення меншому у 2,6 рази.

Причин високого рівня аварійності на автошляхах країни:

- низький рівень правової культури учасників дорожнього руху;
- нехтування елементарними вимогами безпеки дорожнього руху%;
- незадовільний технічний стан транспортних засобів;
- незадовільний стан автомобільних доріг;
- незадовільна організація дорожнього руху;
- безкарність осіб, які скоїли правопорушення, пов'язані з транспортом.

За даними Департаменту патрульної поліції (ДПП), понад 21,5 тисяч ДТП з постраждалими зафіксовано в Україні за 10 місяців 2024 року. Це на 9 % більше, ніж за аналогічний період 2023 року. Найпоширеніші ДТП, це зіткнення транспортних засобів (41,4%), наїзд на пішохода (27,5%) та наїзд на перешкоду (12,3%).

Суттєво збільшилась кількість ДТП з постраждалими з вини дітей – у 1,4 рази цього року. Найбільше таких ДТП сталося на Львівщині.

Отже, для України надзвичайно актуальною проблемою є розв'язання цілого комплексу завдань з підвищення безпеки дорожнього руху. Для досягнення позитивних результатів безпеки дорожнього руху одним із ключових моментів є використання превентивних заходів, а також ефективне управління всіма аспектами БДР.

Кількісний аналіз ДТП дозволяє оцінити рівень аварійності за місцем й часом їх здійснення. Під час його проведення застосовуються абсолютні й відносні показники.

Абсолютні показники аварійності: загальна кількість ДТП, загальна кількість потерпілих і загиблих, загальна кількість потерпілих з матеріальним збитком.

Відносні показники аварійності дозволяють порівнювати рівень аварійності різних регіонів, магістралей, ділянок мережі. Ці показники аварійності застосовують на 100 тис. мешканців, на 1 тис. транспортних засобів, на 1 тис. водіїв, на 1 км. дороги, на 1 млн. км пробігу.

Під час дослідження відносного показника аварійності, особливо для магістральних вулиць міського значення необхідно враховувати інтенсивність дорожнього руху (*на різних вулицях різна кількість смуг руху в одному напрямку*).

З урахуванням середньодобової інтенсивності  $N$  руху транспортних потоків за рік на ділянці магістралі довжиною  $l$  показник відносної аварійності на 1 млн. км. пробігу визначають за формулою:

$$K_a = \frac{10^6 \sum n_{\text{ДТП}}}{365 \cdot N \cdot l}, \quad (1)$$

де  $N$  – середньодобова інтенсивність руху, авт./доб.;  $l$  – довжина ділянки магістралі, км.

Для більш точнішого кількісного аналізу ДТП, показники відносної аварійності  $K_{ai-j}$ , ДТП/1млн.авт.,  $K'_{ai-j}$ , ДТП/1 млн.авт.км.,  $K''_{ai-j}$ , ДТП/км. для кожної ділянки (дуги) транспортної мережі.

$$K_{ai-j} = \frac{n_{ДТПi-j} \cdot \kappa_n \cdot 10^6}{365 \cdot N_{ai-j}}; \quad (2)$$

$$K'_{ai-j} = \frac{n_{ДТПi-j} \cdot \kappa_n \cdot 10^6}{365 \cdot N_{ai-j} \cdot l_{i-j}}, \quad (3)$$

$$K''_{ai-j} = \frac{n_{ДТПi-j}}{l_{i-j}}. \quad (4)$$

де  $n_{ДТПi-j}$  – кількість ДТП на дугах транспортної мережі, од.;  $\kappa_n$  – коефіцієнт добової нерівномірності руху,  $\kappa_n = 0,1$ ;  $N_{ai-j}$  – інтенсивність руху для ділянок мережі у прямому й зворотному напрямках, авт./доб.;  $l_{i-j}$  – довжина дуги, км.

Результати показників відносної аварійності  $K_{ai-j}$ , ДТП/1млн.авт.,  $K'_{ai-j}$ , ДТП/1млн.авт.км.,  $K''_{ai-j}$ , ДТП/км. Дають можливість визначити найнебезпечнішу ділянку (дугу) транспортної мережі, що дозволить зменшити кількість ДТП, шляхом використання превентивних заходів.

З метою обліку ваги наслідків, під час порівняльної оцінки аварійності використовують коефіцієнт ваги ДТП. Він визначається, як відношення числа загиблих  $\Sigma n_z$  до поранених  $\Sigma n_p$  за певний період часу:

$$K_T = \frac{\Sigma n_z}{n_p}. \quad (5)$$

За даними офіційної статистики, показник ваги ДТП коливається в різних країнах від 1/5 до 1/40. Варто відмітити, що на  $K_T$  впливає повнота охоплення ДТП з легкими тілесними ушкодженнями.

Наслідки від ДТП можна охарактеризувати відношенням числа загиблих  $n_z$  або поранених  $n_p$  до загальної кількості ДТП:

$$K'_T = \frac{\Sigma n_z}{\Sigma n_{ДТП}}; \quad (6)$$

$$K''_T = \frac{\Sigma n_p}{\Sigma n_{ДТП}}; \quad (7)$$

$$K'''_T = \frac{(\Sigma n_z + \Sigma n_p)}{\Sigma n_{ДТП}}, \quad (8)$$

де  $\Sigma n_z$  – загальна кількість загиблих під час ДТП;  $\Sigma n_p$  – загальна кількість поранених під час ДТП.

Для оцінки ваги окремого виду ДТП (зіткнення, перекидання та ін.) може бути використаний показник, що представляє відношення числа загиблих (поранених) до числа ДТП даного виду. Щоб визначити втрати від ДТП, розроблені різні методики розрахунків матеріального збитку від ДТП.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кашканова А. А., Біліченко В. В. Проблемні питання науково-методичного забезпечення аудиту безпеки дорожнього руху. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2024. №2 (23). С. 97-108. DOI 10.36910/automash.v2i23.1531.

2. Шевчук В.В., Сукач О.М., Миронюк О.С. Засоби організації дорожнього руху. Дорожні знаки: навч. посіб. Вид. 2-ге, доповнене /. Львів : Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 2024. 130 с.: іл.

3. Статистика. Патрульна поліція України. Веб-сайт. URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/>.

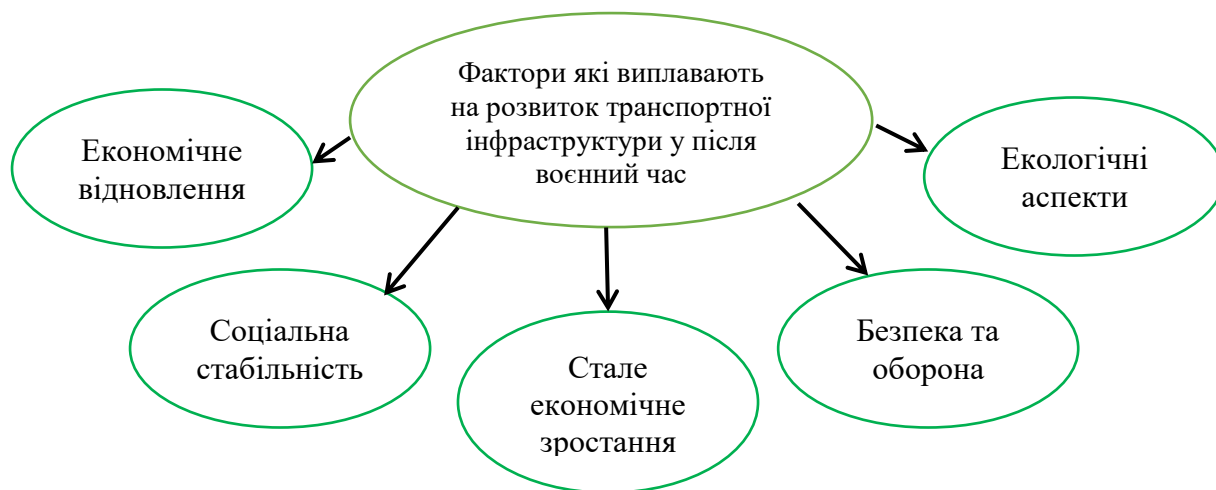
УДК 005.8:351.824

## ВАЖЛИВІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТІВ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ЧАС

Демчина В.Р.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

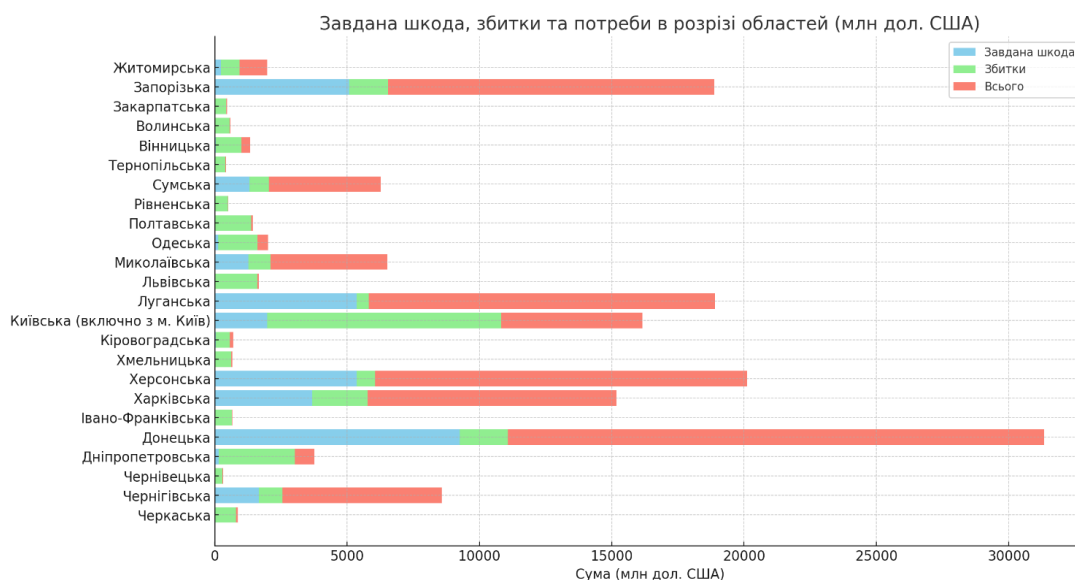
Післявоєнний час є періодом, коли розвиток транспортної інфраструктури набуває особливої важливості через низку факторів.



**Рисунок 1** – Фактори які виплавають на розвиток транспортної інфраструктури у після воєнний час

У цьому контексті успішна реалізація проектів розвитку транспортної інфраструктури в післявоєнний час передбачає комплексний підхід, який враховує потреби та вимоги сучасного суспільства.

Загальна завдана шкода транспортному сектору оцінюється у 35,7 мільярда доларів США (рис. 2).



**Рисунок 2** – Гістограма завданої шкода, збитків та потреби відновлення в розрізі областей України (млн дол. США)

Джерело: складено автором на основі [1]

Найбільших пошкоджень зазнали наступні об'єкти:

- обласні й сільські дороги місцевого значення та вулиці й дороги комунальної власності в межах населених пунктів, разом;
- автомобільні дороги державного значення, а саме: міжнародні, національні, регіональні й територіальні;
- залізнична інфраструктура, рухомий склад, обладнання та інші активи.

Шкода, завдана транспортній інфраструктурі, розподіляється нерівномірно та, очевидно, пов'язана зі змінами інтенсивності подій війни. Значний обсяг завданої шкоди зосереджено у населених пунктах, де точилися більш тривалі бої [1].

Здатність установ транспортного сектору України проводити аварійні ремонти на 30–40% дозволяє значно зменшити можливі збитки, що можуть виникнути через перебої в автомобільних і залізничних перевезеннях. Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України здійснює відновлювальні роботи на половині пошкоджених державних доріг на територіях, що були повернуті під контроль уряду. «Укрзалізниця» змогла відновити сполучення на більшості магістральних колій. Більшість аварійних ремонтних робіт, проведених наразі, можна вважати тимчасовими, але вони є достатніми для відновлення життєво важливого транспортного сполучення. Однак авіаперевезення залишаються винятком, оскільки повне закриття повітряного простору для цивільної авіації призводить до незворотних збитків, які не можна уникнути в межах галузі.

Відновлення життєвоважливих транспортних послуг у громадах, які постраждали від війни, є надзвичайно важливим завданням, оскільки вони забезпечують доступність міського громадського транспорту, шкільного транспорту та регіональних пасажирських перевезень. Проте, існують деякі проблеми, які ускладнюють цей процес. По-перше, фізичні активи, такі як автопарки, депо та інфраструктура, можуть бути ушкоджені внаслідок воєнних дій, що вимагає значних зусиль для їх відновлення. По-друге, зміни в чисельності населення на територіях, що тимчасово були непідконтрольними уряду, можуть призвести до складнощів у фінансуванні відновлення та забезпеченні послуг. Нарешті, оскільки більшість громадського транспорту залежить від електроенергії, перебої в її постачанні можуть стати перешкодою у нормальному функціонуванні транспортних систем.

Подальше розширення транспортних сполучень у західному напрямку відіграє важливу роль як у негайному короткостроковому плані, так і в довгостроковій перспективі. У короткостроковому плані це сприятиме зменшенню збитків, що виникають внаслідок перекриття шляхів доступу до Чорного моря та закриття повітряного простору. У довгостроковій перспективі ці зв'язки сприятимуть інтеграції України з європейським ринком, що сприятиме фізичній інтеграції з Транс'європейською транспортною мережею (TEN-T). Збільшення пропускної спроможності вздовж транспортних маршрутів у західному напрямку, разом зі заходами, які вже вживаються через «Шляхи солідарності», є важливими інвестиціями, які потребують негайного впровадження і гарно узгоджуються з майбутнім української інтеграції в ЄС.

Вартість підготовки проектів для відновлення транспортної інфраструктури оцінюється від 2 до 10 відсотків від загальної суми інвестицій у будівельні роботи. Це становить приблизно 2...10 мільярдів доларів США на період відновлення. Підготовка цих пріоритетних інвестиційних проектів є ключовою для ефективного використання виділених коштів. Важливою є також набуття навичок і досвіду командами, що займаються реалізацією проектів урядових та місцевих органів. Залучення партнерів з розвитку може підвищити ефективність виконання завдань з відновлення транспортної інфраструктури.

Уряд в державних бюджетах на 2026-2027 рр. передбачив щонайменше 350 млн. євро (в гривневому еквіваленті) на будівництво, реконструкцію, відновлення, модернізацію та оновлення пошкоджених та зруйнованих об'єктів транспортної інфраструктури відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року, в тому числі частину з яких буде спрямовано на регіональний рівень (як частина індикатора розділу «Децентралізація» щодо спрямування 20% на субнаціональний рівень).

З усіх інвестицій в транспортний сектор, що фінансуються в рамках Компоненту I Ukraine Facility, ті, що спрямовані на залізницю та портові послуги, сприятимуть вирішенню екологічних та кліматичних проблем. Ці інвестиції становлять приблизно 80% від загального обсягу інвестицій в транспортний сектор за Компонентом I [2].

Задача ефективного використання ресурсів у сфері розвитку транспортної інфраструктури передбачає оптимальне використання фінансових, людських та матеріальних ресурсів з метою максимізації користі. Це включає в себе не лише розподіл доступних коштів, а й ефективне управління проектами, враховуючи їхній потенціал для забезпечення якісної та довготривалої інфраструктури. Проблеми можуть виникати через недостатню координацію різних джерел фінансування, неефективне управління проектами, а також недостатній контроль над використанням ресурсів [3].

Інтеграція новітніх технологій, таких як штучний інтелект, IoT та Big Data, може прискорити процеси планування, будівництва та експлуатації транспортної інфраструктури.

Сталість та екологічність розвитку транспортної інфраструктури є важливими аспектами в умовах зростаючої екологічної свідомості та вимог до сталого розвитку.

Залучення громадськості та участь громади є важливими для створення легітимності та підтримки для проектів розвитку транспортної інфраструктури. Проте недостатня увага до цього аспекту може призвести до конфліктів та затримок у реалізації проектів [4].

Управління розробкою інфраструктури в міських середовищах потребує специфічних стратегій та підходів, оскільки ці проекти мають великий вплив на якість життя мешканців та стан довкілля. Необхідно забезпечити збалансований розвиток, який враховує потреби місцевого населення, а також забезпечує стале та екологічно безпечне середовище.

Геопросторовий аналіз може забезпечити важливі дані та інформацію для планування та управління проектами транспортної інфраструктури, враховуючи географічні особливості та потреби населення. Однак існує необхідність в подальших дослідженнях та розробці методів аналізу для оптимального використання цієї інформації у практичних проектах [5].

Перераховані вище не вирішені завдання потребують реалізації відповідних проектів та вимагають подальших досліджень. Зокрема, це стосується розробки нових методів та моделей управління проектами розвитку транспортної інфраструктури.

## ЛІТЕРАТУРА

1. The World Bank. Україна швидка оцінка завданої шкоди та потреб на відновлення. URL: <https://www.worldbank.org/en/home>
2. Olekh H., Kolesnikova K., Olekh T. and Mezentseva O. Environmental impact assessment procedure as the implementation of the value approach in environmental projects. CEUR Workshop Proceedings 2851, 2021. 206-216.
3. Проектний та логістичний менеджмент: нові знання на базі двох методологій. Том 1: монографія / [авт.кол. : С.В. Руденко, І.О. Лапкіна, Т.А. Ковтун, А.В. Бондар, В.Ю. Смирковська та ін.]. Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2018. 188с.
4. Муніципальна реформа в контексті євроінтеграції України: позиція влади, науковців, профспілок та громадськості: Тези доповідей Сьомої щорічної всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Київ, 25 серпня 2023 р.). К.: АПСВТ, 2023. 307 с.
5. Зацерковний В. І., Бурачек В. Г., Железняк О. О., Терещенко А. О. Геоінформаційні системи і бази даних: монографія / Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2014. 492 с.

DEVOPS METHODOLOGY FOR RISK MANAGEMENT OF IT PROJECTS

Kovalchuk O.I., Samilo A.V., Zhuk I.M., Kalinych V.S.

Department of Law and Management in Civil Protection, Lviv State University of Life Safety

**Abstract.** In the conditions of rapid technological development and growing competition, effective risk management becomes critical for the success of IT projects. DevOps offers new approaches to ensuring software quality and security.

**Keywords:** devops methodology, information security, risk management, information systems, infrastructure.

Security management is the process of ensuring the security of the organization, its employees, assets and information. Information is not just a collection of data, but a strategic resource that determines the success of society and individuals in the 21st century. Its value lies in its ability to generate knowledge, innovate and create new opportunities. DevOps, a methodology that promotes collaboration between development and operations teams, inherently incorporates risk management principles. By automating processes, fostering continuous delivery, and emphasizing a culture of shared responsibility, DevOps significantly reduces the likelihood of risks and minimizes their impact.

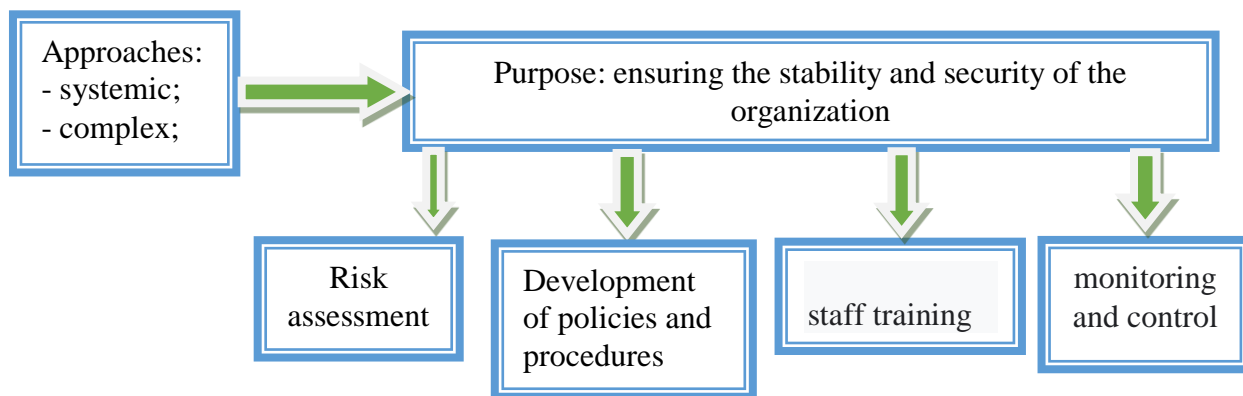


Figure 1 – Security management scheme

DevOps is a methodology that combines software development and software maintenance (operations). The main goal of DevOps is to shorten the development cycle, improve the quality of the software product and ensure its continuous delivery. Implementing DevOps can significantly improve software development and delivery processes, but it also comes with a number of challenges. DevOps requires close collaboration between developers and operations professionals, which can be difficult to achieve in traditionally structured organizations.

Table 1

Principles of DevOps

Principles	Characteristic	Advantages
Automation	As many processes as possible are automated, from code assembly to production deployment. This reduces manual operations that can lead to errors	Thanks to automation and close team collaboration, new features and fixes are delivered faster.
Team work	Developers and operations professionals work together as a single team. It	Continuous integration and testing help identify and fix bugs early in

	improves communication, understanding and accountability	development.
Continuous integration and delivery	Code changes are continuously integrated and delivered to the production environment. This allows for faster detection and correction of errors	Automated processes and monitoring help ensure stable operation of systems.
Monitoring	Systems are constantly monitored to identify problems and improve performance.	DevOps allows you to quickly adapt to changing business requirements.
Infrastructure as code	The infrastructure is described in code, making it easy to create, modify and scale.	Teams can effectively collaborate on infrastructure code using version control systems.

Infrastructure as code is an approach to IT infrastructure management in which it is described using code. It allows you to automate the creation, configuration and management of resources such as servers, networks and storage. Migrating existing systems and data to a new infrastructure can be a time-consuming process.

Specific Risks and Mitigation Strategies:

- Optimize code and infrastructure for performance
- Implement load testing to assess system capacity
- Automate deployment processes to reduce human error
- Implement strong security practices, such as encryption, access controls, and regular security audits.

So, infrastructure as code is a powerful approach that allows you to increase the efficiency and reliability of the IT infrastructure. The automation, versioning, and other benefits of IaC make it an indispensable tool for modern developers and system administrators. DevOps is not just a set of tools and practices, but rather a cultural transformation in software development. Implementation of DevOps principles significantly increases the level of security and stability of IT systems, minimizing potential risks. DevOps shifts the focus from responding to problems to preventing them. Thanks to automation and continuous monitoring, risks are detected in the early stages, which allows you to quickly take the necessary measures. Rapid detection and resolution of problems with automated tests and monitoring tools significantly reduces system downtime. Continuous integration and delivery allow you to produce software products of higher quality with fewer defects.

## REFERENCES

1. Kolisnichenko, O. Software security risk management in DEVOPS methodology / Olga Kolisnichenko, Mykhailo Kolomytsev, Svitlana Nosok // *Theoretical and Applied Cybersecurity : scientific journal*. – 2021. – Vol. 3, Iss. 1. – Pp. 75–77. – Bibliogr.: 6 ref.
2. O. Díaz and M. Muñoz, "Reinforcing DevOps approach with security and risk management: An experience of implementing it in a data center of a mexican organization," *2017 6th International Conference on Software Process Improvement (CIMPS)*, Zacatecas, Mexico, 2017, pp. 1-7, doi: 10.1109/CIMPS.2017
3. Kovalchuk Oleh, Kobylkin Dmytro, and Zachko Oleh: Graphodynamic modeling for a multi-agent support system for personnel decision-making in the field of human safety. *Proceedings of the 4th International Workshop IT Project Management (ITPM 2023)*. Warsaw 2023. P. 149–159
4. O. Kovalchuk, D. Kobylkin and O. Zachko, "HR Decision-Making Support System Based On The CBR Method," *2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT)*, Lviv, Ukraine, 2023, pp. 1-4, doi: 10.1109/CSIT61576.2023.10324169.



5. Kovalchuk Oleh, Zachko Oleg Models of the life cycle of forming project teams in a security-oriented system IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), [IWPM 2020](#), 2, pp. 211–214, 9321932 DOI:[10.1109/CSIT49958.2020.9321932](#)

6. ДСТУ ISO 21503:2022 “Project, programme and portfolio management — Guidance on programme management”

7. ISO 31000:2018 Risk management — Guidelines

**UDC 005.8/.334/.412:658.26**

## **CONSIDERATION OF RISKS IN THE MANAGEMENT OF MARKETING IT PROJECTS IN A CHANGING ENVIRONMENT**

*Iryna Radelytska, Oleh Kovalchuk*

*Department of Law and Management in Civil Protection, Lviv State University of Life Safety*

Rapid changes in the technological environment, growing competition and changing consumer needs create significant challenges for the successful implementation of marketing IT projects. Effective risk management in such projects is a key factor in achieving goals and minimizing possible losses.

**Keywords:** marketing, project management, risk management.

Today, it is impossible to underestimate the role of marketing research in the company's activities. For any company that wants to achieve success, marketing research is the starting point and the final stage of each cycle of its advertising activities. Market research helps minimize uncertainty when making key marketing decisions, allowing you to use resources more efficiently and achieve new business goals.

Marketing research is a systematic process of collecting, analyzing and interpreting information that reflects the current state or prospects for the development of the research object. The purpose of such a process is to provide the necessary data for making effective marketing decisions aimed at solving specific strategic or tactical tasks related to the definition and solution of marketing problems. These studies also serve as a tool for assessing market opportunities, risks and consumer behavior. The main purpose of marketing research is the formation of the company's strategy and tactics, taking into account real and potential market conditions, as well as the position and development prospects of the enterprise itself. Such studies are not aimed at achieving the absolute truth, but at reducing the level of uncertainty regarding the market situation, especially in terms of long-term forecasting.

Competent analysis enables the company to reduce business risks, avoid possible losses and make more informed decisions. The role of market research becomes extremely important in surplus markets where the buyer has an advantage over the seller. In such cases, research helps identify consumer preferences, their expectations, and key criteria for choosing products or services. This helps the company to adapt its products, service and price policy to the actual requests of the target audience, which is very important for gaining a competitive advantage. In addition, marketing research plays the role of a kind of "router" for the company, helping to avoid the wrong allocation of resources and to choose the most promising directions of development. Thanks to this, the company can not only reduce risks, but also open new market opportunities, ensuring its stable position in a dynamic market environment.

Marketing analysis is an important tool for business, because it provides up-to-date information on the state of the market, evaluates the effectiveness of product promotion, and helps form optimal strategies for company development. In various situations, marketing research contributes to the adoption of key decisions, evaluates the results of the company's activities or

helps to solve problems that arise in business. One of the main situations when marketing research is needed is the process of making strategic decisions. This applies to launching new projects, entering new markets or implementing large-scale advertising campaigns. In such cases, research provides the company with objective data about the market situation, competitors and the effectiveness of various promotion methods. Also, research is critically important in the development of new products and services, as it allows you to find new ideas, market niches and unsatisfied consumer needs.

The second common goal is to evaluate the company's performance. Such studies help to analyze the dynamics of sales, the level of brand popularity, consumer loyalty and competitive positions in the market. This allows you to determine the company's strengths and weaknesses, as well as the effectiveness of its marketing strategy. Marketing research is also indispensable for solving business problems. In case of falling sales, loss of customers or increasing competitive pressure, such studies help to find the causes of these problems and develop an anti-crisis strategy. The table below lists the main situations in which marketing research is especially necessary, along with the goals and objectives they address.

**Table 1**

The main situations of application of marketing research, their goals and objectives

Situation	The purpose of marketing research	Key tasks
<b>Making strategic decisions</b>	Obtaining objective data for launching projects, entering new markets, large-scale campaigns.	Analysis of the market, competitors, channels and methods of promotion, identification of ideas and unsatisfied needs.
<b>Performance evaluation</b>	Determining the effectiveness of the company's work in various aspects.	Assessment of sales dynamics, brand popularity, consumer loyalty, market positions, image perception.
<b>Solving problems</b>	Identifying the causes of negative changes in business and forming an anti-crisis strategy.	Analysis of sales decline, study of consumer behavior, assessment of competitive activity.

Therefore, marketing research is an important tool for understanding the market, consumer needs and competitive advantages. They allow companies to collect and analyze data that helps them make informed business decisions. With the help of marketing research, you can determine the target audience, identify trends in the market, develop effective promotion strategies and improve interaction with customers. This contributes to achieving a competitive advantage, reducing risks and increasing the profitability of the enterprise.

Because marketing research allows you to identify consumer needs, assess market trends and the competitive situation. In this context, it is important to consider the main stages of marketing research, which help to collect, analyze and interpret data for the formation of the company's strategy.

### REFERENCES

1. Woo, H., Kim, S. J., & Wang, H. (2021). Understanding the role of service innovation behavior on business customer performance and loyalty. *Industrial Marketing Management*, 93, 41-51.
2. R. Sodoma, O. Kovalchuk, O. Sadura, N. Popadynets Promotions and team building for marketing campaigns. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University* Vol. 10, No. 2 (2023), P. 59-68 doi: 10.15330/jpnu.10.2.59-68
3. O. Díaz and M. Muñoz, "Reinforcing DevOps approach with security and risk management: An experience of implementing it in a data center of a mexican organization," 2017

6th International Conference on Software Process Improvement (CIMPS), Zacatecas, Mexico, 2017, pp. 1-7, doi: 10.1109/CIMPS.2017

4. Kovalchuk Oleh, Kobylkin Dmytro, and Zachko Oleh: Graphodynamic modeling for a multi-agent support system for personnel decision-making in the field of human safety. Proceedings of the 4th International Workshop IT Project Management (ITPM 2023). Warsaw 2023. P. 149–159

5. O. Kovalchuk, D. Kobylkin and O. Zachko, "HR Decision-Making Support System Based On The CBR Method," 2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT), Lviv, Ukraine, 2023, pp. 1-4, doi: 10.1109/CSIT61576.2023.10324169.

6. Kovalchuk Oleh, Zachko Oleg Models of the life cycle of forming project teams in a security-oriented system IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), IWPM 2020, 2, pp. 211–214, 9321932 DOI:10.1109/CSIT49958.2020.9321932

7. ISO 31000:2018 Risk management — Guidelines

## **МЕНЕДЖМЕНТ ПОВЕДІНКОЮ ПЕРСОНАЛУ В КОНТЕКСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА**

*Мартин О.М., канд. екон. наук, доцент*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

В сьогоденній війсьній час в Україні забезпечення пожежної безпеки є особливо актуальною проблемою як соціумі, так і на підприємствах. Пожежна безпека не тільки відображає стан економічного розвитку національної економіки, демографічні і соціальні процеси в соціумі, але і впливає на їх стан і розвиток. Забезпечення пожежної безпеки є передумовою охорони життя та здоров'я населення, національного багатства та навколишнього середовища. Кодекс цивільного захисту України визначає пожежну безпеку як стан захищеності життя та здоров'я людини, майна, навколишнього середовища від пожеж, що характеризується досягненням прийнятного рівня ризику виникнення пожежі [1]. Пожежна безпека на підприємстві – це «комплекс заходів і правил, спрямованих на запобігання пожежам, забезпечення безпеки людей від небезпечних факторів пожежі під час її виникнення та мінімізацію матеріальних збитків» [2, с. 114], що сприяє забезпеченню високої економічної ефективності діяльності підприємства, підвищенню прибутковості, конкурентоспроможності підприємства на ринку, зростанню його ділової репутації. На підприємстві пожежна безпека передбачає належне обладнання пожежними системами, евакуаційними виходами, встановлення відповідного обладнання, навчання персоналу підприємства правилам пожежної безпеки.

Управління поведінкою персоналу на підприємстві є важливою складовою сучасного менеджменту як теорії і практики управління людською діяльністю. Сучасний підхід до управління поведінкою персоналу передбачає орієнтацію на результат – досягнення високої економічної і соціальної ефективності функціонування підприємства з урахуванням потенціалу і здібностей персоналу підприємства, його знань і досвіду, мотиваційної компоненти персоналу, високого рівня організаційної та корпоративної культури. Досягнення такого результату можливе за умови забезпечення високого рівня пожежної безпеки на підприємстві. Саме такий підхід більш чітко конкретизує місце управління поведінкою персоналу підприємства в структурі практики сучасного менеджменту на підприємстві.

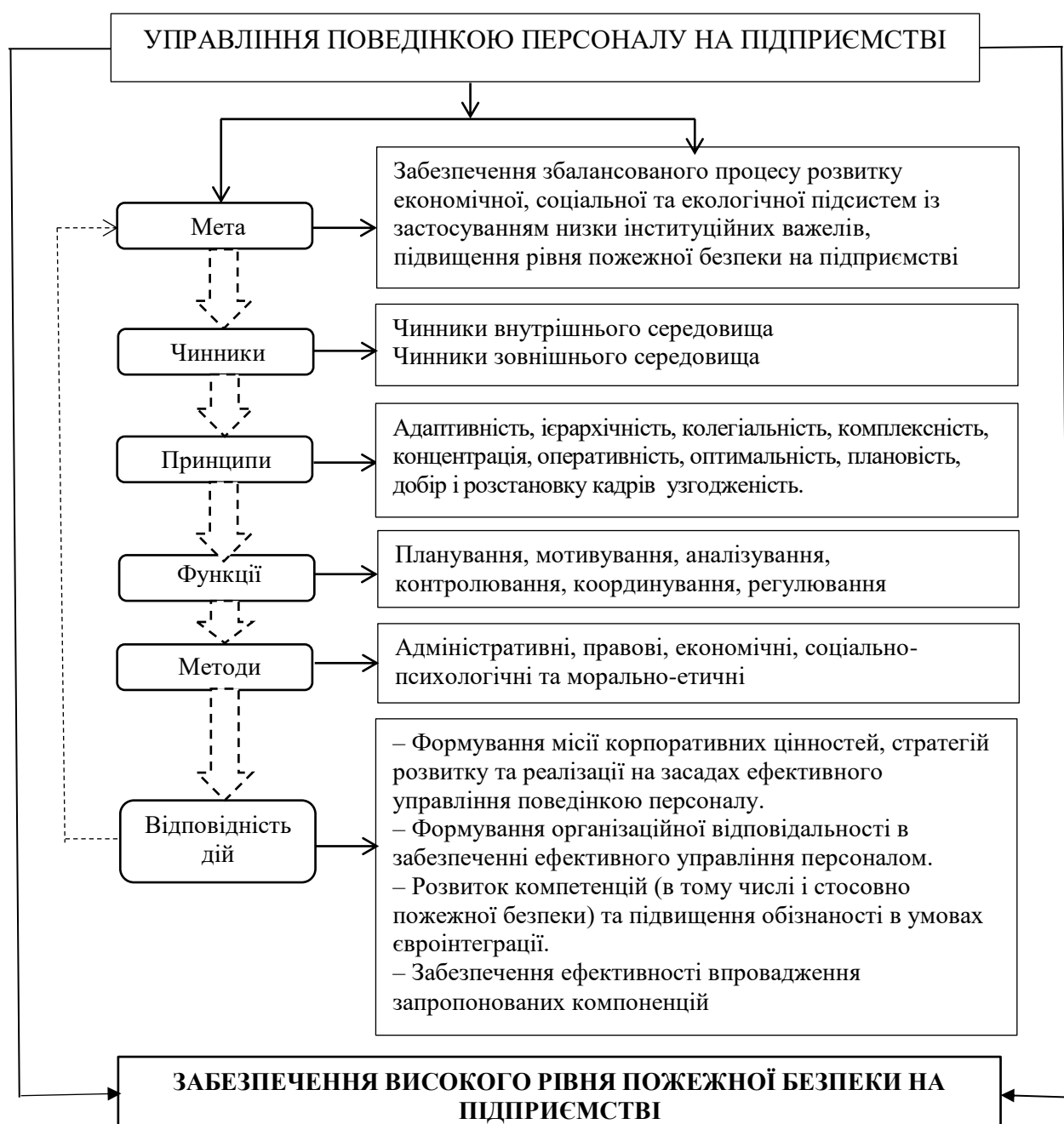
Управління поведінкою персоналу передбачає планування і прогнозування персоналу, пошук, відбір, адаптацію персоналу, важливу мотиваційну компоненту (оцінка трудового вкладу працівника, винагорода за працю, премії), підвищення кваліфікації персоналу,

кар'єрне зростання працівників, формування безпечних умов праці, наявність пільги та послуг від підприємства, формування партнерських стосунків з керівництвом.

Управління поведінкою персоналу підприємства як система функціонує під впливом багатьох чинників. До чинників внутрішнього середовища відносять ресурси фірми, інтелектуальний капітал, досвід і методи роботи, стиль роботи керівництва, розвиток організаційної корпоративної культури. До чинників зовнішнього середовища, які мають безпосередній вплив на процес управління поведінкою персоналу підприємства і вплив яких не можливо підприємству уникнути, є економічні, природно-географічні, політичні, екологічні, соціально-культурні, міжнародні, а сьогодні і воєнні чинники.

На рис. 1 зображено систему управління поведінкою персоналу, як важливу компоненту менеджменту підприємства в контексті забезпечення пожежної безпеки, та її детермінанти.

Ефективне функціонування підприємства з високим рівнем забезпечення пожежної безпеки є основою ефективного функціонування національної економіки, формування доходів держави і забезпечення пожежної безпеки в цілому. Тому мистецтво управління поведінкою персоналу на підприємстві є економічною структурною одиницею як успіху підприємства, так і економічної результативності національної економіки.



**Рисунок 1** – Концептуальні детермінанти системи управління поведінкою персоналу підприємства в контексті забезпечення пожежної безпеки на підприємстві  
Джерело: складено автором на основі [3, с. 359]

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 року, № 5403-VI. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>.
2. Павлюк Ю.Е., Шарий В.В., Снігур Б.В. Аналіз сучасного стану забезпечення пожежної безпеки в торговельно-розважальних закладах. *Пожежна безпека*. 2023. № 43. С. 113-122.
3. Харчевнікова Л.С. Теоретико-методологічні засади забезпечення ефективності управління персоналом підприємств. *Український журнал прикладної економіки*. 2020. Т. 5. № 4. С. 354-360.

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ВНУТРІШНЬОГО АУДИТУ АПАРАТУ ДСНС, ЯК ЕЛЕМЕНТ МЕНЕДЖМЕНТУ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

*Стеців І.І., канд. екон. наук,  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Внутрішній аудит в апараті ДСНС відіграє вагомое значення у забезпеченні ефективного функціонування системи менеджменту безпеки, підвищенні ефективності використання ресурсів, а також виявленні та мінімізації ризиків, пов'язаних із діяльністю у сфері цивільного захисту. Умови воєнного стану вимагають швидкої адаптації системи ДСНС України до нових викликів, пов'язаних із військовими діями, надзвичайними ситуаціями, евакуацією населення та ліквідацією наслідків обстрілів, тощо. Воєнний стан зумовлює потребу в оптимальному використанні фінансових, матеріальних і людських ресурсів. Внутрішній аудит дозволяє виявляти неефективність у розподілі ресурсів, що є важливим у контексті обмежених бюджетів і високої потреби у фінансуванні заходів безпеки та оборони.

За інформацією Ради національної безпеки та оборони України пріоритетом 2024 року стало забезпечення фінансування сектору безпеки і оборони України у повному обсязі. Відповідно до плану на січень-лютий 2024 року коштом загального фонду держбюджету передбачено та профінансовано сектор безпеки і оборони в обсязі 307,1 млрд гривень, що становить 100% від плану. Крім того, протягом цього періоду Уряд додатково виділив на нагальні потреби для суб'єктів сектору безпеки і оборони України із резервного та спеціального фондів державного бюджету понад 5 млрд гривень.

Також, у січні-лютому ц.р. у повному обсязі забезпечено виплату грошового забезпечення, інших соціальних виплат особовому складу органів сектору безпеки і оборони України.

Водночас, як свідчить аналіз, суб'єкти сектору безпеки і оборони України подекуди неефективно та нераціонально використовують бюджетні кошти. Слід звернути увагу на те, що у кризових умовах існує ризик зловживань, пов'язаних із закупівлями, розподілом гуманітарної допомоги або виконанням державних контрактів [1]. Внутрішній аудит у системі ДСНС спрямований на попередження корупційних проявів шляхом посиленого контролю за дотриманням законодавства і стандартів та досягнення відповідного рівня безпеки. Організація внутрішнього аудиту ДСНС виходячи з вищезазначеного є надзвичайно

актуальною, особливо в умовах воєнного стану так як забезпечує раціональне функціонування аудиторського процесу та забезпечує формування та наявність контрольної інформації відповідно вимог користувачів для прийняття відповідних управлінських рішень скерованих на покращення використання ресурсів при виконанні поставлених завдань безпекового характеру.

Питання внутрішнього аудиту зокрема в системі ДСНС широко досліджуються в спеціальній літературі зокрема: обґрунтовано, що поняття внутрішнього аудиту давно вийшло за межі фінансового змісту і спрямоване на удосконалення системи публічного управління, тобто є складовою ефективною системи публічного управління державним органом, бюджетною установою, організацією тощо [2]. Автори також звертають увагу на організаційно-правові аспекти внутрішнього аудиту в державному секторі економіки висвітлюючи при цьому технологічний аспект контролю (внутрішнього аудиту) в державному секторі [3]. Аналогічний підходи застосовуються до висвітлення питань організації внутрішнього аудиту на підприємствах [4].

Питання організації внутрішнього аудиту регулюються відповідним нормативно-правовим забезпеченням діяльності служби ДСНС, а саме «Порядком з організації внутрішнього контролю в системі ДСНС» затвердженим наказом ДСНС України від 02.12.2013 № 738 (у редакції наказу ДСНС від 02 жовтня 2018 року № 572) «Порядком здійснення внутрішнього аудиту на підприємствах, в установах та організаціях сфери управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій» затвердженим наказом ДСНС України від 28.04.2020 року № 267 (у редакції наказу ДСНС 24.06.2022 № 358) [5;6]. п. V Порядку № 572 Організація внутрішніх аудитів передбачає визначення об'єктів аудиту, виконання операцій контролю, складання документів технологічного характеру здійснення внутрішнього аудиту, що говорить про фрагментарний підхід у застосуванні Методики організації контрольного (аудиторського) процесів у практичній діяльності суб'єктів економіки.

Організація процесу контролю має бути такою, щоб забезпечити мінімальний шлях збирання і обробки інформації, мінімальну кількість операцій і документів, максимальну ефективність праці виконавців (внутрішніх аудиторів). Важливим завданням організації контролю є постійне удосконалення та розвиток його з урахуванням сучасних досягнень науки і їх використання у практичній діяльності системи ДСНС України.

На нашу думку, організаційні заходи слід застосовувати беручи до уваги основи організації обліку, контролю (аудиту), аналізу, планування із застосуванням системного підходу, перевагою якого є розгляд їх, як систем і охоплює питання організації всіх елементів у комплексному порядку, забезпечує управління суб'єкта економіки контрольною інформацією. Представники наукових кіл в галузі Організації економічних інформаційних систем вказують наступне. Щоб організувати технологію внутрішнього аудиту слід організувати відповідні об'єкти, якими відповідно до методики організації процесу є: номенклатури внутрішнього аудиту, носії інформації (операції), рух носіїв контрольної інформації, забезпечення контрольного процесу [7]. Застосування системного підходу до організації внутрішнього аудиту в ДСНС дозволить: оптимально функціонувати внутрішньому аудиту; визначати важелі контролю для системи внутрішнього аудиту та управління нею; створити сприятливі умови праці внутрішніх аудиторів; запровадити методики організації у практику внутрішнього аудиту в системі ДСНС; забезпечити управління ДСНС інформацією за наслідками проведення внутрішнього аудиту. Тільки організований процес аудиторської перевірки забезпечить мету її проведення.

У контексті воєнного стану організація внутрішнього аудиту в системі ДСНС виступає не лише елементом забезпечення прозорості та ефективності роботи, а й важливим інструментом реагування на нові виклики, що сприяє захисту населення та територій України від надзвичайних ситуацій.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Пріоритет 2024 року – забезпечення фінансування сектору безпеки і оборони України у повному обсязі. Сайт Ради національної оборони та безпеки України <https://www.rnbo.gov.ua/ua/Diialnist/6799.html>
2. Ружанський, О. (2023). Нормативно-правове забезпечення внутрішнього аудиту в публічному управлінні системою ДСНС України. Науковий вісник: Державне управління, (1 (13)), 123-137. <https://nu4k.wordpress.com/wp-content/uploads/2024/02/d097d091d086d0a0d09dd098d09a-d09ddb0d183d> -12.05.2023.pdf
3. Рядінська В. О., Костенко Ю. О., Петренко Г. О. Організаційно-правові аспекти внутрішнього аудиту в державному секторі економіки. Юридичний науковий електронний журнал. № 7. 2020. С. 287–291.
4. Прокопенко О.В. Організаційно-економічні підходи до внутрішнього контролю на промисловому підприємстві <https://academy-vision.org/index.php/av/article/download/536>
5. Порядок з організації внутрішнього контролю в системі ДСНС затвердженого наказом ДСНС України від 02.12.2013 № 738 (у редакції наказу ДСНС від 02 жовтня 2018 року № 572) <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0738388-13#Text>
6. Стеців І.І. Стеців І.С. Організація економічної роботи на підприємстві Львів : НУ Львівська політехніка . в-во СПОЛОМ, 2019р. 244с.

## ЗМІСТ

### СЕКЦІЯ 1. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ І ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ

<i>Бондар Д.В., Попович В.В., Придатко О.В., Гриник Р.О., Ільків Б.О.</i> «QRESCUE» – СИСТЕМА ДОСТУПУ ДО ОПЕРАТИВНИХ ДАНИХ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖ У БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКАХ. ....	3
<i>Володимир Коваль, Василь Попович.</i> ГОРІННЯ ПОЛІВ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ВІЙНИ: ПРИЧИНИ ТА ПРОДОВОЛЬЧА БЕЗПЕКА. ....	6
<i>Дзюба Л.Ф., Пазен О.Ю.</i> РОЗРОБКА МАТРИЦІ ОЦІНКИ РИЗИКУ ЗАГОРАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ. ....	8
<i>Субота А.В., Трошкін С.Е., Поздєєв С.В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ У ТУРБІННОМУ ВІДДІЛЕННІ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ПРИ ПОЖЕЖІ. ....	11
<i>Субота А.В., Трошкін С.Е., Поздєєв С.В.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ВОДНЕВОЇ ПОЖЕЖІ В МАШИННОМУ ЗАЛІ ГЕНЕРАТОРНОГО ВІДДІЛУ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ. . .....	14
<i>Великий Н.Р., Ковалишин В.В., Лин А.С., Пастухов П.В.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПОДАВАННЯ ПІННИХ СТУМЕНІВ «ПІДШАРОВИМ» СПОСОБОМ В СЕРЕДОВИЩЕ ПРОГРІТОГО БЕНЗИНУ. ....	17
<i>Ковальов А.І.</i> РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ВОГНЕЗАХИЩЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ. . . . .....	20
<i>Андріясов С.Р.</i> ОЦІНКА РІВНЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ЗАКЛАДУ ОСВІТИ ШЛЯХОМ МОДЕЛЮВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ ПРИ ПОЖЕЖІ. ....	21
<i>Корабльов Д.О.</i> ОЦІНКА РІВНЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ЕЛЕКТРОДЕПО МЕТРОПОЛІТЕНУ. ....	25
<i>Білущенко Д.В.</i> РОЗРОБКА МЕТОДУ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ПОЧАТКУ ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ ЗІ СПОРУДИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ПРИ ПОЖЕЖІ. ....	28
<i>Капелька П.О.</i> ОЦІНКА РІВНЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОФІСНИХ ПРИМІЩЕНЬ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ ШЛЯХОМ МОДЕЛЮВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ ПРИ ПОЖЕЖІ. ....	30
<i>Скубко К.В.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ ІЗ ВПЛИВОМ СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ. ....	33
<i>Бевз А.В.</i> ОЦІНКА РІВНЯ ПРОТИРАДІАЦІЙНОГО УКРИТТЯ ЗІ СПОРТИВНОЮ ЗАЛОЮ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ ШЛЯХОМ МОДЕЛЮВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ ПРИ ПОЖЕЖІ. ....	35
<i>Целуйко І.М.</i> ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВІДМОВИ ВІД СИСТЕМ ДИМОВИДАЛЕННЯ НА ОСНОВІ РОЗРАХУНКУ ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ ПРИ ПОЖЕЖІ НА ПРИКЛАДІ ПРУ. ....	38
<i>Дума М.С.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ З ПІДЗЕМНОЇ ШКОЛИ У МЕТРОПОЛІТЕНІ. ....	41
<i>Костенко М.В.</i> НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ДВЕРЕЙ ІЗ ПРИСТРОЯМИ ДЛЯ САМОЗАЧИНЕННЯ ТА УЩІЛЬНЕННЯМИ В ПРИТУЛАХ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ В БУДІВЛІ ПОЛІКЛІНІКИ. ....	44
<i>Ковалишин В.В., Веселівський Р.Б.</i> УСТАНОВКА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ (ЕФЕКТИВНОСТІ) ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ТА ВИПРОБУВАНЬ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ МАЛОГАБАРИТНИХ ФРАГМЕНТІВ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ. ....	46
<i>Ференц Н.О.</i> ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ СКЛАДІВ НАФТИ І НАФТОПРОДУКТІВ В УМОВАХ ВІЙНИ. ....	49



<b>Ференц Н.О., Павлюк Ю.Е.</b> АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕКИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОГО ВОДНЮ.....	51
<b>Гайдук М.О.</b> ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ ПОЖЕЖНО-ТЕХНІЧНИХ ЕКСПЕРТИЗ В ДСНС.....	53
<b>Терлецький Ю.О., Тацій Р.М., Пазен О.Ю., Лин А.С.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ГУСТИНИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ НА НАГРІВАННЯ ОРІЄНТОВАНО-СТРУЖКОВИХ ПЛИТ.....	56
<b>Данченко Ю.М., Лозовий І.В.</b> ОЦІНКА ШКОДИ АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРЮ ВНАСЛІДОК ВИКОРИСТАННЯ БОЄПРИПАСІВ З ТРОТИЛОМ.....	59
<b>Ярослав Балло, Дмитро Середа.</b> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ ВІД ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК ДО СУМІЖНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	62
<b>Зайка Н. П.</b> РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУРИ СТАЛЕВОЇ БАЛКИ З ВОГНЕЗАХИСТОМ ВІД ЧАСУ ВПЛИВУ ПОЖЕЖІ.....	65
<b>Діхтяренко Т. В., Григоренко О. М.</b> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ЗБЕРІГАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ.....	68
<b>Рашкевич Н.В.</b> ОПИС ЕТАПІВ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПОШИРЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ НА ТЕРИТОРІЯХ, ЩО ЗАЗНАЛИ ВПЛИВУ БОЙОВИХ ДІЙ.....	70
<b>Назар Соляник, Володимир Дідич, Олег Назаровець.</b> АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПРИКРІПЛЕНИХ ДО ФАСАДУ БУДІВЛІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ (ВАРУ).....	72
<b>Пелешко М.З., Башинський О.І.</b> ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ САКРАЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ ВІЙНИ.....	74
<b>Пелешко М.З., Башинський О.І.</b> ПОЖЕЖНІ РИЗИКИ ГОТЕЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ.....	76
<b>Пелешко М.З., Башинський О.І.</b> ДОСТУПНІСТЬ ТА ІНКЛЮЗИВНІСТЬ ПРОСТОРУ БУДІВЕЛЬ ЗАКЛАДІВ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я.....	78
<b>Пазен О.Ю., Лазаренко О.В., Бойчук Б.Я. Степаняк Ю.Б.</b> МОДЕЛЮВАННЯ НАГРІВАННЯ АРТЕЛЕРІЙСЬКИХ СНАРЯДІВ ЗА УМОВ ПОЖЕЖІ.....	80
<b>Дмитро Сніжко, Олег Назаровець</b> ОСНОВНІ АСПЕКТИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ВЗЯТТЯ НА ОБЛІК ОБ'ЄКТІВ СУБ'ЄКТІВ ГОСПОДАРЮВАННЯ ОРГАНАМИ ДСНС.....	82
<b>Перерва Р.О., Назаровець О.Б., Рудик Ю.І.</b> АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ РІЗНИХ ТИПІВ КОНТАКТНИХ З'ЄДНАНЬ ЕЛЕКТРОПРОВІДІВ.....	85
<b>Кастранець А.М.</b> АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ДОКУМЕНТІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПРОВЕДЕННЯ ЗАХОДУ ДЕРЖАВНОГО НАГЛЯДУ (КОНТРОЛЮ) У СФЕРІ ПОЖЕЖНОЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ.....	87

## СЕКЦІЯ 2. СИСТЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ

<b>Файк Н.В., Штангрет Н.О.</b> МОНІТОРИНГ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.....	89
<b>Новак М.С., Харкянен О.В.</b> АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВАЛІДАЦІЇ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПОКАЗНИКІВ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИВІВ НА КОНСТРУКЦІЯХ БУДІВЕЛЬ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	91
<b>Ярослав Балло, Богдан Ковалишин.</b> ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСІВ ПОШИРЕННЯ ЗОВНІШНЬОЇ ПОЖЕЖІ ТА ПРИНЦИПИ ЇЇ ОБМЕЖЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНИМИ КАРНИЗАМИ.....	93
<b>Шаповалов О. В.</b> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ АВАРІЙНИХ ТА СТАБІЛІЗАЦІЙНИХ ВІДКЛЮЧЕНЬ.....	96
<b>Шатохін А.В., Антошкін О.А.</b> ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ЛІНІЙНИХ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВИСОКИХ ПРИМІЩЕНЬ.....	98
<b>Кушнір А.П., Альфавіцька Г.В.</b> НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ ЩОДО	100

ВИКОРИСТАННЯ ВІДЕОСИСТЕМ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ.....	
<i>Кушнір А.П., Вовк С.Я.</i> ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ВІДЕОСИСТЕМ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ.....	103
<i>Копчак Б.Л., Мандюк А.І.</i> РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ АВТОНОМНОГО АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА З ФАЗНИМ РОТОРОМ В РЕЖИМІ САМОЗБУДЖЕННЯ.....	105
<i>Рудаков С.В., Щолоков Е.Е.</i> ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС БЕЗПРОВІДНОГО МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ У ЦИФРОВІЙ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ ДСНС УКРАЇНИ.....	109
<i>Петухова О.А., Білаш Є.А., Швед А.В.</i> РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ПОЖЕЖНИХ КРАН-КОМПЛЕКТІВ ЯК НАПРЯМОК ПОКРАЩЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ БУДІВЛІ.....	111
<i>Володимир Баланюк, Володимир Мирошкін, Назар Гузар, Олег Гірський, Віктор Пикус.</i> ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВОГНЕГАСНОГО АЕРОЗОЛЮ НА ВІДКРИТОМУ ПРОСТОРІ.....	113
<b>СЕКЦІЯ 3. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИНИКНЕННЯ, РОЗВИТКУ ТА ПРИПИНЕННЯ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ</b>	
<i>Henk Brans and Tom Hessels.</i> USE OF ULTRA-HIGH PRESSURE EXTINGUISHING SYSTEMS ON EV BATTERY FIRES IN THE DUTCH CONTEXT.....	116
<i>Ігор Коваль, Юрій Ткач, Сергій Ємельяненко.</i> МОДЕЛЮВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ПОЖЕЖІ У ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ НА ПРИКЛАДІ ЗАКЛАДІВ РОЗМІЩЕННЯ.....	118
<b>СЕКЦІЯ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ</b>	
<i>Олександр Лазаренко, Ярема Великий, Сукач Роман, Рубан Артем.</i> ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПІДКОСТЮМНОГО ПРОСТОРУ ПОЖЕЖНОГО-РЯТУВАЛЬНИКА.....	121
<i>Луц В.І., Гузар Н.І.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕСТУВАННЯ ГАЗОДИМОЗАХИСНИКІВ ДСНС УКРАЇНИ.....	123
<i>Прищеп О.С.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ ЗБЕРІГАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ..	125
<i>Смоляк Д.В., Петренко А.П.</i> ВПРОВАДЖЕННЯ ДОДАТКОВИХ ВУЗЛІВ ЗАКРІПЛЕННЯ РЯТУВАЛЬНОЇ МОТУЗКИ ЗА КОНСТРУКЦІЮ ДЛЯ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ.....	128
<i>Мирослав Коваль.</i> РОЛЬ МЕХАНІЗМУ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ У ЛІКВІДАЦІЇ МАСШТАБНИХ ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОГЕННИХ КАТАСТРОФ.....	130
<i>Коломієць В.С.</i> БЕЗПЕКА РЯТУВАЛЬНИКІВ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ В ЗАВАЛАХ ЗРУЙНОВАНИХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД...	133
<i>Сукач Р.Ю., Кирилів Я.Б.</i> ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ І ВОГНЕГАСНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН ПРИ ГАСІННІ ПОЖЕЖ НА ТОРФОВИЩАХ.....	135
<i>Поліванов О.Г. Тамашевський В.Є.</i> СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ЕНОРГООБ'ЄКТІВ: АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ.....	137
<i>Петухова О.А., Швед А.В., Білаш Є.А.</i> АНАЛІЗ УМОВ УСПІШНОГО ГАСІННЯ ТОРФІВ.....	139
<i>Дмитро Войтович.</i> ШЛЯХИ ЗАСТОСУВАННЯ ТАКТИЧНИХ РОБОТІВ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИМИ ПІДРОЗДІЛАМИ ДСНС УКРАЇНИ.....	142

<i>Гаврилюк А.Ф., Ковалишин В.В., Яковчук Р.С.</i> АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕНЕСНИХ ВОГНЕГАСНИКІВ ПРИ ГАСІННІ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОІВ. ....	144
<i>Удовченко В.В.</i> ОРГАНІЗАЦІЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ «ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ ЗБЕРІГАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВА НАФТОПРОДУКТІВ».....	146
<i>Басманов О.Є., Олійник В.В.</i> ВИБІР ІНТЕНСИВНОСТІ ПОДАЧІ ВОДИ НА ОХОЛОДЖЕННЯ РЕЗЕРВУАРА В УМОВАХ ПОЖЕЖІ. ....	150
<i>Ковалишин В.В., Марич В.М., Ковалишин Вол. В., Лозинський Р. Я.</i> ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГАСІННЯ КОМБІНОВАНИХ ПОЖЕЖ КЛАСУ А, В ТА D. ....	152
<i>Діана ПАВЛОВСЬКА, Пархоменко В.-П.О., Пархоменко Р.В.</i> ВИПРОБУВАННЯ ПІДКАСНИКІВ ДЛЯ ПОЖЕЖНИХ-РЯТУВАЛЬНИКІВ. ....	154

## СЕКЦІЯ 5. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

<i>Паснак І.В.</i> ВПЛИВ ЧИННИКІВ НА ТРИВАЛІСТЬ РУХУ ПОЖЕЖНОГО АВТОМОБІЛЯ ДО МІСЦЯ ВИКЛИКУ. ....	156
<i>Андрій Березовський, Богдан Копил.</i> ВОДОПОГЛИНАННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИВІВ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗАЛЕЖНО ВІД НАПОВНЮВАЧІВ. ...	157
<i>Великий Н. Р., Ковалишин В. В., Лозинський Р. Я., Ковалишин Вол. В.,</i> ВПЛИВ НАСАДКИ «ЗАСПОКОЮВАЧА» НА ПОДАЧУ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ. ....	160
<i>Кривошей Б.І., Калиновський А.Я.</i> АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ. ....	163
<i>Мельниченко А.С., Іваненко Я.С.</i> АНАЛІЗ МЕТОДИКИ ВИМІРЮВАННЯ ЗМІЩЕННЯ ОБПЛЕТЕННЯ СТАТИЧНИХ МОТУЗОК ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ СТАНДАРТУ EN 1891-1998. ....	164
<i>Мельниченко А.С.</i> МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВУЗЛОВ'ЯЗАННЯ ТА УСАДКИ СТАТИЧНИХ МОТУЗОК ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ СТАНДАРТУ EN 1891-1998. ....	166
<i>Коваленко Р.І., Курдін І.Ю</i> ЛОГІСТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ. ....	168
<i>Панчишин Ю.І.</i> ВЕНТИЛЯЦІЯ З НАГНІТАННЯМ СВІЖОГО ПОВІТРЯ ТА ДИМОВИДАЛЕННЯ В БУДІВЛЯХ ТА СПОРУДАХ ЯКІ ЗАЗНАЛИ РУЙНУВАНЬ ВНАСЛІДОК РАКЕТНОГО ОБСТРІЛУ ПІД ЧАС російсько – УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ	170
<i>Грищенко Д.В., Виноградов С.А., Шахов С.М.</i> РОЗРОБКА ДОСЛІДНОГО ЗРАЗКА СИСТЕМИ ГЕНЕРУВАННЯ ТА ПОДАВАННЯ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ. ....	172
<i>Красота І.В., Чужа Б.В. Будовицький В.В.</i> СУЧАСНІ ЗАСОБИ РОЗМІНУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ ТА ОБ'ЄКТІВ В ХОДІ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ. ....	174
<i>Поліванов О.Г., Нагорна В.В.</i> ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖОГАСІННЯМ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ. ....	177
<i>Ірина Бачинська, Віктор Шевчук.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПЕЧНОСТІ ДІЛЯНОК ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ЗА КОЕФІЦІЄНТОМ БЕЗПЕКИ. ....	178
<i>Товарянський В.І.</i> ЩОДО ПИТАНЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ: ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ.	181
<i>Лесько А.С., Кулаков О.В.</i> СОРБЦІЯ ВАЖКОГО ГАЗУ ДРІБНОДИСПЕРСНИМ ПОТОКОМ ВОДИ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ. ....	182
<i>Руденко Д.В., Старчак В.Я.</i> АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОЖЕЖНИХ РОБОТІВ. ....	184
<i>Кустов М.В., Карпов А.А.</i> РОЛЬ ПРОТЕХНІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У	186

ЗАБЕЗПЕЧЕННІ БЕЗПЕКИ ТА ВІДНОВЛЕННІ ТЕРИТОРІЙ. ....	
<i>Шевченко Р.І., Крадожон В.А., Карпенко К.М.</i> РОЗРОБКА ХЕМІРЕЗИСТИВНИХ ГАЗОВИХ СЕНСОРІВ НА ОСНОВІ НАНОСТРУКТУР ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ. ....	188
<i>Цвіркун С.В., Мельник В.П., Яценко Д. І., Удовенко М.Ю.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ПОЖЕЖИ В ЇДАЛЬНІ ВІЙСЬКОВОГО ЛІЦЕЮ. ....	190
<i>Назаренко С.Ю., Максимов О.П.</i> ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ГАСІННЯ ДЛЯ ГАСІННЯ ВЕЛИКИХ ПОЖЕЖ. ....	192
<i>Назаренко С.Ю., Передрій І.О.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ ТЕХНІКИ. ....	194

## СЕКЦІЯ 6. МЕНЕДЖМЕНТ БЕЗПЕКИ

<i>Ботнаренко О.М.</i> АДМІНІСТРАТИВНО-ПРАВОВІ ЗАСАДИ КООРДИНАЦІЇ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ СУБ'ЄКТІВ ПРОТИМІННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ. ....	197
<i>Любов Перетятко, Лілія Балаш.</i> РОЛЬ УПРАВЛІННЯ ЛЮДСЬКИМИ РЕСУРСАМИ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ КОРПОРАТИВНОЇ БЕЗПЕКИ. ....	199
<i>Христина Матківська.</i> ВИКЛИКИ HR-ІНДУСТРІЇ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ.	201
<i>Роман Ратушиний, Андрій Ратушиний, Дмитро Андрухів.</i> МЕНЕДЖМЕНТ ГІБРИДНИХ ПРОЄКТІВ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ. ....	202
<i>Содома Р. І.</i> УПРАВЛІННЯ ФІНАНСОВОЮ БЕЗПЕКОЮ ПІДПРИЄМСТВ. ....	205
<i>Вадим Тютюник, Олександр Яценко.</i> ПЕРСПЕКТИВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ ТА ПОМ'ЯКШЕННЯ НАСЛІДКІВ НА ВИКЛИКИ. ....	207
<i>Ірина Бачинська, Віктор Шевчук.</i> МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ КІЛЬКІСНОГО АНАЛІЗУ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД. ....	210
<i>Демчина В.Р.</i> ВАЖЛИВІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТІВ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ЧАС. ....	212
<i>Kovalchuk O.I., Samilo A.V., Zhuk I.M., Kalinych V.S.</i> DEVOPS METHODOLOGY FOR RISK MANAGEMENT OF IT PROJECTS. ....	215
<i>Iryna Radelytska, Oleh Kovalchuk.</i> CONSIDERATION OF RISKS IN THE MANAGEMENT OF MARKETING IT PROJECTS IN A CHANGING ENVIRONMENT.	217
<i>Мартин О.М.</i> МЕНЕДЖМЕНТ ПОВЕДІНКОЮ ПЕРСОНАЛУ В КОНТЕКСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА. ....	219
<i>Стеців І.І.</i> ОРГАНІЗАЦІЯ ВНУТРІШНЬОГО АУДИТУ АПАРАТУ ДСНС, ЯК ЕЛЕМЕНТ МЕНЕДЖМЕНТУ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ. ....	221